

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FBEDJIST

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
JOURNAL OF THE INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

**JOURNAL OF THE INSTITUTE
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

www.igdir.edu.tr



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)

Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)

(Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal)

Basılı ISSN 2146-0574

Elektronik ISSN 2536-4618

Veri Tabanı / Indexed by

EBSCO, TUBİTAK-ULAKBİM

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA

Rektör / Rector

Sorumlu Müdür / Director

Doç. Dr. Süleyman TEMEL / Assoc. Prof. Dr. Süleyman TEMEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü / Director of the Inst. of Sci. and Technology

Baş Editör / Editor in Chief

Doç. Dr. Süleyman TEMEL / Assoc. Prof. Dr. Süleyman TEMEL

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Doç. Dr. Bilal KESKİN / Assoc. Prof. Dr. Bilal KESKİN

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY / Assist. Prof. Dr. Ersin GÜLSOY

Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT / Assist. Prof. Dr. Adem KOÇYİĞİT

Yayın Komisyonu / Publication Committee

Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY / Assist. Prof. Dr. Ali İhsan ATALAY

Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK / Assist. Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK

Yrd. Doç. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK / Assist. Prof. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK

Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ / Assist. Prof. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ

Yrd. Doç. Dr. Uğur GÜLLER / Assist. Prof. Dr. Uğur GÜLLER

Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK / Assist. Prof. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK

Arş. Gör. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM / RA. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Tasarım / Design

Hangar Marka İletişim Reklam Hizmetleri Yayıncılık Ltd. Şti.

Konur Sokak No: 57/4 Kızılay, Ankara - Türkiye

Tel / Phone : +90 312 425 07 34

Faks / Fax : +90 312 425 07 36

www.hangarreklam.com.tr

ULUSAL EDİTÖRLER KURULU
NATIONAL EDITORIAL BOARD

Doç. Dr. Mikdat ŞİMŞEK, Bahçe Bitkileri
Dicle Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Bahçe Bitkileri
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY, Bahçe Bitkileri
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK, Bitki Koruma
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ, Bitki Koruma
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Ümit İNCEKARA, Biyoloji
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Emel DİRAZ, Biyoloji
Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Hakan KİBAR, Biyosistem
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Aysun ALTIKAT, Çevre Mühendisliği
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Züleyha BİNGÜL, Çevre Mühendisliği
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Genber KERİMLİ, Elektrik-Elektronik Müh.
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Elektrik-Elektronik Müh.
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. İkrım ORAK, Fizik
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet ERDOĞAN, Gıda Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT, Gıda Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Uğur GÜLLER, Gıda Mühendisliği
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Doç. Dr. İlker KAZAZ, İnşaat Mühendisliği,
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR, İnşaat Müh.,
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Fikret TÜRKAN, Kimya,
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Zeynep TURHAN IRAK, Kimya,
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Faruk YEŞİLDAL, Makine Müh.
İbrahim Çeçen Üniversitesi, Ağrı, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı KORKMAZ, Makine Müh.
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Alkan ÖZKAN, Matematik, Iğdır Üniversitesi
Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK, Matematik
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Lokman BİLEN, Matematik
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet Tuğrul POLAT, Peyzaj Mimarlığı
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Doç. Dr. Murat ZENGİN, Peyzaj Mimarlığı
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
Prof. Dr. Deniz ÇOBAN, Su Ürünleri
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Ilknur MERİÇ, Su Ürünleri
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
Prof. Dr. Füsün ERDEN, Tarım Ekonomisi
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Tarım Ekonomisi
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Kamil HALILOĞLU, Tarla Bitkileri
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
Doç. Dr. Bilal KESKİN, Tarla Bitkileri
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Adem GÜNEŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Doç. Dr. Eser Kemal GÜRCAN, Zootekni
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY, Zootekni
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootekni, Iğdır Üniversitesi
Iğdır, Türkiye

ULUSLARARASI EDİTÖRLER KURULU
INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Muhammad HANIF, Mathematic
Lahore Üniversitesi, Lahore, Pakistan
Prof. Dr. Muhammad SARWAR, Animal Science
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Prof. Dr. Tan YANWEN, Economics
South China Agricultural University, Guangzhou, China
Prof. Dr. Abdul WAHID, Department of Botany
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Prof. Dr. Zafar IQBAL, Veterinary Science
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Prof. Dr. Khalid JAVED, Dep. of Livestock Prod.
University of Vet. & Animal Sciences, Lahore, Pakistan
Assist. Prof. Dr. Christina BENEKI, Dep. of Bus. Admin.
Tech. Educ. Inst. of Ionian Islands, Cephalonia, Greece
Dr. Abdul WAHEED, Animal Science
Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan
Dr. Ferhat ABBAS, Vet- Animal Science, CASVAB
University of Balochistan, Balochistan, Pakistan
Dr. Naveen KUMAR, Horticulture
University of Florida, Florida, USA

DİL EDİTÖRLERİ

LANGUAGE CONSULTANTS

Okutman Didem ERDEL,
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Uzm. Handan YILDIZ,
Milli Eğitim Müdürlüğü, Iğdır, Türkiye
Uzm. Talha YILDIZ,
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

BU SAYININ HAKEM LİSTESİ

REFREE LIST IN THIS NUMBER

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ Bitki Koruma
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
Prof. Dr. Ali TOPAL Tarla Bitkileri
Selçuk Üniversitesi, Konya Türkiye
Prof. Dr. Devlet ÇİRAOĞLU İnşaat Mühendisliği
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Emin ERDEM Kimya
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye
Prof. Dr. Eyyüp RENCÜZOĞULLARI Biyoloji
Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye
Prof. Dr. Fikret AKİNERDEM Tarla Bitkileri
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Gürsel DELLAL Zootekni
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
Prof. Dr. Hamdi Güray KUTBAY Biyoloji
Ondokuzmayıs Üniversitesi Samsun, Türkiye
Prof. Dr. İsmail DEMİR Biyoloji
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye
Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN Gıda Mühendisliği
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet ERTUGRUL Zootekni
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa TAN, Tarla Bitkileri
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN Biyosistem Mühendisliği
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ Gıda Mühendisliği
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ Fizik Bölümü
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

Prof. Dr. Ümit İNCEKARA Biyoloji
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ Tarla Bitkileri
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Doç. Dr. Adem AKSOY Tarım Ekonomisi
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Abdullah AKDOĞAN Kimya
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye

Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY Tarla Bitkileri
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Ahmet Tuğrul POLAT Peyzaj Mimarlığı
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Doç. Dr. Arzu Ala GÖRMEZ, Moleküler Biyoloji ve Genetik
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Bilge BAHAR Gıda Mühendisliği
Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye

Doç. Dr. Ceyda ÖZFİDAN Biyoloji
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

Doç. Dr. Doğan NARINÇ, Veteriner Fakültesi
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Doç. Dr. Erhan DENİZ Matematik
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye

Doç. Dr. Erol ŞADOĞLU İnşaat Mühendisliği
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

Doç. Dr. Evren YILDIZTUGAY Biyoloji
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Doç. Dr. Halil KÜTÜK Bitki Koruma
İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Doç. Dr. İbrahim CAN İnşaat Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. İsmail SEZER, Tarla Bitkileri,
Ondokuzmayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Doç. Dr. Kağan KÖKTEN, Tarla Bitkileri
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Doç. Dr. Mahmut KAPLAN Tarla Bitkileri
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Doç. Dr. MURAT AKTEN Peyzaj Mimarlığı
Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Doç. Dr. Mustafa SÜRMEK, Tarla Bitkileri
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Doç. Dr. Nihat YAĞMUR Matematik
Erzincan Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS Tarla Bitkileri
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Doç. Dr. Recep LİMAN, Moleküler Biyoloji
Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Doç. Dr. Sancar BULUT Tarla Bitkileri
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Doç. Dr. Sibel GÜNEŞ Makine Mühendisliği
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Doç. Dr. Süleyman KARSLI Enerji Sistemleri
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ Tarla Bitkileri
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Doç. Dr. Tamer UĞUR Matematik
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN Biyoloji
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Uğur YÜZGEÇ Bilgisayar Mühendisliği
Şeyh Edebalı Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

Doç. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ, Çevre Mühendisliği
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Doç. Dr. Zeki MUT Tarla Bitkileri
Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye

Doç. Dr. Zeynep Banu DOĞANLAR Tıp Fakültesi
Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir KARABULUT Elektrik Elektronik
Mühendisliği
Sinop Üniversitesi, Sinop, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ATALAY Narman Meslek Yüksekokulu
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Alkan ÖZKAN Matematik-Bilgisayar
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY Bahçe Bitkileri
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Hakkı AKDENİZ, Tarla Bitkileri
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Hande KÜÇÜKÖNDER Biometri
Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsmail ÜLGER, Zootekni
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ORAK Fizik
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL, Tarımsal Yapılar ve Sulama
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN, Tarım Ekonomisi
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Lokman BİLEN Matematik-Bilgisayar
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kazım KARA Zootekni
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR İnşaat Mühendisliği
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat ÇAĞLAR Matematik
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP Gıda Mühendisliği
Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Orhan AKBULUT Bilgisayar Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Osman ÖRNEK Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ramazan DONAT Kimya
Pamukkale Üniversitesi Denizli, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Serkan ATMACA Matematik
Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sertaç GÜNGÖR, Peyzaj Mimarlığı
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ Çevre Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Şükrü Ayhan BAYDIR Otomotiv Mühendisliği
Kocatepe Üniversitesi, Afyon, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuba EJDER Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri
Mühendisliği
Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuncay KAYA Bahçe Bitkileri
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Uğur ÇAKIR Makine Mühendisliği
Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK Tarım Ekonomisi
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Uzm. Dr. Hacer GEDİK Rektörlük
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Uzm. Dr. Talha YILDIZ Rektörlük
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Kemal DEĞİRMENÇİ Bitki Virus Hastalıkları
Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Ahmet ÜNAL İnşaat Mühendisliği/Ulaştırma
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Didem ERDEL Rektörlük
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Elif TOZLU Atatürk Üniversitesi
Muhammed BAHADIR Coğrafya

On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Özlem BARIŞ Atatürk Üniversitesi

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)
YAYIN İLKELERİ

1. FBED, yılda dört kez yayınlanır. Dergide orijinal araştırma makalesi, derleme, teknik not yayımlanabilir. Araştırma konuları genomik dahil olmak üzere tarımın tüm yönleriyle ilgili olabilir. Ayrıca depolanan ürünler, pestisit bilimi, hasat sonrası fizyolojisi ve teknolojisi, tohumculuk, sulama, mühendislik, su kaynaklarının yönetimi, deniz bilimleri, hayvansal üretim ve hayvan ıslahı bilimi, fizyoloji ve morfoloji, su ürünleri yetiştiriciliği, bitki bilimi, süt bilimi, gıda bilimi, entomoloji, balık ve balıkçılık, ormancılık, temiz su bilimi, bahçe bitkileri, kümes hayvanları bilimi, toprak bilimi, sistematik biyoloji, veterinerlik, viroloji, yabancı otlar, tarım ekonomisi alanlarını içeren araştırmalar dergimize gönderilebilir. Tüm yazılar iki profesyonel hakem tarafından değerlendirilir, Editör ve Yayın Kurulu tarafından incelenir.
2. FBED Türkçe ve İngilizce dillerinde yazılmış orijinal araştırma makaleleri, kısa notlar, teknik notlar ve derlemeler (toplam yayınların%20) yayınlamayı planlamaktadır. Ayrıca, FBED diğer ülkelerden gelen araştırmaları kabul etmektedir.
3. Yayınlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur.
4. Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen eserlerle birlikte Telif Hakkı Devir Sözleşmesi de tüm yazarlarca (farklı adreslerde bulunan yazarlar forma ait tüm bilgileri doldurarak ayrıca imzalamak suretiyle gönderebilirler) imzalanarak gönderilmelidir.
5. Eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.
6. Dergide yayınlanması istenilen eserler, imzalı Telif Hakkı Devir Sözleşmesi ile derginin e-posta adresine (fbed@igdir.edu.tr) gönderilmelidir.
7. Aynı sayıda ilk isim olarak bir yazarın en çok iki makalesi basılır.
8. Eserler bilim etiği ilkelerine uygun olarak hazırlanmalı, gerekliyse Etik Kurul Raporu'nun bir kopyası eklenmelidir.
9. Sunulan metinler en çok 15 sayfa olmalıdır.
10. Yazının teslim tarihinden itibaren yaklaşık 30-60 gün sonra Sorumlu Yazar'a çalışmanın yayına kabul edilip edilmediği ya da durumu bildirilir.
11. Dergide yayınlanması istenilen eserler, imzalı Telif Hakkı Devir Sözleşmesi ile birlikte gönderilmelidir.

IĞDIR UNIVERSITY
Journal of The Institute of Science and Technology (JIST)
PUBLISHING POLICIES

1. JIST publishes four times a year original research papers, reviews, short notes, and technical notes on all aspects of agriculture including arid soil research and rehabilitation, agricultural genomics, stored products research, tree fruit production, pesticide science, post-harvest biology and technology, seed science research, irrigation, agricultural engineering, water resources management, marine sciences, agronomy, animal science, physiology and morphology, aquaculture, crop science, dairy science, food, science, entomology, fish and fisheries, forestry, freshwater science, horticulture, poultry science, soil science, systematic biology, veterinary, virology, viticulture, weed biology, agricultural economics and agribusiness. All the manuscripts submitted to our journal are peerreviewed by two professional referees, Editor in Chief, and Editorial Board.
2. JIST intends to publish original research papers, short notes, technical notes, and reviews (20% of total papers) written in Turkish and English languages. Also, JIST gladly accepts manuscript submissions from other countries.
3. Manuscripts and communications are accepted on the understanding that these have not been published nor are being considered for publication elsewhere.
4. All the authors should submit their manuscript with transfer form of copy right for potential publication. The transfer form of Copyright should be signed by all authors.
5. All the authors will be responsible contextually for contents of their manuscripts.
6. Manuscript and copy right transfer form as attachments should be submitted to an e-mail: fbed@igdir.edu.tr
7. Only two manuscripts of each author as first author can be published in same issue of JIST.
8. Manuscripts should be prepared in accordance with scientific ethic rules. When required, ethical committee reports with the related documents should be submitted to JIST.
9. Manuscripts submitted should be maximum 15 pages.
10. A decision will be informed to corresponding author after roughly 30-60 days from submission date of the manuscript.
11. Please contact for any question to fbed@igdir.edu.tr

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

Makale
Makale
AdıSOYADI

X

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Bölüm / Bölüm

X

Makale
Makale
AdıSOYADI

Trabzon İli Merkez İlçeden Selekte Edilen Yenidünya Genotiplerinin Fiziksel ve Bazı Kimyasal Özellikleri

Tarık YARILGAÇ¹, Muhammet Ali BALCI¹, Serkan UZUN¹, Mehmet Fikret BALTA¹

ÖZET: Bu araştırma Trabzon ili Merkez ilçede doğal olarak yetişen yenedünya genotiplerinin fiziksel ve bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2014 ve 2015 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma kapsamında bölgede yetişen 78 yenedünya genotipi incelenmiş ve 10 genotip ümitvar olarak seçilmiştir. Araştırma sonucuna göre; meyve ağırlığı 40.43 g (61 TRB 75) ile 44.33 g (61 TRB 36) arasında, meyve eni 39.20 mm (61 TRB 75) ile 45.20 mm (61 TRB 45) arasında, meyve boyu 38.72 mm (61 TRB 58) ile 43.63 mm (61TRB 50), pH 3.23 (61 TRB 52) ile 4.65 (61 TRB 58), titre edilebilir asit miktarı (TA) % 0.80 (61 TRB 36) ile % 1.27 (61 TRB 41) arasında, suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) % 8.05 (61 TRB 50) ile % 11.88 (61 TRB 36) arasında tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Meyve ağırlığı, pomoloji, seleksiyon, Trabzon, yenedünya

Physical and Some Chemical Characteristics of Loquat Genotypes Selected in Central District in Trabzon Province

ABSTRACT: In order to determine physical and some chemical characteristics of native loquat genotypes grown in Central District of Trabzon Province, this study was carried out during 2014 and 2015. In accordance with this purpose, 78 loquat genotypes growing in district were investigated and 10 genotypes were selected promising. The research findings; 40.43 g (61 TRB 75)-44.33 g (61 TRB 36) fruit weight, 39.20 mm (61 TRB 75)-45.20 mm (61 TRB 45) fruit width, 38.72 mm (61 TRB 58)-43.63 mm (61TRB 50) fruit length, 3.23 (61 TRB 52)-4.65 (61 TRB 58) pH, % 0.80 (61 TRB 36)-% 1.27 (61 TRB 41) titratable acidity and % 8.05 (61 TRB 50)-% 11.88 (61 TRB 36) soluble solid content were found.

Keywords: Fruit weight, pomology, selection, Trabzon, loquat

¹ Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: maglev yatırımlarının, yarilgac@hotmail.com

GİRİŞ

Yenidünya (*Eriobotrya japonica* L.), genel olarak Çin, Japonya, Hindistan ve Akdeniz'in subtropikal bölgelerinde yetişmekte olan (Demir, 1987; Lin et al., 1998), botanik olarak *Rosales* takımının, *Rosaceae* familyası ve *Maloideae* alt familyasında yer alan subtropik bir meyve türüdür (Lin et al., 1998; Ferreres et al., 2009).

Günümüzde Çin, İspanya, Türkiye, Pakistan, Hindistan, İtalya ve Brezilya gibi 30'dan fazla ülkede yoğun olarak yetiştiricilik yapıldığı bildirilmiştir (Feng et al., 2007). Ülkemizde 2015 yılı verilerine göre toplam 12 717 ton yenidünya üretimi olurken en fazla yenidünya üretimi Mersin (5 930 ton) ve Antalya (5 290 ton) illerinde gerçekleşmiştir. Trabzon ili ise 43 tonluk üretimle 10. sırada yer almıştır (TUIK, 2016).

Yenidünya meyveleri çoğunlukla üretildiği bölgelerde tüketilmekte ve uzak pazarlara çok az miktarlarda ihraç edilmektedir. Bununla birlikte az miktarda ihraç edilen meyvelerde nakliye sırasında ciddi kalite kayıpları görülmektedir (Tepe, 2013). Yenidünya meyvesinin olgunlaşma döneminin birçok meyve türünde hasadın henüz başlamadığı ya da bittiği dönemlere rastlaması, tüketicinin bu meyveye karşı olan talebini arttırmakta ve bunun sonucunda ürün pazarda yüksek fiyattan alıcı bulabilmektedir. Ayrıca A, B, C vitaminleri, mineral maddeler ve şeker bakımından zengin içeriğe sahiptirler (Demir, 1987). Bu sebeple yenidünya meyvesi gerek üretici gerekse tüketici açısından önemli bir meyve türü olarak görülmektedir (Özçağırın ve ark., 2011).

Karadeniz Bölgesi'nde yenidünya ağaçları ev bahçelerinde hobi amaçlı olarak yetiştirilmekte ve kapama bahçeler bulunmamaktadır (Şenyurt ve ark., 2012). Bu nedenle bölgede ülke meyveciliği açısından önemli bir değere sahip olabilecek potansiyeli olan yenidünya meyvesinin genetik kaynaklarının incelenmesi, mevcut genetik varyasyon içerisinden üstün nitelikli genotiplerin seçilmesi ve ıslah çalışmalarında değerlendirilmesi son derece önemlidir.

Bu çalışmanın amacı da, Trabzon ili Merkez ilçede yürütülen seleksiyon çalışmasında ümitvar olarak belirlenen yenidünya genotiplerinin fiziksel özellikleri ve bazı kimyasal özelliklerinin ortaya konulmasıdır.

MATERYAL VE YÖNTEM

2014 ve 2015 yıllarında yürütülen bu çalışmada Trabzon ili Merkez ilçede doğal olarak yetişen 78 yenidünya genotipi belirlenmiştir. Bu aşamada belirlenen genotiplerden rastgele 10 adet meyve örneği alınmıştır. Bu doğrultuda incelenen genotiplerde aşağıda belirtilen fiziksel ve bazı kimyasal özellikler incelenmiştir.

Ortalama meyve ağırlığı; aynı ağaçtan alınan 10 meyvenin sapsarı meyve kabuk ve etine zarar vermeden bağlantı noktasından ayrılmıştır. Meyve örnekleri 0.01 g' a duyarlı hassas terazi yardımı ile tartılarak ortalama değer g cinsinden ifade edilmiştir.

Ortalama meyve boyu ve eni; 0.01 mm hassasiyetteki dijital kumpas yardımıyla ölçülerek sonuçlar mm cinsinden ifade edilmiştir. Meyve şekil indeksi; yenidünyada boyutların (en, boy) ölçümünde elde edilen değerler dikkate alınarak meyve boyunun meyve enine oranı hesaplanarak belirlenmiştir.

Çekirdek sayısı; her tipten rastgele seçilen 10 meyvenin toplam çekirdek sayısı belirlenmiştir. Toplam çekirdek sayısı toplam meyve sayısına bölünerek ortalama çekirdek sayısı hesaplanmıştır.

Çekirdek ağırlığı; her tipten rastgele seçilen 10 meyvenin çekirdek ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür.

Meyve eti oranı (%); toplam meyve ağırlığından çekirdek ağırlığı çıkarıldıktan sonra elde edilen rakamın toplam meyve ağırlığına bölünüp 100 ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

Çekirdek oranı (%); çekirdek ağırlığının meyve ağırlığına bölünüp 100 ile çarpılması şeklinde hesaplanmıştır.

pH miktarı: Örneklerden meyve suyu elde edildikten sonra pH miktarı dijital pH metre yardımıyla belirlenmiştir.

SÇKM (Suda Çözülebilir Kuru Madde Miktarı); Örneklerden meyve suyu elde edildikten sonra SÇKM miktarı dijital el refraktometresi yardımıyla belirlenmiştir.

TA (Titre Edilebilir Asitlik): Meyve suyu elde edilen örneklerde titre edilebilir asit miktarı ölçümü için her bir ağaçtan elde edilen meyve suyundan 10 ml meyve suyu alınarak üzerine 40 ml saf su ilave

edilmiştir. Örneklere pH değeri 8.1' e ulaşmaya kadar 0.1 N' lık NaOH ilave edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı esas alınarak malik asit cinsinden % olarak ifade edilmiştir (Karaçalı, 2012).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında incelenen 78 yenidünya genotipi arasından seçilen 10 genotip ümitvar olarak değerlendirilmeye alınmıştır. İncelenen yenidünya genotiplerine ait fiziksel ve bazı kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Yenidünya meyvesinde çeşit, yetiştirildiği bölge, iklim koşulları, toprak yapısı ve hasat zamanı gibi pek çok kriter fiziksel ve kimyasal

özellikler üzerine etki etmektedir (Toker ve ark., 2010). Yenidünyada meyve ağırlığı tüketici tercihinin etkileyen önemli bir pazar kriteridir. İncelenen genotiplerde ortalama meyve ağırlıkları 40.43 g (61 TRB 75) ile 44.33 g (61 TRB 36) arasında tespit edilmiştir. Yenidünya üzerinde daha önce yapılan çalışmalarda meyve ağırlıklarını Paydaş ve ark., (1992), 20.45-36.12 g; Yılmaz ve ark., (1995), 22.11-28.85 g; Hermoso ve Farré (2003), 39.00-45.00 g; Durgaç ve ark., (2006), 22.55-29.54 g; Şenyurt (2006), 26.66-60.29 g olarak bildirmişlerdir. Ortalama meyve ağırlıkları bakımından incelenen genotiplerin daha önce yapılan çalışmalarla kıyaslandığında nispeten iri meyvelere sahip dikkate değer genotipler olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 1. Yenidünya genotiplerine ait fiziksel ve bazı kimyasal özellikler

GENOTİP NO	MA (g)	MB (mm)	ME (mm)	ÇA (g)	ÇS (Adet)	MEO/ÇO (g)	MEO (%)	MŞİ	SÇKM (%)	pH	TA (%)
61 TRB 29	40.66	39.69	43.30	7.86	4.10	4.16	79.67	0.90	8.94	3.49	1.08
61 TRB 36	44.33	40.22	44.60	8.54	4.00	4.19	80.74	0.90	11.88	4.10	0.80
61 TRB 40	41.19	39.64	44.00	8.11	4.05	4.07	79.34	0.90	11.02	4.13	0.85
61 TRB 41	40.88	40.11	43.99	7.71	4.04	4.09	80.13	0.90	8.31	3.08	1.27
61 TRB 45	43.45	40.66	45.20	8.58	4.10	4.04	79.99	0.89	8.62	3.39	0.96
61 TRB 50	42.58	43.63	41.26	8.37	4.05	4.06	79.28	1.05	8.05	3.66	1.10
61 TRB 51	41.57	39.66	44.26	8.16	3.95	4.07	79.39	0.90	9.30	3.29	1.25
61 TRB 52	40.72	40.04	43.42	7.96	3.40	4.10	79.46	0.92	8.75	3.23	1.03
61 TRB 58	40.70	38.72	43.04	8.17	3.95	4.20	79.61	0.89	10.85	4.65	0.82
61 TRB 75	40.43	40.62	39.20	7.88	4.15	4.13	80.65	1.04	8.80	3.41	1.15

MA: Meyve ağırlığı, MB: Meyve boyu, ME: Meyve eni, ÇA: Çekirdek ağırlığı, ÇS: Çekirdek sayısı, MEO: Meyve et oranı, ÇO: Çekirdek oranı, MŞİ: Meyve şekil indeksi.

Meyve büyüklüğü, ağaç yaşı ve meyve tutumuna bağlı olarak değişebilen önemli bir pazarlama kriteridir (Durgaç ve ark., 2006). Bununla birlikte çeşit, bölge ve bakım koşulları da meyve boyutları üzerine etki etmektedir. Araştırma kapsamında elde edilen iki yıllık verilerin ortalamasına göre meyve eni en düşük 39.20 mm (61 TRB 75) ile en yüksek 45.20 mm (61 TRB 45); meyve boyu en düşük 38.72 mm (61 TRB 58) ile en yüksek 43.63 mm (61 TRB 50) arasında değişmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda, Llácser et al., (2003),

meyve eni aralığını; 36.60-51.20 mm; Durgaç ve ark., (2006), 32.83-36.51 mm; Şenyurt (2006), 35.45-48.53 mm Polat (2007), 29.80-40.70 mm arasında bulduklarını bildirmişlerdir. Meyve boyu aralıklarını ise Topuz (1999), 29.86-45.89 mm; Durgaç ve ark., (2006), 33.84-44.35 mm; Şenyurt (2006), 35.02-47.25 mm; Polat (2007), 32.60-41.60 mm; olarak tespit etmişlerdir. Elde edilen bulgular önceki çalışmalarla kıyaslandığında meyve eni ve boyu bakımından büyük oranda benzerlik olduğu görülmektedir.

Araştırma da incelenen yenidoğya genotiplerinde çekirdek sayısı 3.40 adet (61 TRB 52) ile 4.15 adet (61 TRB 75) arasında belirlenmiştir. Yalçın ve Paydaş (1995), çekirdek sayısını 1.76-6.58 adet; Özdemir ve Topuz (1997), 1-6 adet; Inero et al., (2003), 3.2-4.1 adet; Şenyurt (2006), 2-6 adet olarak belirlemişlerdir. Çekirdek sayısı bakımından elde edilen bulgular diğer çalışmalardan elde edilen bulgularla benzerlik göstermiştir.

Yenidoğyalarda önemli bir ıslah kriteri olan çekirdek ağırlığı meyvenin et kısmının ağırlık derecesini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada çekirdek ağırlığı 7.71 g (61 TRB 41) ile 8.58 g (61 TRB 45) arasında kaydedilmiştir. Paydaş ve ark., (1992), Yalçın ve Paydaş (1995), Yılmaz ve ark., (1995), Özdemir ve Topuz (1997), Yılmaz ve ark., (1999), Inero et al., (2003), Llácer et al., (2003), Durgaç ve ark., (2006), Şenyurt (2006) tarafından yürütölen değişik çalışmalarda çekirdek ağırlıkları sırasıyla 1.60-2.94 g, 4.02-9.38 g, 3.48-5.90 g, 2.17-5.35 g, 3.89-6.07 g, 6.6-8.9 g, 6.3-11.2 g, 4.00-6.19 g, 4.30-9.60 g olarak bildirilmiştir. İncelenen genotiplere ait çekirdek ağırlıklarının nispeten yüksek seviyede oldukları belirlenmiştir. Bu duruma çeşit farklılıklarının etki edebileceği düşünölmektedir.

Meyve kalitesinde meyvenin et miktarı önemli faktörlerden biri olarak görölmekte ve bunun belirlenmesinde et/çekirdek oranı bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Yapılan çalışmada bu oran 4.04 (61 TRB 45)-4.20 (61 TRB 58) arasında tespit edilmiştir. Yalçın ve Paydaş (1995), et/çekirdek oranını 3.50-5.56; Inero et al., (2003), 4.8-6.5; Durgaç ve ark., (2006), 3.79-5.42; Şenyurt (2006), 3.05-8.50 arasında belirlemişlerdir. Elde edilen bulgular diğer çalışmaların bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

Meyve suyunda yapılan kimyasal analizlerde SÇKM içeriğinin % 8.05 (61 TRB 50) ile % 11.88 (61 TRB 36) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda SÇKM içeriğini Paydaş ve ark., (1992), % 8.40-12.61; Yalçın ve Paydaş (1995), % 10.9-13.96; Yılmaz ve ark., (1995), % 9.28-12.47; Özdemir ve Topuz (1997), % 11.08; Yılmaz ve ark., (1999), % 6.99-11.26; Inero et al., (2003), % 11.1-14.6; Llácer et al., (2003), % 9.90-12.00; Durgaç ve ark., (2006), % 9.09-11.77 arasında bildirilmiştir. Titre edilebilir asit miktarı (TA) incelenen genotiplerde % 0.80 (61 TRB 36) ile % 1.27 (61 TRB 41) değerleri arasında

bulunmuştur. Daha önce yürütölen çalışmalarda TA miktarlarını Paydaş ve ark., (1992), % 0.28-1.08; Yalçın ve Paydaş (1995), % 0.31-1.01; Yılmaz ve ark., (1995), % 0.76-1.05; Topuz (1999), % 0.58-1.04; Yılmaz ve ark., (1999), % 0.56-0.86; Polat (2007), % 0.5-1.6; arasında tespit etmişlerdir. İncelenen genotiplerde pH değerleri 3.23 (61 TRB 52) ile 4.65 (61 TRB 58) arasında değişmiştir. Önceki çalışmalarda araştırmacılar pH değerlerini Topuz (1999), 3.42-4.16; Durgaç ve ark., (2006), 3.45-3.60; Şenyurt (2006), 2.95-4.67 olarak belirlemişlerdir. Hasat zamanı, çeşit ve iklim koşulları meyvede kimyasal içerik üzerine etki eden parametreler arasında yer almaktadır. SÇKM, TA ve pH değerleri bakımından elde edilen bulguların literatürde yer alan diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

SONUÇ

Trabzon ili Merkez ilçesinde 2014 ve 2015 yılları boyunca yürütölen bu çalışmada incelenen genotipler içerisinden 10 yenidoğya genotipi ümitvar olarak değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular genel olarak yapılan diğer çalışmaların sonuçlarıyla büyük oranda uyumluluk göstermiştir. Araştırma sonucunda ümitvar olarak tespit edilen yenidoğya genotiplerinin birer gen kaynağı olarak ıslah çalışmalarında yer alabileceği, bununla birlikte bölge ekonomisine ve ölke meyveciliğine ciddi bir kaynak teşkil edebilecek nitelikte olduğu düşünölmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir (Proje No: TF-1433).

KAYNAKLAR

- Demir S, 1987. Yenidoğya Yetiştiriciliği. Antalya Narenciye Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 12,6. Antalya.
- Durgaç C, Polat A, Kamiloğlu O, 2006. Determining performances of some loquat (*Eriobotrya japonica*) cultivars under mediterranean coastal conditions in Hatay, Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 34: 225-230.
- Feng JJ, Liu Q, Wang XD, Chen JW, Ye JD. 2007. Characterization of a new loquat cultivar 'Ninghaibai'. Acta Horticulturae. 750:117-124.

- Ferreres F, Gomes D, Valentao P, Gonçalves R, Pio R, Chages EA, Seabra MR, Andrade PB, 2009. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* L.) cultivars: Variation and antioxidative potential. *Food Chemistry*, 114: 1019-1027.
- Hermoso JM, Farré JM, 2003. Long term field behaviour of the loquat cvs. Gold Nugget and Algerie in Málaga (Spain). First International Symposium on Loquat, 11-13 April 2002, Zaragoza, Spain.
- Insero O, Rega P, De Luca A, 2003. Comparison among ten loquat cultivars in Campania Area. First International Symposium on Loquat, 11-13 April 2002, Zaragoza, Spain.
- Karaçalı İ. 2012. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494, Bornova, İzmir. 486 s.
- Llácer G, Badenes ML, Martínez CJ, 2003. Plant material of loquat in Mediterranean countries. First International Symposium on Loquat, 11-13 April 2002, Zaragoza, Spain.
- Lin S, Sharpe RH, Janick J, 1998. Loquat: Botany and Horticulture. Horticultural Reviews. Wiley, New York, 23: 234-276.
- Özçağırın R, Ünal A, Özeke E, İsfendiyaroğlu M, 2011. Hıman İklim Meyve Türleri: Yumuşak Çekirdekli Meyveler Cilt II, 3. Baskı, İzmir, Türkiye. 166 s.
- Özdemir F, Topuz A, 1997. Yenidünyanın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Gıda*, 22 (5): 389-393.
- Paydaş S, Kaşka N, Polat AA, Gübbük H, 1992. Yerli ve yabancı bazı yenidünya çeşitlerinin Adana ekolojik koşullarına adaptasyonları (1990-1991 Yılları araştırma dilimi). Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt I: 509-513, 13-16 Ekim, Bornova, İzmir.
- Polat AA, 2007. Loquat production in Turkey: Problems and solutions. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(2): 187-199.
- Şenyurt M, 2006. Ordu İli Merkez ilçede yetişen yenidünya tiplerinin (*Eriobotrya japonica* Lindl.) seleksiyon yolu ile ıslahı üzerine araştırmalar. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 83s.
- Şenyurt M, Karadeniz T, Bak T, 2012. The relationships between leaf area and other parameters in loquat. *Scientific Papers, Series B, Horticulture*, Vol. LVI: 313-317.
- Tepe S, 2013. Yenidünya yetiştiriciliği ve geleceği. *Tarım Türk*, 42 (8): 64-66.
- Toker R, Gölükcü M, Tokgöz H, Tepe S, 2010. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan yenidünya (*Eriobotrya japonica*) çeşitlerinin bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 35 (4): 275-282.
- Topuz A, 1999. Yenidünya çeşitlerinin (*Eriobotrya japonica* Lindl.) bazı fiziksel, kimyasal özellikleri ile marmelat, nektar ve konserveye işlenebilme olanaklarının belirlenebilmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi. Antalya.
- TÜİK 2015. Türkiye İstatistik Kurumu Resmi İnternet Sayfası, www.tuik.gov.tr Erişim tarihi: Haziran 2016.
- Yalçın H, Paydas S, 1995. Yerli ve yabancı bazı yenidünya çeşitlerinin Adana ekolojik koşullarına adaptasyonları (1995 Yılı Araştırma Dilimi). Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt 1: 648-652, 3-6 Ekim, Adana.
- Yılmaz H, Şen B, Ayanoğlu H, 1995. Bazı yerli ve yabancı yenidünya çeşitlerinin Erdemli koşullarında adaptasyonu üzerine araştırmalar. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt 1: 638-642, 3-6 Ekim, Adana.
- Yılmaz H, Ayanoğlu H, Yıldız A, 1999. Erdemli koşullarına uygun yenidünya çeşitlerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar. *Bahçe Dergisi*, 28 (1-2): 3-8.

The Effect of Exogenously Applied Plant Growth Regulators on Plant Development of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Aysun ÇAVUŞOĞLU¹

ABSTRACT: Plant growth regulators have important roles in plant growth and development. The externally applicable chemicals belong to different action classes and each one has a crucial and effective role at different plant growing stages. Saffron (*Crocus sativus* L.) is one of the most important and valuable medicinal and aromatic plant, belongs to Iridaceae family. Because of impossibility of generative propagation in nature, growing can be maintained asexually with daughter corms occurred each year. In this experiment, the effects of exogenously applied paclobutrazol, indole-3-butyric acid, zeatin and picloram on saffron developmental stages were studied. Data were focused on aerial part and corm related characters which is important in developmental findings in this plant. In the treatments, paclobutrazol (10 or 20 mg L⁻¹), indole-3-butyric acid (1 or 3 mg L⁻¹), zeatin (1 or 3 mg L⁻¹) and picloram (5 or 10 mg L⁻¹) were applied alone besides control to saffron 45 days after planting to the soil under greenhouse condition. According to the data picloram concentrations have a retardant role in nodium activation, leaf number and corm developmental characters (number, weight, diameter and yield of daughter corm) but cause the highest plant height (60.98 cm in 10 mg L⁻¹ and 57.37 cm in 5 mg L⁻¹). In 10 mg L⁻¹ paclobutrazol treatments resulted as the best corm production (469 kg da⁻¹) than the other treatments and control. Zeatin at 3 mg L⁻¹ concentration was found effective on the best nodium activation (2.81 active nodes/corm). In conclusion, saffron development is affected significantly by externally applied plant growth regulators under soil condition and the application methods can be progressed in studies on aimed parts of the plant.

Keywords: *Crocus sativus*, indole-3-butyric acid, paclobutrazol, picloram, zeatin

Safran (*Crocus sativus* L.)’da Bitki Gelişimi Üzerine Dışarıdan Uygulanan Bitki Gelişim Düzenleyicilerinin Etkisi

ÖZET: Dışsal uygulanabilen kimyasallar olan ve farklı etki sınıfları içinde bulunan bitki gelişim düzenleyicilerinin her biri bitki büyüme ve gelişiminin farklı aşamaları üzerinde hayati ve önemli işlevlere sahiptir. Tıbbi ve aromatik bitkiler içinde en önemli ve değerli bitkilerden biri olan safran (*Crocus sativus* L.) Iridaceae familyasına ait olup, doğal olarak generatif yolla üretilmesi mümkün olmadığından bitki gelişimi aseksüel olarak her yıl meydana gelen yavru kormlardan sağlanmaktadır. Bu çalışmada dışsal olarak uygulanan paclobutrazol, indole-3-butyric acid, zeatin and picloram maddelerinin safran gelişimi üzerine etkileri çalışılmıştır. Bitki gelişimi için önemli parametreler olan korm ve toprak üstü aksamı ile ilişkili karakterlerle ilgili veriler toplanmıştır. Çalışmada kontrol parsellerinin yanında paclobutrazol, indole-3-butyric acid, zeatin ve picloram bitki dikiminden 45 gün sonra cam serada toprağa uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre picloram konsantrasyonları nodyum aktivasyonu, yaprak sayısı ve korm gelişim özellikleri (korm sayısı, ağırlığı, çapı ve yavru korm verimi) için geciktirici bir rol oynarken, en yüksek bitki boyu (10 mg L⁻¹ de 60.98 cm ve 5 mg L⁻¹ de 57.37 cm) elde edilmiştir. 10 mg L⁻¹ paclobutrazol uygulamalarında, diğer uygulamalara ve kontrole nazaran en iyi korm verimine (469 kg da⁻¹) ulaşılmıştır. Zeatin 3 mg L⁻¹ konsantrasyonda en iyi nodyum aktivasyonu göstermiştir (2.81 aktif nodyum/korm). Sonuç olarak safran gelişimi önemli derecede dışarıdan toprağa uygulanan bitki gelişim düzenleyicilerinden etkilenmekte olup uygulama metodu gelişimi hedeflenen bitki kısmı göz önüne alınarak geliştirilebilir.

Anahtar kelimeler: *Crocus sativus*, indole-3-butyric acid, paclobutrazol, picloram, zeatin

¹ Kocaeli Üniversitesi, Arslanbey Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Kocaeli, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Aysun ÇAVUŞOĞLU, cavusoglu@kocaeli.edu.tr

INTRODUCTION

Saffron (*Crocus sativus* L.) is an autumn flowering, cormous perennial, Iridaceae family member plant. Although saffron plants have hermaphrodite flowers, there are some explanations about abnormalities at steps related with sexual propagation (Sampathu et al., 1984, Negbi et al., 1989, Renau-Morata et al., 2013) so cultivation of the plants is only possible via corm under field condition. Saffron stigmata is mainly used as medicinal and aromatic purposes. Demand of the stigmata is increasing as new applications in pharmacology emerge (Ríos et al., 1996). For this reason the studies on corm formation have increasing importance to obtain healthy and productive cultivation materials during the last decade. Therefore for this purpose some of the studies (Turhan et al., 2007, Amiri, 2008; Khan et al., 2011, Çavuşoğlu and Sülüsoğlu, 2012) have focused on effect of natural and chemical fertilization by applying to the soil in saffron. On the other hand there are a few studies (Aytekin and Acıkoğuz, 2008) related with usage of plant growth regulators for saffron corm production under the field condition. Mostly the studies (Plessner et al., 1990, Sharma et al. 2008, Zeybek et al., 2012, Devi et al., 2011, 2014, Cavusoglu et al., 2013) on the effects of plant growth regulators have been done in *in vitro*.

In some cases results of field experiments with cormous or bulbous plants can be more productive, reliable, efficient and applicable. Based on this idea in the study, the effects of external usage of plant growth regulators directly to the soil, as promoter or retardant under greenhouse condition, on growth characteristics as aerial parts and aboveground parts of saffron were evaluated.

MATERIALS AND METHODS

The greenhouse trial were conducted in two growing season in 2011-2012 and 2012-2013 independently under Kocaeli city in Turkey. Before planting of saffron corms the soil was analysed. For analysis the soil samples taken from in a depth of 0-20 cm. Results indicated that pH: 7.18, E.C: 846 $\mu\text{S/cm}$, CaCO_3 : 2.9% and organic material

was 3.22%. Saffron corms were provided from any-treated growing areas. 10-24 mm in diameter corms (varied between 0.78 g - 6.44 g) were chosen and placed 10x10 cm distance between and within rows in 5 cm depth in to the soil in 15th of September 2011 and 15th of September 2012. Each sub-parcel was 0.18 m² consisted 18 corms in equal size (equal to 299.8 kg corm da⁻¹).

Experiments were conducted in a randomised block design (Figure 1.a) with three replication using 8 different applications (10 or 20 mg L⁻¹ paclobutrazol, 1 or 3 mg L⁻¹ indole-butyric acid, 1 or 3 mg L⁻¹ zeatin and 5 or 10 mg L⁻¹ picloram) addition to control. The plant growth regulators [Paclobutrazol (C₁₅H₂₀ClN₃O) MW=293.79 g mol⁻¹; Indole-3-butyric-acid (IBA) (C₁₂H₁₃NO₂) MW=203.24 g mol⁻¹; Zeatin (C₁₀H₁₃N₅O) MW=219.2 g mol⁻¹; Picloram (C₆H₃Cl₃N₂O₃) MW=241.5 g mol⁻¹] were purchased from chemical companies. Used plant growth regulators were dissolved first in requisite solvents then after completed to 1 liter with distilled water. To each sub-parcel of treatments 1 liter solution and to each control parcel 1 liter distilled water (equal to 3.8 m³ da⁻¹) was applied directly to the soil at once as soil drench method 45 days after corm planting when initially plant growth observed. At the application time the rooted plants consisted at least 2 leaves, 1 nodium and plant height was approximately 10 cm (Figure 1.b). The treated plots were regularly irrigated with tap water in the same amount weekly.

Arial part characteristics, except flower, as plant height, leaf number and active nodium were recorded every month and data were evaluated when reached the maximum values. Aboveground characteristics as number, weight, diameter and yield of daughter corm (bigger than 10 mm in diameter) were recorded at normal corm lifting time when leaves completely turned yellow, at 1st week of May 2012 and 2013. Data were statistically analyzed for variance (ANOVA) and mean separation comparisons at $P \leq 0.05$ level performed by Duncan's Multiple Range Test.

RESULTS AND DISCUSSION

According to data, characters of aerial and aboveground part of *Crocus sativus* showed different responses to the treatments. Paclobutrazol concentrations had positive response on daughter corm diameter but had negative effect on plant height. Additionally at concentration of 10 mg L⁻¹ paclobutrazol caused an increase in daughter corm number and healthy daughter corm yield statistically than control and the other treatments (Table 1, 2; Figure 1.g). The results are supported by Devi et al. (2011). In their study 1.7 µM and 3.4 µM paclobutrazol gave higher saffron corm production respectively than the other treatments in *in vitro*. The mentioned study was the rare one about paclobutrazol effect on *Crocus sativus*. On the other hand there are some studies on the other cormous, tuberous and bulbous plants. Francescangeli (2009) found that at certain concentration of paclobutrazol had negative effect on bud appearance in *Iris x hollandica* Tub. by immersion methods. Steinitz et al. (1991) studied on *Gladiolus grandiflorus* x *Gladiolus trisitis* hybrid and it was emphasized that paclobutrazol responded limited leaf elongation and caused corm growth at 10 mg L⁻¹ paclobutrazol by liquid-shake medium. Nagaraju et al. (2002) also found that effectiveness of 10 mg L⁻¹ paclobutrazol and sugar in MS medium on formation of bigger corms in *in vitro* study in gladiolus. In the study on *Caladium bicolor* (Krug et al., 2007) it was found that paclobutrazol provided height control and shorter plants than untreated control by substrate drench method after initially plant development. The used method and result supported to the our experiment.

Indole-3-butyric acid (IBA), is one of the auxin type growth regulators and also showed effects in the saffron growth experiment. Although 1 mg L⁻¹ IBA showed more plant height (Figure 1.e), active nodium number, daughter corm number and daughter corm yield than control, its effect was medium when compared with the other used plant growth regulators (Table 1, 2). According to *in vitro* studies in saffron, when IBA used with 6-benzyladenine (BA), it was resulted that larger leaf length (Bhagyalakshmi, 1999). In

another study, multiple shoot formation was high at secondary when 3 mg dm⁻³ IBA used with certain BA (Sharma et al., 2008). According to another study 1 mg L⁻¹ IBA showed the best corm initiation and corm number than 2 mg L⁻¹ IBA and control (Zeybek et al., 2012). Similarly in our study while 1 mg L⁻¹ IBA gave the second best response on corm yield, 3 mg L⁻¹ IBA did not showed remarkable results. Application method as soil drench of our study was completely in differ from the most of saffron studies in which IBA was used.

Zeatin is a cytokinin and had remarkable effects on aerial part of saffron in the experiment. Especially 3 mg L⁻¹ zeatin statistically effected nodium activation (Figure 1.d) than control and the other treatments (Table 1). Used zeatin concentrations gave lesser daughter corm weight and diameter than control and other used growth regulators when picloram treatments were ignored (Table 2). Plessner et al. (1990) found zeatin at 3 mg L⁻¹ concentration effective on leaf number, leaf length and corm diameter in *in vitro* as well as other treatments.

Picloram has auxin-like properties (Colins et al., 1978) and mainly known with its herbicidal activities (WHO, 2009) especially on woody plants and broad-leaved weeds (IARC, 1991). At the same time picloram can be used in plant tissue culture tests for somatic embryogenesis in saffron (Devi et al., 2014) and in *Agapanthus praecox* ssp. *minimus* (Yaacob et al., 2012) for shoot proliferation in *Lilium michiganense* (Ault and Siqueira, 2008). Beside the monocots it also gave response on somatic embryogenesis of *Theobroma cacao* L. (Zuyasna et al., 2012). According to our results used picloram doses showed the highest plant height, the lowest nodium activation and leaf number (Table 1). But according to personal observation plant aerial parts were not healthy looking (Figure 1.c). Growth of aboveground part of saffron also had the lowest values in number, weight, diameter and yield of daughter corm (Table 2). In addition daughter corms had dry-necrosis (Figure 1.f). It can be thought that this systemic chemicals strictly absorbed from soil and caused harmful effect at this concentrations under the used methods.

Table 1. Results of data analysis for effect of growth regulators on aerial part characters in saffron*

Plant Growth Regulators	Plant Height (cm)	Activated Nodium Number (number/corm)	Leaf number (leaves/corm)
Control	48.78 d	2.51 abcd	5.64 a
Paclobutrazol 10 mg L ⁻¹	45.93 e	2.43 bcde	5.65 a
Paclobutrazol 20 mg L ⁻¹	44.97 e	2.23 cde	5.32 a
IBA 1 mg L ⁻¹	53.72 c	2.76 ab	5.62 a
IBA 3 mg L ⁻¹	49.37 d	2.49 abcde	5.19 a
Zeatin 1 mg L ⁻¹	50.08 d	2.56 abc	5.30 a
Zeatin 3 mg L ⁻¹	49.68 d	2.81 a	5.62 a
Picloram 5 mg L ⁻¹	57.37 b	2.15 e	4.64 ab
Picloram 10 mg L ⁻¹	60.98 a	2.19 de	4.12 b
	LSD=2.134 S \bar{x} : 0.7183	LSD=0.31116 S \bar{x} : 0.1049	LSD=0.8907 S \bar{x} : 0.2998

*Values followed by different letters differ from each other at $P \leq 0.05$ (Duncan's Multiple Range Test)

Table 2. Results of data analysis for effect of growth regulators on corm related characters in saffron*

Plant Growth Regulators	Daughter Corm Number (number/corm)	Daughter Corm Weight (gr/daughter corm)	Daughter Corm Diameter (mm/daughter corm)	Daughter Corm Yield (kg/da)
Control	1.53 bcd	2.46 a	15.26 ab	372 bc
Paclobutrazol 10 mg L ⁻¹	1.79 a	2.60 a	15.57 a	469 a
Paclobutrazol 20 mg L ⁻¹	1.11 bc	2.48 a	15.43 a	387 bc
IBA 1 mg L ⁻¹	1.69 ab	2.47 a	14.82 abc	421 ab
IBA 3 mg L ⁻¹	1.43 cd	2.40 ab	14.82 abc	342 cd
Zeatin 1 mg L ⁻¹	1.35 d	2.25 bc	14.63 bcd	304 d
Zeatin 3 mg L ⁻¹	1.71 ab	2.12 c	14.34 c	369 bc
Picloram 5 mg L ⁻¹	0.71 e	1.35 d	13.37 d	96 e
Picloram 10 mg L ⁻¹	0.43 f	1.26 d	11.94 e	55 e
	LSD=0.177 S \bar{x} : 0.0595	LSD=0.1955 S \bar{x} : 0.06580	LSD=0.7023 S \bar{x} : 0.2364	LSD=48.21 S \bar{x} : 16.23

* Values followed by different letters differ from each other at $P \leq 0.05$ (Duncan's Multiple Range Test)



Figure 1. Experimental steps; a) One of the experimental block of randomized design, b) Plant condition at application time of plant growth regulators, c) Effect of 5 mg L⁻¹ picloram on saffron aerial part, d) Nodium activation at 3 mg L⁻¹ zeatin, e) Plant height measurement at 1 mg L⁻¹ IBA, f) Effect of 10 mg L⁻¹ picloram on saffron underground (corm) part, g) Effect of 10 mg L⁻¹ paclobutrazol on saffron underground (daughter corm) part

CONCLUSIONS

In brief the experiment can be concluded that the experiment is one of the rare studies in methodological terms that using directly in to the soil as soil drench method for some used the plant growth regulators. When all data taken into consideration; paclobutrazol

has an effect on plant height control and maximum corm production at used concentration. IBA also have effect at certain concentration on corm yield. Zeatin can be used in nodium activation. Picloram was found harmful at the both of used concentrations on underground part. After the premise experiment, in future work, a series

of concentration of the growth regulators in different growing media with different application methods should be studied without ignoring toxicity and translocation of the plant growth regulators in saffron especially in stigma that is mainly used part. In addition economic analysis should be worked for the used methods with the used plant growth regulators in saffron.

ACKNOWLEDGEMENTS

This abstract presented at 1. National Plant Physiology Symposium(1-4 September, 2015, Erzurum/Turkey) (Abstract Book p.92) in same content. The author thank Assoc.Prof.Dr. M. Sulusoglu for statistical analysis.

REFERENCES

- Amiri ME, 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus L.*). American-Eurasian J. Agric&Environ. Sci., 4(3): 274-279.
- Ault JR, Siqueira SS, 2008. Morphogenetic response of *Lilium michiganense* to four auxin-type plant growth regulators in vitro. HortScience, 43(6): 1922-1924.
- Aytekin A, Acikgoz AO, 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus L.*) plants. Molecules, 13: 1135-1146.
- Bhagyalakshmi N, 1999. Factors influencing direct shoot regeneration from ovary explants of saffron. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 58: 205-211.
- Cavusoglu A, Sulusoglu M, Erkal S, 2013. Plant regeneration and corm formation of saffron (*Crocus sativus L.*) in vitro. Research Journal of Biotechnology, 8(12): 128-133.
- Colins GB, Vian WE, Phillips GC, 1978. Use of 4-Amino-3,5,6-trichloropicolinic acid as an auxin source in plant tissue cultures. Crop Science, 18(2): 286-288.
- Çavuşoğlu A, Sülüşoğlu M, 2012. Saffron corm and habitus growth under nitrogen fertilized field condition. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Tokat, Türkiye. 156-161.
- Devi K, Sharma M, Singh M, Ahuja PS, 2011. In vitro cormlet production and growth evaluation under greenhouse conditions in saffron (*Crocus sativus L.*)- A commercially important crop. Eng. Life Sci., 11(2): 189-194.
- Devi K, Sharma M, Ahuja PS, 2014. Direct somatic embryogenesis with high frequency plantlet regeneration and successive cormlet production in saffron (*Crocus sativus L.*). South African Journal of Botany. 93: 207-216.
- Francescangeli N, 2009. Pacllobutrazol and cytokinin to produce iris (*Iris x hollandica Tub.*) in pots. Chilean Journal of Agricultural Research. 69 (4): 509-515.
- IARC, 1991. Picloram. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human, Lyon-France. 53: 481-493.
- Khan MA, Naseer S, Nagoo S, Nehvi FA, 2011. Behavior of saffron (*Crocus sativus L.*) corms for daughter corm production. Journal of Phytology. 3 (7): 47-49.
- Krug BA, Whipker BE, McCall I, 2007. Caladium growth control with flurprimidol, paclobutrazol, and uniconazole. HortTechnology, 17(3): 368-370.
- Nagaraju V, Bhowmik G, Parthasarathy VA, 2002. Effect of paclobutrazol and sucrose on in vitro cormel formation in gladiolus. Acta Bot. Croat., 61(1): 27-33.
- Negbi M, Dagan B, Dror A, Basker D, 1989. Growth, flowering, vegetative reproduction and dormancy in the saffron crocus (*Crocus sativus L.*). Isr. J. Bot., 38:95-113.
- Plessner O, Ziv M, Negbi M, 1990. In vitro corm production in the saffron crocus (*Crocus sativus L.*). Plant Cell Tiss. Org. Cult., 20: 89-94.
- Renau-Morata, B, Moya L, Nebauer SG, Segui-Simarro JM, Para-Vega V, Gomez MD, Molina RV, 2013. The use of corms produced under storage at low temperatures as a source of explants for the in vitro propagation of saffron reduces contamination levels and increases multiplication rates. Ind. Crop Prod., 46: 97-104.
- Ríos JL, Recio MC, Giner RM, Máñez S, 1996. An update review of saffron and its active constituents. Phytother. Res., 10: 189-193.
- Sampathu SR, Shivshankar S, Lewis YS, 1984. Saffron (*Crocus sativus L.*) cultivation, processing, chemistry and standardization. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 20(2): 123-157.
- Sharma KD, Rathour R, Sharma R, Goel S, Sharma TR, Singh BM, 2008. In vitro cormlet development in *Crocus sativus*. Biol. Plantarum, 52(4): 709-712.
- Steinitz B, Cohen A, Goldberg Z, Kochba M, 1991. Precocious gladiolus corm formation in liquid shake cultures. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 26: 63-70.
- Turhan H, Kahrman F, Egesel CO, Gul MK, 2007. The effects of different growing media on flowering and corm formation of saffron (*Crocus sativus L.*). African Journal of Biotechnology, 6(20): 2328-2332.
- WHO, 2009. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, Stuttgart-Germany, 39-46.
- Yaacob JS, Yussof AIM, Taha RM, Mohajer S, 2012. Somatic embryogenesis and plant regeneration from bulb, leaf and root explants of African blue lily (*Agapanthus praecox ssp. minimus*). Australian Journal of Crop Science, 6(19): 1462-1470.
- Zeybek E, Önde S, Kaya Z, 2012. Improved in vitro micropropagation method with adventitious corms and roots for endangered saffron. Central Eur. J. Biol., 7(1): 138-145.
- Zuyasna S, Hafsa S, Fajri R, Syahputra MO, Ramadhan G, 2012. The effect of picloram concentrations and explants types on the induction of somatic embryo on North Aceh Cocoa genotype. Proceedings of the 2nd Annual International Conference Syiah Kuala University & The 8th IMT-GT Uninet Biosciences Conference Banda Aceh., 2(1): 395-398.

Hatay İli Patates Üretim Alanlarında Yonca Mozaik Virüsü (*Alfalfa Mosaic Virus: AMV*)'nün Araştırılması

Gülşen SERTKAYA¹, Hakan ÇARPAR¹, Erdal SERTKAYA¹

ÖZET: Hatay ili patates alanlarında 2009 ve 2010 yıllarında yapılan çalışmalarda Yonca mozaik virüsü (*Alfalfa mosaic virus: AMV*) ile enfekteli olabileceğinden şüphelenilen semptomlu patates bitkileri belirlenmiştir. Patates alanlarında AMV'nin varlığı ve yaygınlığı ile diğer konukçularını belirlemek üzere 2014-2015 yıllarında farklı çeşitlere ait patates tarlalarından şüpheli bitki örnekleri alınmıştır. İncelenen patates tarlalarında özellikle yabancı otlar üzerinde yoğun olarak AMV potansiyel vektörü olan *Aphis fabae* Scopoli, *A. gossypii* Glover, *A. solanella* Theobald, *Myzus persicae* (Sulzer), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) ve *Rhopalosiphum padi* L. türleri belirlenmiştir. Sarı desenler, lekeler ve daha sonra şiddetli kloroz gösteren patates yaprak örneği serolojik (DAS ELISA: Double antibody sandwich-Enzyme linked immunosorbent assay) ve biyolojik indeksleme (mekanik inokulasyon) yöntemleri ile incelenmiştir. Ülkemizde Hatay ilinde yetiştirilen patatesten son birkaç yıldır AMV'nin enfeksiyon oluşturduğu belirlenmiştir. Yabancı ot türlerinden *Physalis angulata* örneklerinde 2014 yılında %15.3 oranında AMV enfeksiyonu belirlenmiştir. Semptomlu patates bitkilerinde AMV enfeksiyonu 2014 ve 2015 üretim dönemlerinde %5.4 ve %4.6 olarak bulunmuştur. AMV'nin patatesten düşük seviyelerde enfeksiyon oluşturmaya rağmen, özellikle Amik Ovası'nda yetiştirilen yonca, domates ve biber gibi diğer kültür bitkileri ile yabancı otlar veya bu kaynaklardan patatese virüsün vektör yaprak bitleri ile taşınabilmesi nedeni ile Hatay ilinde patatesten AMV enfeksiyonu belirlenmesi önem taşımaktadır. Hatay ilinde patates bitkilerinde son birkaç yıldır görülmeye başlayan AMV enfeksiyonu için il dışından gelen enfekteli tohumluk yumruların kaynak olduğu düşünülmektedir. AMV'nin yıllara içinde patates alanlarındaki durumunu izlemek için patates, yabancı otlar ve diğer konukçuları ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

Anahtar kelimeler: Afıt, Amik ovası, ELISA, patates, virüs, yabancı ot

Detection of *Alfalfa Mosaic Virus (AMV)* in Potato Production Areas in Hatay Province of Turkey

ABSTRACT: Symptomatic potato plants were found to be infected with *Alfalfa mosaic virus (AMV)* during the studies in potato growing areas in Hatay province in 2009 and 2010. Suspected plant samples were taken from different potato cultivars and weeds in 2014-2015 due to determine of the presence and prevalence of AMV and its other hosts in the fields. Potential vector species as *Aphis fabae* Scopoli, *A. gossypii* Glover, *A. solanella* Theobald, *Myzus persicae* (Sulzer), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) and *Rhopalosiphum padi* L. were intensively found on weeds in the potato fields. Potato leaf samples showing yellow spots and patterns, and then severe chlorosis were detected by serological (DAS ELISA: Double antibody sandwich-Enzyme linked immunosorbent assay) and biological indexing methods. AMV was detected in *Physalis angulata* by the rate of 15.3% in 2014. Although, AMV infection was found in low levels in symptomatic potato plants in 2014 and 2015 (5.4% and 4.6%), AMV is important in Amik plain due to the virus can be transmitted by vector aphids to weeds and other crops mainly growing in Amik plain such as alfalfa, tomato and pepper or from these sources to potatoes. AMV infection began to be affected potatoes grown in Hatay during the last few years. Seed tubers infected by AMV are thought to be the source of the virus infection of potatoes growing in Hatay-Turkey. For monitoring of the status of the virus in potato fields over the years, the studies on AMV infection on potatoes, weeds and other hosts are in progress.

Keywords: Amik plain, aphid, ELISA, potato, virus, weed

¹ Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma, Hatay, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gülşen SERTKAYA, gsertkaya@mku.edu.tr

GİRİŞ

Anavatanı Güney Amerika olarak bilinen Patates (*Solanum tuberosum* L.), dünyada ve ülkemizde gün geçtikçe artan gıda ihtiyacının karşılanmasında değerli bir besin kaynağı olmuştur. Patates dünyanın en önemli kültür bitkisi türleri arasında 5. sırada yer almaktadır. Dünya patates üretimi yaklaşık olarak 385 milyon ton olup, ülkemiz yaklaşık 4.8 milyon ton ile 13. sırada yer almaktadır (FAO, 2014). Ülkemizin patates tarımına uygun iklim ve toprak özelliklerine sahip olması, patatesin kışlık veya turfanda olarak üretimine olanak sağlamaktadır. Hatay ili patates üretiminin 2014 yılında 70 231 ton olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (TUİK, 2015).

Birçok hastalığın yanı sıra 30'dan fazla virüsün patateste sorun olduğu bildirilmiştir (Sahtiyancı, 1990). Patates bitkisinde hastalık meydana getiren virüslerin büyük bir çoğunluğunun yaprak bitleri gibi vektörler ve temas yolu ile taşınabilmesi ve pek çok doğal konukçusunun olması, özellikle tohumluk patates üretimini sınırlandıran, verim ve kalite kayıplarına neden olan etkenlerin başında yer almasına neden olmaktadır. Dünyada en yaygın ve önemli bitki virüsleri arasında yer alan Yonca mozaik virüsü (*Alfalfa mosaic virus*: AMV) (Alfamovirus, Bromoviridae)'nin de yer aldığı patateste etkili 13 virüs yaprakbitleri ile taşınmaktadır (Edwardson and Christie, 1986; van Regenmortel et al., 2000; Brunt and Loebenstein, 2001). Vektör yaprak bitleri arasında en önemli tür *Myzus persicae* (Sulzer)'dir (Robert, 1971; Hille Ris Lambers, 1972; Eastop, 1977; Radcliffe, 1982; Robert and Bourdin, 2001; Ragsdale et al., 2001). Yaprakbitleri virüs vektörü oldukları için dünyada patates zararlıları arasında en çok ekonomik öneme sahip böcek türlerindedir (Radcliffe and Ragsdale, 2002). Yüksek oranda görülen yaprakbiti yoğunluğunun patates bitkisinde zarara ve önemli derecede verim kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Adams and Kelley 1950; Kolbe 1970; Shands et al. 1972).

Ülkemizde genel olarak turfanda patates üretim bölgelerinde, hava sıcaklığının yüksek olması özellikle virüs vektörlerinin popülasyonlarının

fazla olması, patates yetiştiriciliğinde verim ve kalite yönünden sorunların yaşanmasına neden olmaktadır. Yeterli miktarda sağlıklı ve nitelikli patates tohumluğu bulunamaması bu sorunların daha ciddi boyutlarda yaşanmasına katkı sağlamaktadır. Ülkemizde de patates virüs hastalıkları ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış, Hatay ili de dahil olmak üzere değişik üretim bölgelerinde yaprak bitleri ile taşınabilen PVY (Potato virus Y)'nin en yaygın ve önemli virüslerin başında geldiği belirlenmiştir (Çıtır, 1982; Yılmaz ve ark., 1990; Gümüş ve Erkan, 1998; Bostan ve Haliloğlu, 2004; Güner ve Yorgancı, 2006; Sertkaya ve Sertkaya, 2005; Sertkaya ve Çalışkan 2009; Sertkaya ve ark., 2009; Sertkaya, 2013). Son yıllarda Hatay ilinde turfanda patates yetiştiriciliğinin giderek artması ve yeni patates çeşitlerinin kullanılmaya başlanması patates yetiştiriciliğini olumsuz etkileyen birçok sorunun yanında virüsler ile viroid, fitoplazma, bakteri ve funguslar gibi diğer önemli patojenlerin oluşturabileceği hastalıkların yöre koşullarında varlığının veya son durumunun araştırılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Hatay ilinde patateste sorun oluşturan özellikle biyolojik vektörlerle taşınabilen virüsler gibi hastalık etmenlerinin taşınma yolları ile diğer kültür ve doğal konukçularındaki durumunun belirlenmesi verimli ve kaliteli bir patates üretimi için oldukça önemlidir. Patates de dahil olmak üzere 600'e yakın bitki türünde enfeksiyon oluşturabilen ve mekanik inokulasyon, küsküt (*Cuscuta* sp.) yaprak bitleri ve yabancı ot tohumları ile taşınabilen AMV'nin (Edwardson and Christie, 1986; Jasper and Bos, 1980) ülkemizde ve dünyada patates kültüründeki durumu ile ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır. Balıkesir ilinde 2010 yılında patates alanlarından alınan örneklerde AMV belirlendiği bildirilmiştir (Özdemir ve ark., 2011). Amik ovası patates alanlarından 2011 ve 2012 yıllarında alınan yabancı ot türlerinden *Datura stramonium* L. örneklerinde ilk kez AMV enfeksiyonu belirlenmiştir (%6) (Sertkaya ve ark., 2013).

Son yıllarda yonca ve diğer solanacea türlerinin de yoğun olarak üretildiği Amik Ovası'nda patates alanlarında yapılan çalışmalarda

patates bitkilerinde AMV enfeksiyonuna benzer belirtilerin yaygınlaşmaya başladığı gözlenmiştir. Yoğun patates üretimi yapılan yerlerde yürütülen surveyler sırasında incelenen tarlalarda patates ve yabancı ot örneklerinde virüs belirtilerinin değerlendirilmesi, alınan bitki örneklerinin DAS-ELISA (Double antibody sandwich-Enzyme linked immunosorbent assay) ve biyolojik indeksleme (mekanik inokulasyon) yöntemleri ile incelenerek Hatay ilinde patates alanlarında AMV'nin durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Hatay ili patates alanlarında AMV'nin son yıllardaki (2014 ve 2015) durumunu ortaya koymak amacı ile arazide ve laboratuvarında patates yaprak ve sürgünleri ile yumrularında AMV belirtilerinin değerlendirilmesi, biyolojik indeksleme (mekanik inokulasyon) ve DAS-ELISA (Double sandwich-Enzyme linked immunosorbent assay) yöntemleri ile AMV enfeksiyonu araştırılmıştır. Ayrıca patates üretim alanları ile çevresinde AMV'nin ve virüsün vektörü yaprakbiti türlerinin doğal konukçularının belirlenmesi amacı ile de çalışmalar yapılmıştır. Şüpheli yabancı ot türlerinden alınan bitki örnekleri benzer yöntemlerle iklim odası ve laboratuvar koşullarında AMV yönünden incelenmiştir.

Arazi çalışmaları

Hatay ilinde yoğun olarak patates üretimi yapılan Antakya, Kırıkhan ve Reyhanlı ilçelerinde patates bitkisinin vejetasyon dönemine bağlı olarak çiçeklenme öncesi dönemde başlanan arazi çalışmaları hasat dönemi sonuna kadar devam etmiştir. Arazi çalışmaları sırasında semptom incelemeleri yapılmış, patates ve yabancı ot türlerinden şüpheli bitki (yaprak, sürgün, ve yumru) örnekleri toplanmıştır.

Biyolojik İndeksleme (Mekanik İnokulasyon) Çalışmaları

Biyolojik indeksleme çalışmalarında kullanılacak sağlıklı test bitkileri kontrollü iklim odası (25°C±2, 16:8 saat gündüz: gece) koşullarında tohumlar viyollere ekildikten sonra

homojen gelişen fideler, torf içeren plastik saksılara şaşırtılarak yetiştirilmiştir. Mekanik inokulasyon işleminde şüpheli bitkiden alınan yaprak ve sürgün içeren 1 g doku parçaları steril havanlarda 5 ml fosfat tampon çözeltisinde (0.1 M, pH 7.2) ezilerek cellite tozu serpilmiş olan sağlıklı test bitkilerinin yapraklarına bulaştırılmıştır. Bulaştırma işlemi yapılan bitkiler çeşme suyu ile yıkanarak iklim odasında belirtiler yönünden 6 hafta süre ile izlenmiş ve daha sonra DAS-ELISA ile incelenmiştir.

Serolojik Çalışmalar (DAS-ELISA)

Arazi ve iklim odasında yapılan çalışmalarda şüpheli patates, toplam 229 adet test bitkisi ve yabancı ot örnekleri DAS-ELISA ile AMV yönünden testlenmiştir (Clark ve Adams, 1977). DAS-ELISA yönteminde Nunc-Maxisorb ELISA plakları ve BIOREBA firmasından temin edilen ELISA kitleri kullanılmıştır. ELISA plakları substrat (p-Nitrophenyl Phosphate) eklendikten 2 saat sonra Sirio-S ELISA okuyucusuna yerleştirilerek 405 nm dalga boyunda Absorbans (A_{405} nm) değerleri okunmuştur. Sağlıklı örneklerin (negatif kontrollerin) 3 katından yüksek absorbans değerleri pozitif olarak kabul edilmiştir (Clark, 1981; Thomas ve ark., 1986).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Hatay ilinde 2009 ve 2010 yıllarından bu yana özellikle Reyhanlı ilçesinde farklı patates çeşitlerinde AMV'ye özgü virüs belirtileri gözlenmeye başlanmış, aynı ilçede tohumluk bir yumruda AMV belirlenmiş, ancak üretim alanlarındaki şüpheli patates bitkilerinde AMV enfeksiyonu bulunamamıştır.

Hatay ili önemli patates üretiminin yapıldığı Antakya, Kırıkhan ve Reyhanlı ilçelerinde patates alanlarında 2014 ve 2015 yıllarında yapılan arazi değerlendirmeleri sırasında patates yapraklarında sarı-krem renkli oldukça geniş lekeler ve tepe sürgünlerinde şiddetli kloroz belirtileri gözlenmiş (Şekil 1), önceki yıllara kıyasla bu belirtilerde artış olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Yonca mozaik virüsü (*Alfalfa mosaic virus*:AMV) ile enfekteli patates bitkilerinde gözlenen genel belirtiler: sarı-krem renkli geniş lekeler ve desenler (üstte) ve tepe sürgünlerde şiddetli kloroz (altta)

Patates alanlarında virüs enfeksiyonlarına ait olabilecek değişik belirtiler gözlenen şüpheli yabancı ot (*Amaranthus albus* L., *A. retroflexus* L., *Chenopodium* spp., *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Cuscuta* sp., *Datura stramonium*, *Physalis angulata*, *Solanum nigrum*, *Sorghum halapense*, *Xanthium* sp.) türlerinden DAS-ELISA ile incelenmek üzere de bitki örnekleri alınmıştır.

Şiddetli sarı mozaik lekeler, yapraklarda küçülme, boğum aralarında kısılma, gelişme geriliği gözlenen *Physalis angulata* (Fener otu) örneklerinde 2014 yılında %15.3 oranında AMV enfeksiyonu belirlenmiştir. Aynı bölgede 2011 ve 2012 yıllarında yapılan çalışmalarda

alınan şüpheli *D. stramonium* örneklerinin %6 oranında AMV ile enfekteli olduğu bildirilmiştir (Sertkaya et al, 2013).

Biyolojik indeksleme (mekanik inokulasyon) çalışmalarında ile özsu bulaştırılan test bitkilerinin yapraklarında genel olarak klorotik ve/veya nekrotik belirtiler meydana gelmiştir. *Nicotiana* türlerinde ayrıca mozaik belirtiler gelişmiştir. *Phaseolus vulgaris* ve *Vigna unguiculata* bitkilerinde klorotik, nekrotik lekeler ve daha sonra üst yapraklarda mozaikleşme belirtileri ortaya çıkmıştır. İnokule edilen test bitkileri ve gözlenen belirtiler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Mekanik inokulasyon çalışmalarında *Yonca mozaik virüsü* (AMV)'nün test bitkilerinde oluşturduğu genel belirtiler

Test bitkileri	Gözlenen Genel Belirtiler
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	Nekrotik lokal lezyon, kloroz
<i>C. quinoa</i>	Nekrotik lokal lezyon
<i>Gomphrena globosa</i>	Nekrotik lokal lezyon
<i>Nicotiana benthamiana</i>	Mozaikleşme, klorotik lokal lezyon, yapraklarda şekil bozukluğu ve küçülme
<i>N. tabacum</i> cv. Xanthii	Mozaikleşme, şekil bozukluğu, nekrotik veya klorotik lokal lezyon
<i>N. tabacum</i> cv. Samsun NN	Mozaikleşme, şekil bozukluğu, klorotik lokal lezyon
<i>N. glutinosa</i>	Mozaikleşme, şekil bozukluğu, klorotik lokal lezyon
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Nekrotik lokal lezyon, üst yapraklarda mozaik lekeler ve kloroz
<i>Vigna unguiculata</i>	Nekrotik lokal lezyon, üst yapraklarda mozaik lekeler ve kloroz

AMV'nin *C. amaranticolor* ve *C. quinoa*'da klorotik lezyon, nekrotik lezyon gibi lokal belirtiler, damar sararması ve cüceleşme gibi sistemik belirtiler ortaya çıkardığı, *N. benthamiana*'da sistemik olarak yaprak deformasyonu mozaikleşme ve yaprak buruşukluğu, *N. tabacum*'da ise klorotik lezyon nekrotik lekeler damar sararması ve yaprak kırışıklığı gibi sistemik belirtiler gözlemlendiği, *Gomphrena globosa*, *Phaseolus vulgaris* ve *Vigna unguiculata*'da nekrotik lokal lezyon oluşturduğu bildirilmiştir (Verhoeven and Roenhorst, 2003; Sabry et al., 2010).

Patateste tohumla taşınabilen AMV'nin erken dönem enfeksiyonlarında tohumla taşınma oranının arttığı bilinmektedir (Valkonen et al., 1992). Bu çalışmada her iki yılda hasat (haziran) döneminde alınan yumru örneklerinde yapılan enine kesitler ile renk değişimi gibi yumru belirtileri araştırılmış, şüpheli yumru parçaları doğrudan veya çimlendirilerek elde edilen bitkilerde DAS-ELISA ile serolojik olarak incelenmiş ve bu çalışmalar sonucunda patates yumrularında AMV belirlenmemiştir. Patates bitkilerinde AMV enfeksiyonu 2013 yılında belirlenmemiş ve 2014 üretim döneminde %5.4 ve 2015 yılında %4.6 olarak bulunmuştur. Hatay ilinde patates bitkilerinde son yıllarda ortaya çıkan AMV enfeksiyonunun kaynağının bölgeye giren yeni çeşitlere ait enfekteli patates yumrularının olduğu düşünülmektedir. Genel olarak sağlıklı tohumluk

materyalin ihtiyacı karşılayamaması nedeni ile üreticilerin bir sonraki üretim materyalini kendi yöntemleri ile sağlamaya çalışması ve son yıllarda yeni patates çeşitlerinin getirilmesi, Hatay ilinde özellikle virüsler yönünden mevcut sorunların artmasına ve yeni sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Patateste AMV'nin düşük oranda belirlenmesinin patatesin AMV için bölgemizde yeni yeni konukçu olmasına ve virüsün etkin vektör türlerinin patateste yoğun populasyon oluşturmasına bağlı olduğu da düşünülmektedir. AMV'nin patateste düşük seviyelerde enfeksiyon oluşturmasına rağmen, özellikle Amik Ovası'nda yetiştirilen yonca, domates ve biber gibi diğer kültür bitkileri ile yabancı otlara veya bu kaynaklardan patatese virüsün vektör yaprak bitleri ile taşınabileceği ve bu nedenle Hatay ilinde patateste AMV enfeksiyonu belirlenmesi bu virüsün neden olacağı tekli ve çoklu enfeksiyonlarda hastalığın yeni alanlara ve bir sonraki kültürlere yayılmasında patates bitkisinin rolü önem taşımaktadır. Kuzey Kıbrıs'ta yapılan bir çalışmada AMV'nin yonca, biber ve patateste ilk kez belirlendiği ve yonca alanlarından biber ve patatese yaprakbitleri ile taşındığı bildirilmiştir (Fidan ve ark., 2012). Benzer şekilde patates üretimi ile iç içe olan özellikle yonca ve diğer solanaceae türlerinin AMV'nin patates gibi bölge için yeni konukçulara ve alanlara yayılmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Suudi Arabistan'da 2012 yılında yapılan bir çalışmada DAS-ELISA ile

simptomlu ve simptomsuz patates bitkilerinden alınan örneklerin 23/32 oranında AMV ile enfekteli olduğu bildirilmiştir (Al-Saleh et al., 2014). Ülkemiz genelinde bu güne kadar patatesten AMV enfeksiyonunun yaygınlaşmamış olması virüsün şimdilik yumru ile taşındığı ve *Acyrtosiphon pisum* ve *Myzus persicae* gibi virüsün etkin vektör türlerinin (Edwardson and Christie, 1997) patatesi fazlaca tercih etmemesine bağlı olarak patates alanlarında yavaş yayıldığı görüşünü ortaya çıkarmaktadır. Son yıllarda düşük oranda da olsa patates bitkilerinde belirlenen AMV'nin bölgede mevcut diğer doğal inokulum kaynakları ve etkin vektörlerine bağlı olarak Hatay ili patates alanlarında da yıldan yıla artma riski bulunmaktadır.

SONUÇ

Arazi koşullarında patatesten AMV'ye özgü olabilecek yapraklarda büyük klorotik lekeler ve sarı-krem renkli iri desenler ile tepe sürgünlerde genel kloroz gibi belirtilerin özellikle PVY başta olmak üzere diğer virüs ve patojenler ile çoklu enfeksiyonlarda ortaya çıkabildiği gözlenmiştir.

Yumru kesitlerinde simptomolojik incelemeler ve ELISA çalışmaları sonucunda patates yumrularında AMV belirlenmemiştir. Patates bitkilerinde yıllara göre değişmekle ve oldukça düşük oranlarda olmakla

birlikte mevcut literatür bilgilerimize göre bölgemizde patatesten AMV enfeksiyonu olduğu belirlenmiştir. Bölgede bu konuda farklı yıllarda yapılan çalışmaların sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde patates bitkilerinde son yıllarda ortaya çıkan AMV enfeksiyonunun kaynağının bölgeye giren yeni çeşitlere ait enfekteli patates yumrularının olduğu görüşü ağırlık kazanmaktadır. Hatay ilinde AMV'nin *Myzus persicae* gibi etkin vektörünün ve doğal inokulum kaynaklarının olmasına rağmen patatesten AMV enfeksiyonunun düşük oranda belirlenmesi, bölgede patatesin yeni yeni AMV'ye konukçu olmaya başlamasına ve virüsün etkin vektör türlerinin patatesten yoğun popülasyon oluşturulmasına bağlı olduğu da düşünülmektedir.

Patates üretimi ile iç içe olan özellikle yonca ve diğer solanaceae türlerinin AMV'nin patates gibi eski ancak bölge için yeni konukçulara ve alanlara yayılmasında etkili olabileceği gözardı edilmemelidir. Hatay ilinde son yıllarda üretim alanı artan patates üretimindeki AMV ve diğer patojenlerin durumunun izlenmesi alınacak önlemlerin zamanında ve doğru olarak belirlenmesinde yararlı olacaktır. Genel anlamda virüs kaynaklı verim ve kalite kayıplarının en aza indirilebilmesi için en kısa zamanda yeterli miktarda sağlıklı ve sertifikalı patates tohumluğunun sağlanmasının ve üreticilerin uygulama hatalarının giderilmesinin ülkemiz için ekonomik önemi bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adams JB and Kelley RA, 1950. Potato aphid control studies, 1946-1949, at Woodstock, N.B., Canada. *Am Potato J*, 27:175-182.
- Al-Saleh MA, Amer MA, Al-Shahwan IM, Abdalla and OA, Shakeel MT, 2014. Molecular characterization of two alfalfa mosaic virus isolates infecting potato crop in central region of Saudi Arabia. *Int. J. Agric. Biol.*, 16: 976-980.
- Bostan H and Haliloğlu K, 2004. Distribution of PLRV, PVS, PVX and PVY (PVYN, PVYO and PVYC) in the seed potato tubers in Turkey. *Pakistan J. Biological Sciences*. 7(7): 1140-1143.
- Brunt AA and Loebenstein G, 2001. The Main Viruses Infecting Potato Crops, In: *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed- potatoes*. Eds: Loebenstein G, Berger PH, Brunt AA and Lawson RH. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands: 65-134.
- Clark MF and Adams AN, 1977. Characteristic of microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.*, 34: 475-483.
- Clark MF, 1981. Immunosorbent assay in Plant Pathology. *A. Rev. Phytopath.*, 19: 83-10.
- Çıtır A, 1982. Erzurum ve Çevresinde Tohumluk Patateslerdeki Virüs Hastalıkları ve Bunların Tanılanması Üzerinde Bazı Araştırmalar. *Doğa Bilim Dergisi, Vet. Hayv. Orm.*, 6(3): 99-109.
- Eastop VF, 1977. Worldwide Importance of Aphids Virus Vectors. In: *Aphids as Virus Vectors*. Eds: Haris, KF and Maramorosch K., Academic Press, New York, USA: 3-61.
- Edwardson JR, Christie RG, 1997. Potyviruses. In: *Florida Agricultural Experiment Station Monograph Series 18-II – Viruses Infecting Pepper and Other Solanaceous Crops*. Gainesville, FL: University of Florida: 424-524.
- Edwardson JR and Christie RG, 1986. Viruses infecting forage legumes. Vol. I. *Fla. Agric. Exp. Stn. Monogr.*, 14. 742 p.
- FAO 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. <http://www.faostat.fao.org>. (Erişim tarihi: 14 Ağustos, 2014).
- Fidan H, Adak NA, Konuksal A, Akerzurumlu E and Yılmaz MA, 2012. Occurrence of Alfalfa mosaic virus (AMV) diseases on potato crops in Northern Cyprus. V. *Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes*. Eds. Balliu A., Gruda N. 30 September, 2012. Tirana, Albania.

- Gümüş M ve Erkan S, 1998. Ayvalık ve Altınova Yörelerinde Üretilen Patates Çeşitlerinin Yumrularında Bulunan Virüslerin Belirlenmesi Üzerinde Araştırmalar. VIII. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, Ankara: 348-350.
- Güner Ü, Yorgancı Ü, 2006. Niğde ve Nevşehir illeri patates ekiliş alanlarında saptanan viral etmenler. Bitki Koruma Bülteni, 46 (1-4): 35-49.
- Hille Ris Lambers, D, 1972: Aphids: their life cycles and their role as virus vectors. Chapter 3. *In*: de Bokx, J.A. *ed*. Viruses of potatoes and seed-potato production. Wageningen, Pudoc.:37-56.
- Jasper EMJ and Bos L, 1980. Alfalfa mosaic virus. Association of Applied Biologists Description of Plant Viruses No.229.
- Kolbe, W, 1970. Influence of direct feeding damage on yields of heavily aphid-infested potato crops. Pflanzenschutz-Nachr, 23:273-282.
- Özdemir S, Erilmez S, Paylan Cİ, 2011. Ege Bölgesi Patates Üretim Alanlarında Alfalfa mozaik alfamovirus'ün Serolojik ve Moleküler Olarak Tanınması. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri: 410.
- Radcliffe EB and Ragsdale DW, 2002. Aphid-transmitted Potato viruses: The Importance of Understanding Vector Biology. *Amer J of Potato Res.* 79: 353-386.
- Radcliffe EB, 1982. Insect pests of Potato. *Annu. Rev. Entomol.* 27: 173-204.
- Ragsdale DW, Radcliffe EB and DiFonzo CD, 2001. Epidemiology and field control of PVY and PLRV. *In*: Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-potatoes. Eds. Loebenstein G., PH Berger, AA Brunt and RH Lawson. Huwer Academic Publishers, Dordrecht: 237-270.
- Robert Y and Bourdin D, 2001. Aphid Transmission of Potato Viruses. *In*: Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-potatoes. Eds: Loebenstein, G, Berger PH, Brunt AA and Lawson R.H, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 195-225.
- Robert Y, 1971. Épidémiologie de l'enroulement de la Pomme de Tere: Capacité Vectrice de Stades et de Formes des Pucerons *Aulacorthum solani* Klth. *Macrosiphum euphorbiae* Thomas et *Myzus persicae* Sulz. *Potato Res.*, 14: 130-139.
- Sabry YM Mahmoud, Abdel-Sabour GA Khaled and Petrzik K, 2010. Differentiation Study Between Alfalfa Mosaic Virus and Red Clover Mottle Virus Affecting Broad Bean by Biological and Molecular Characterization. *International Journal of Virology*, 6: 224-239.
- Sahtiyancı Ş, 1990. Seed Potato Production and Potato Virus Diseases (translated book). Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, Turkey.
- Sertkaya E and Sertkaya G, 2005. Aphid Transmission of Two Important Potato Viruses, PVY and PLRV by *Myzus persicae* (Sulz.) and *Aphis gossypii* (Glov.) in Hatay Province of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 8(9): 1242-1246.
- Sertkaya G ve Çalışkan ME, 2009. Hatay ilinde yetiştirilen patateslerde yumrulara simptom oluşturan önemli virüslerin serolojik ve biyolojik yöntemlerle araştırılması. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim, Hatay, Cilt II : 227-230.
- Sertkaya G, 2013. Status of Potato Production and Virus Diseases in Turkey. 15th European Association for Potato Research (EAPR) Virology Section Meeting. (28-31 May, Antalya, Turkey): 7.
- Sertkaya G, Üremiş İ and Sertkaya E, 2013. Weeds as Reservoirs for Virus Diseases and Their Vectors in Potato Fields in Amik Plain-Turkey. 15th European Association for Potato Research (EAPR) Virology Section Meeting. (28-31 May, Antalya, Turkey): 29.
- Sertkaya G, Üremiş İ, Sertkaya E, Kaya K ve Çalışkan ME, 2009. Amik Ovasında patates alanlarındaki yabancı ot türlerinin yoğunlukları ile bazı önemli patates virüsleri ve vektörleri yönünden araştırılması. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim, Hatay, Cilt I : 143-145.
- Shands WA, Simpson GW, Seaman BA, Roberts FS and Flynn CM, 1972. Effects of differing abundance levels of aphids and of certain virus diseases upon yield and virus disease spread in potatoes. *Life Sci Agric Exp Stn, Univ Maine, Tech Bull* 56: 40 pp.
- Thomas JE, Massalski PR and Harrison BD, 1986. Production of monoclonal antibodies to African cassava mosaic virus and differences in their reactivities with other whitefly-transmitted geminiviruses. *Journal of General Virology*, 67: 2739-2748.
- TUİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 01 Nisan, 2016).
- Valkonen JPT, Pehu E and Watanabe K, 1992. Symptom expression and seed transmission of alfalfa mosaic virus and potato yellowing virus and potato yellowing virus (SB-22) in *Solanum brevidens* and *S. tuberosum*. *Potato Res.*, 35: 403-410.
- Van Emden HF and Harrington R, 2007. Aphids as Crop Pests. CAB Int., UK. 717 p.
- Van Regenmortel, MHV, Fauquet CM, Bishop DHL, Carstens EB, Estes MK, Lemon SM, Maniloff J, Mayo MA, McGeoch DJ, Pringle CR and Wickner RB, 2000. Virus Taxonomy. Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). San Diego: Academic Press. 1167 p.
- Verhoeven JTJ and Roenhorst JW, 2003. Detection of a broad range of potato viruses in a single assay by mechanical inoculation of herbaceous test plants. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 33: 305-311.
- Yılmaz MA, Baloğlu S and Nas YZ, 1990. Çukurova Bölgesi'nde yetiştirilen turfanda patateslerde patates yaprak kıvrıcıklık virüsünün (PLRV) ELISA testi ile surveyi. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(3): 95-106.

Bazı Yazlık Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Kalite Yönünden Değerlendirilmesi

Erol ORAL¹, Enver KENDAL¹, Yusuf DOĞAN¹

ÖZET: Bu araştırma, Diyarbakır ekolojik koşullarında farklı arpa genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada ICARDA'dan temin edilen ve düşük yağışlı alanlar için önerilen 20 adet yazlık arpa hattı ile 5 adet standart çeşit materyal olarak kullanılmıştır. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre tekrarlamalı olarak GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü deneme alanında yürütülmüştür. Çalışmada başaklanma tarihi, bitki boyu, bin dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, nişasta oranı, yatma, tanede nem oranı ve tane verimi özellikleri incelenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, başaklanma tarihi 112.0 - 117.5 gün, bitki boyu 90 - 117 cm, bin tane ağırlığı 32.0 – 46.4 g, hektolitre ağırlığı 65.1-73.5 kg hl⁻¹, protein oranı % 14.0 -17.2, nişasta oranı % 68.6 – 70.5, nem % 8.0 - 8.4, yatma % 0 - 60 ve tane verimi 609.2 - 787.0 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Tane verimi açısından, 2 ve 16 hatlar ile Lignee 131 çeşidi, kalite kriterleri açısından ise Salmas çeşidi ile 17 nolu hat öne çıkarken bazı genotipler orta düzeyde yatma eğiliminde iken bazılarında çok az yatma görülmüştür. Sonuçlara bağlı olarak iyi performans gösteren hatlar ve çeşitler bir ileri kademeye taşınmıştır.

Anahtar kelimeler: Arpa, çeşit geliştirme, orta yağış alanları

Evaluation of Some Spring Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes In Terms of Yield and Quality

ABSTRACT: This study investigation was carried out to determine the properties of some barley genotypes on the yield and quality in different ecological conditions in 2011-2012 growing season in Diyarbakır. In the study, we used total of five varieties consisting of twenty lines obtained from ICARDA. Experiments were randomized complete block design with replications and they were conducted in GAP International Agricultural Research and Training Center field trial. In the study, heading date, plant height, thousand grain weight, test weight, protein content, starch content, lodging, grain of humidity and grain yield were investigated. According to the results obtained from the analysis, the average values among the spring barley genotypes were as follows heading time was changed between 112.0 -117.5 day, plant height between 90-117 cm, thousand grain weight between 32.0 and 46.4 g hectoliter weight between 65.1 73.5 kg h⁻¹, protein content between 14.0 - 17.2 %, humidity between 68.6 –70.5 %, starch content between 8.0 - 8.4 %, grain of humidity between 0 – 60 % and grain yield changed between 609.2 and 787.0 kg da⁻¹. In terms of grain yield lines 2, 16 and Lignee 131 varieties, In terms of quality, the Salmas varieties and lines 17, came to the fore and while some genotypes were tend to more little others were. Depending on the results of a top-performing lines and varieties moved forward step.

Keywords: Barley, develop cultivar, medium rainy area

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Ziraat, Mardin, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Erol ORAL, eroloral65@gmail.com

* Bu makalenin sadece özeti VII International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2016” yayınlanmıştır.

GİRİŞ

Arpa, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan çok önemli bir serin iklim tahılıdır. Özellikle tanede bulunan yüksek miktardaki protein oranı hayvancılık açısından önemli bir besin kaynağıdır. Hayvancılık açısından büyük öneme sahip olmasının yanında un ve malt sanayinin temel ham madde kaynaklarından birisidir.

Tarımsal açıdan büyük problemlenende olan tuzlu topraklara toleransı çok yüksektir. Diğer tahıllara göre daha erkenci ve yetersiz yağış alan bölgelerin önemli bir bitkisidir (Çölkesen ve ark., 2002). Dünya genelinde toplam arpa üretimi 124.1 milyon ton iken dekara verim 250 kg'dır Arpa üretiminde ilk sırayı 54.8 milyon tonla Avrupa Birliği ülkeleri almaktadır. Tek ülke bazında en büyük üretici ise Rusya'dır (13.9 milyon ton). Rusya'yı 8 milyon tonla Kanada, 6.9 milyon tonla Ukrayna, 6.7 milyon tonla Avustralya takip etmektedir (Anonim, 2012). Türkiye'de ise toplam arpa üretimi 7.38 milyon ton dekara verim ise 284 kg'dır. Ülkemizin toplam arpa üretiminin yaklaşık % 16 'sı bölgemizden karşılanmaktadır. Diyarbakır ilinde ise toplam arpa üretimi 174 388 ton olup, dekara verim 327 kg civarındadır (Anonim 2015). Bu kadar önemli bir ürün arpanın, çevre şartlarına en iyi uyum sağlayacak yüksek kalite ve verime sahip çeşitlerin geliştirilmesi bir zaruret haline dönüşmüştür. İslah çalışmalarının temel amacına ulaşmasına katkı sağlayacak çalışmaların yürütülmesi ile sanayinin ihtiyaç duyduğu kaliteli hammadde kaynaklarının temini kolaylaşacaktır (Kendal ve Doğan, 2012).

Bölgemiz çok önemli bir hayvan potansiyeline sahip olmasına rağmen en önemli kaba yem kaynağı olan çayır mera alanlarının verim kapasiteleri düşüktür. Bu durumda arpanın kesif yem olma potansiyelinin artırılması daha da önem kazanmaktadır. Özellikle kurağa, sıcağa, hastalık ve zararlılara dayanıklı, erkenci ve verim potansiyeli

yüksek çeşitlerin bölgedeki performanslarının test edilmesine yönelik adaptasyon çalışmalarına ihtiyaç vardır. Böylece bölge şartlarına en uygun çeşitlerin geliştirilmesine imkan sağlayacaktır (Kendal, 2011).

GAP projesinin bölgeye sağladığı en önemli imkanlardan biride sulanan arazi miktarındaki artış olmuştur. Bu nedenle sulama imkanının olduğu bölgelerde birinci ürün olarak yetiştirilen arpanın araziyi erken terk etme avantajından faydalanarak ikinci ürün (mısır ve pamuk vb) yetiştirilmesinde önemli mesafe kat edilmiştir. Orta düzeyde yağış alan bölgemizde (Anonim, 2013), yazlık arpa çeşitlerinin ıslah programlarına dâhil edilerek en uygun çeşitlerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Araştırmada kullanılan çeşitler ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) tarafından özellikle orta düzeyde yağış alan yerler için tavsiye edilmiştir. Bu çeşitler kurağa dayanıklı genotiplerin melezlerinden oluşturulmuş, IBYT-LRA-M (International Barley Yield Trial- Low Rainfall Areas) seti bu çalışmada kullanılmıştır. ICARDA bu setleri benzer ekolojik şartlara haiz yerlerde deneyerek en uygun çeşitlerin tespiti ve geliştirilmesine yönelik faaliyetler yürütmektedir. Bu çalışmada, bölgemize en uygun verimli çeşit ve hatların geliştirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada deneme materyali olarak 20 adet hat ve 5 çeşit yazlık-yemlik arpa çeşidi kullanılmıştır (Çizelge 1). Deneme Diyarbakır ekolojik koşullarında 2011 ve 2012 yetiştirme sezonunda tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü araştırma uygulama alanın arazisi kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çeşit/Hatların pedigrileri ve geliştiren kurumların çizelgesi

Çeşit/ Hat	Hatların Pedigrisi	Temin Edilen Kuruluş	Başak Tipi
1	Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/Alpha...ICB02-2864-14AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
2	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-16AP-0AP-10TR-36AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
3	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-33AP-31AP-0AP-5TR-10AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
4	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-7AP-0AP-19TR-48AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
5	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-7AP-0AP-19TR-1AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
6	Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/Alpha...ICB02-2864-47AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
7	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-7AP-0AP-19TR-40AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
8	Alpha/Durra//CWB117-77-9-774/Weeah11//...ICB02-2921-48AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
9	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-5TR-31AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
10	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-16AP-0AP-10TR-17AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
11	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-4TR-35AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
12	Pamir-009/3/Patty-B/Ruda'S'//Aleli..... ICB02-2901-20AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
13	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-33AP-0AP-18TR-18AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
14	Clipper/Volla/3/Arr/Esp//Alger/Ceres362... ICB93-1161-0AP-32AP-0AP-10TR-21AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
15	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-5TR-14AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
16	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-9TR-27AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
17	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-7AP-0AP-19TR-7AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
18	Moroc9-75//WI2291/WI2269....ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-9TR-25AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
19	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-7AP-0AP-19TR-3AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
20	Soufara-02/3/RM1508/Por//WI2269/4/..ICB92-0926-0AP-16AP-0AP-10TR-8AP-0AP	ICARDA	2 sıralı
21	Matnan-01(International check)	ICARDA	6 sıralı
22	Salmas(International check)	ICARDA	2 sıralı
23	Beecher(International check)	ICARDA	6 sıralı
24	Lignee131(International check)	ICARDA	2 sıralı
25	Altıkat(NationalCheck)	GAPUTAEM	6 sıralı

Araştırmanın yürütüldüğü yıllar ile uzun yıllar ortalamasına ait iklim verileri aşağıda verilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Araştırma yıllarına ait iklim verileri (Anonim, 2013)*

Aylar	Ortalama Sıcaklık(°C)		Yağış (mm)		Oransal Nem(%)	
	2011-12	UYO	2011-12	UYO	2011-12	UYO
Eylül	25.0	24.7	9.2	4.3	30.2	31
Ekim	16.4	17.1	11.8	32.1	41.6	48
Kasım	6.4	9.0	73.0	51.1	58.8	68
Aralık	2.3	3.7	40.2	67.4	73.9	77
Ocak	2.4	1.6	78.3	62.8	84.4	77
Şubat	1.9	3.6	74.4	67.8	68.2	73
Mart	5.1	8.6	44.0	67.3	59.2	66
Nisan	15.2	13.8	26.2	67.7	58.5	63
Mayıs	19.6	19.2	41.0	39.6	58.0	56
Haziran	27.7	26.3	7.0	9.0	27.8	36
Toplam			405.1	469.1		

*meteor.gov.tr, UYO: Uzun Yıllar Ortalaması.

Çizelge 2’de görüldüğü gibi denemenin yapıldığı yıllardaki toplam yağış uzun yıllar ortalamasından daha düşük değerlere sahiptir. 2011 yılı Mart-Haziran dönemi yağış miktarı 405.1 mm ile uzun yıllar ortalamasına (469.1 mm) göre daha düşük yağış almıştır. Oransal nem ve sıcaklık ise yetiştirme sezonu ve aylar itibari ile değişkenlik göstermiştir

Araştırmanın yürütüldüğü GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü deneme alanında Ekim ayında deneme mibzeri kullanılarak parsellere ekim yapılmıştır. Deneme parsellerinin her biri 4.5 m² büyüklüğünde olup, kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra olgunlaşma dönemi 3.5 m² alan üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Her parsel arasında 1m boşluk olacak şekilde düzenlenmiştir. Ekimle beraber bitkinin ihtiyacı olan azotun yarısı 10 kg da⁻¹ saf azot (N) ve 8 kg da⁻¹ fosfor (P₂O₅) gübresi olarak uygulanmıştır. Azotun geriye kalan kısmı ise ilk baharda % 33’lük Amonyum Nitrat (NH₄) (NO₃) olarak sapa kalkma döneminden önce parsellere uygulanmıştır. Deneme süresince ve gereksinim duyulan zamanlarda yabancı otla mekanik savaşım

yapılmıştır. Tam olgunlaşan bitkiler parsel biçer döveri ile hasat ve harman edilmiştir. Başaklanma süresi, bitki boyu, yatma, tane verimi, bin dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, nişasta oranı ve tanedeki nem oranı gibi özellikler incelenmiştir.

Başaklanma Süresi (gün): Çeşit ve hatların çıkış tarihinden başaklanmaya kadar geçen süre, gün sayısı olarak belirlenmiştir. Bu sürenin tespit edilmesinde parselin % 50 ve daha üzeri başaklanma oranı esas alınmıştır.

Bitki Boyu (cm): Her parselden tesadüf olarak seçilen 20 örnek bitkide, ana sapın toprak seviyesi ile bitkinin en üst başakçığının ucu arasındaki uzunluk cm olarak ölçülmüştür.

Yatma (%): Denemedeki çeşit adaylarının yatma durumu parselde bakılarak tespit edilmiştir. Parselde yatma gösteren bitkilerin % olarak oranı ve bu yatma gösteren bitkilerin toprak yüzeyine dik bir eksenin var olduğu kabul edilerek bu eksene göre yaptığı açı belirlenmiştir. Daha sonra yatma derecesi = parselde yatan bitkilerin yüzdesi / yatma açısı ile oranlanarak tespit edilmiştir.

Tane Verimi (kg da⁻¹): Her parselin kenar sıraları ve parsel başlarında 0.5 m atıldıktan sonra, parseldeki bitkiler hasat edilmiştir. Daha sonra başak harman makinesi ile harmanlanmış, elde edilen tanelerin 0.01 g duyarlı terazide tartılması ile parsel verimleri saptanmış ve dekara verimlere çevrilmiştir.

Bin Tane Ağırlığı (g): Her parselin tane ürününden dört kez 100 tane sayılarak alınmış ve 0.01 g duyarlılık terazide tartılmıştır. Bu tartımların ortalaması alınarak on'la çarpılmıştır.

Hektolitre Ağırlığı (kg hl⁻¹): Hasat ve harmandan sonra her parselden alınan ürün NIT cihazı kullanılarak bulunmuştur. Hektolitre ağırlığı kg hl⁻¹ olarak hesaplanmıştır (kg 100lt⁻¹).

Protein Oranı (%): Taneler 2.5 mm elekten geçirilip un haline getirildikten sonra NIT cihazında gerekli kalibrasyon yapılarak protein oranları tespit edilmiştir.

Nişasta Oranı (%): Tanelerde nişasta oranı NIT cihazı kullanılarak yüzde olarak tespit edilmiştir.

Tanedeki Nem Oranı (%): Tüm tane üzerinde NIT cihazı kullanılarak tanede nem oranı tespit edilmiştir.

Elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 7.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Analizler sonucunda önemli bulunan faktör ortalamaları A.Ö.F. (Asgari Önemli Fark) testi ile gruplandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma sonunda elde edilen veriler üzerinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre özellikler bakımından önemli görülen (P<0.01, P<0.05) farklılıklar Çizelge 3'te verilmiştir.

Araştırmada kullanılan hat ve çeşitlerin başaklanma süresi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli (% 5) bulunmuştur. Çeşit ve hatların başaklanma süresi 112.0 - 117.5 gün arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre ise 19 nolu hat 112.0 gün ile en kısa başaklanma süresine, Lignee-131 çeşidi ise 117.5 gün ile en uzun başaklanma süresine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Ülkemizde tahıl yetiştiriciliğinin fazla miktarda yapıldığı Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bu dönemde yağışlar sonrası genelde sıcaklıklar aşırı derecede artmaktadır.

Artan yüksek derecedeki sıcaklıklarla birlikte başaklanma-erme süresinin kısaldığı görülmektedir (Yağbasanlar ve ark. 1988, Genç ve ark. 1988). Bu durumun tam tersi yaşandığı dönemlerde ise generatif gelişme döneminin kısaldığı aksine uzayan vejetatif dönemle kardeş sayısında artış görülmektedir. Vejetatif gelişme döneminin uzaması bitkide bin tane ağırlığının düşmesine neden olmaktadır (Kılınç ve ark. 1992). Araştırmada kullanılan hat ve çeşitlerin bölge şartlarına uyum sağlayabilecek orta erkenci özellikteki çeşitler olduğu görülmektedir.

Bitki boyu açısından çeşit ve hatlar arasındaki ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Bitki boyuna ilişkin ortalama değerlerin 90 - 117 cm arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 3). En düşük bitki boyu 90 cm ile 2 nolu hattın elde edilirken, en yüksek bitki boyu (117 cm) Ligne-131 çeşidinde görülmüştür. Araştırmada bitkilerde ilk çıkıştan başaklanmaya kadar geçen dönem arasında yağışı fazla ise vejetatif gelişmenin uzadığı ve buna bağlı olarak bitki boyu değerlerinin arttığı görülmektedir. Yetiştiricilik açısından bitki boyu değerlerinin artması yatmaya neden olduğundan istenmeyen bir durumdur. Bu özelliğe göre yüksek verimli çeşitlerin kısa boylu olmaları tercih edilen bir durumdur (Nasr et al., 1972; Whitman et al., 1985; Kılınç ve ark., 1992; Turgut ve ark., 1997).

Araştırma sonuçlarına göre çeşitler ve hatlar arasında yatma dereceleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Bu özellik bakımından çeşit ve hatlarda yatma oranı % 0-60 arasında derecelerde değişim göstermiştir. (Çizelge 3). Hatlar arasında 15 ve 16 nolu hatlar ile Lignee-131 ve Matnan-01 çeşitlerinde hiç yatma görülmezken, 2 nolu hatta % 60 oranında yatma görülmüştür. Bölgemizde özellikle fazla yağış alan yıllarda bu oranın arttığı görülmüştür. Kısa boylu çeşit ve hatlar yatmaya karşı daha fazla dayanıklıdır (Öztürk ve ark., 2007).

Çizelge 3'de görüldüğü gibi tane verimi bakımından çeşit ve hatlar incelendiğinde, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırmada tane verimini 605.0 - 787.0 kg da⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çeşit ve hatlar arasında en düşük tane verimi (605.0 kg da⁻¹) 6 nolu hattın elde edilirken, en yüksek tane verimi 787.0 kg da⁻¹ ile 2 ve 17 nolu hatlardan

(753.2 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Tane verimi üzerine değişik ekolojik şartların önemli derecede etki yaptığı görülmüştür. Tane veriminin çeşitlere ve genotipe göre değiştiği (Kırtok ve ark.,1987; Kılınç ve ark., 1992) bildirmektedir. Çölkesen ve ark, (2002) ve Kendal ve ark., (2012) tarafından benzer şartlarda yürütülen çalışmalarda tane verimini sırasıyla 420.1-627.9, 331.3-777.1 kg da⁻¹ olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmadan elde ettiğimiz sonuçları ile benzer iken, Kaydan ve Yağmur (2007)'un farklı ekolojik şartlarında buldukları sonuçlara göre (338.0 -169.6 kg da⁻¹) daha yüksek çıkmıştır. Araştırmada kullandığımız çeşit ve hatların bu açıdan çok yüksek verim ortalamalarına sahip olduğu görülmüştür. Bölgemizde kullanılacak yüksek verimli hatların tescilinde çok iyi sonuçlar alınacağı düşünülmektedir.

Çizelge 3. Araştırmada incelenen özelliklerin ortalama değerler ve grupları

Çeşit / Hat No	Başaklana Süresi (gün)		Bitki Boyu (cm)	Yatma (%)	Tane Verimi (kg da-1)	Bin Tane Ağırlığı (g)		Hektolitre Ağırlığı (kg/ht)		Protein Oranı (%)		Nişasta Oranı (%)		Tanedeki Nem Oranı (%)
1	155.0	ae	95	40	609.2	34.8	gh	68.4	fi	15.9	bg	68.7	dg	8.2 ce
2	114.5	bf	90	60	787.0	46.1	ab	72.4	ac	15.2	ek	69.4	cg	8.3 ac
3	144.0	cf	115	20	654.5	40.6	cd	71.2	e	15.6	dh	69.5	bf	8.3 ad
4	113.5	cf	102	15	655.0	41.6	bc	71.8	ad	14.2	jk	70.5	ab	8.3 ac
5	114.5	bf	105	50	664.3	39.6	cf	70.2	cg	15.0	fk	69.3	cg	8.3 ac
6	113.0	df	102	25	605.0	38.9	cg	71.2	ae	14.2	ik	69.9	ac	8.4 a
7	112.5	ef	100	40	707.3	39.8	ce	70.3	bg	14.6	hk	69.9	ac	8.3 ac
8	112.5	ef	100	40	689.0	40.1	ce	70.6	bf	15.1	fk	69.6	ae	8.2 be
9	113.5	cf	110	40	714.5	41.3	c	71.3	ae	15.0	fk	69.6	ae	8.4 ab
10	112.5	ef	105	30	680.2	42.7	ac	71.4	ae	15.2	dk	69.4	cf	8.3 ac
11	112.5	ef	105	25	705.0	42.5	ac	72.8	ab	14.0	k	70.5	a	8.4 ab
12	113.5	cf	95	40	709.2	42.0	ac	71.7	ae	15.8	ch	69.2	cg	8.3 ac
13	113.5	cf	105	20	700.5	40.2	ce	71.5	ae	16.9	ac	69.3	cg	8.1 df
14	113.5	cf	105	0	611.3	42.6	ac	72.1	ad	14.9	fk	69.9	ac	8.3 ac
15	113.5	cf	105	5	727.5	36.6	dh	69.8	dı	16.1	af	69.2	cg	8.3 ac
16	115.5	ad	100	0	685.0	39.0	cg	71.6	ae	15.4	dj	69.7	ad	8.2 be
17	113.0	df	100	15	753.2	33.4	h	68.3	fi	17.1	ab	68.6	fg	8.1 df
18	112.5	ef	100	10	676.5	35.1	fh	70.0	ch	16.4	ae	69.0	cg	8.2 be
19	112.0	f	100	25	688.2	34.5	gh	69.2	eı	16.5	ad	68.6	fg	8.1 df
20	112.5	ef	100	20	666.7	35.6	eh	69.7	dı	15.8	bh	69.4	cf	8.3 ac
Matnan-01	116.0	ac	100	0	651.7	35.7	eh	65.1	j	15.5	dı	68.8	dg	8.1 df
Salmas	155.5	ad	100	45	616.8	34.9	gh	67.5	hj	17.2	a	68.4	g	8.0 f
Beecher	112.5	ef	115	40	665.2	43.4	ac	67.9	gı	14.8	gk	69.4	cf	8.2 be
Lignee 131	117.5	a	117	0	734.3	46.4	a	73.5	a	15.9	bg	69.6	ae	8.1 df
Altıkat	117.0	ab	95	30	688.3	32.0	h	67.3	ıj	15.4	dj	68.7	dg	8.1 df
AÖF	2.66*	-	-	-	197.2 öd	4.62**	-	2.59**	-	1.29**	-	0.95*	-	0.176*
DK (%)	1.13	-	-	-	14.1	5.72	-	1.78	-	4.04	-	0.66	-	1.04

* P<0.05 düzeyinde önemli; ** P<0.01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil.
AÖF: Aşgari Önemli Fark, DK: Değişim katsayısı.

Çizelge 3’de görüldüğü gibi bin tane ağırlığı bakımından çeşit ve hatlar arasındaki fark istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bin tane ağırlığı 32.0 – 46.4 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Lignee-131 (46.4 g) ve 2. hat (46.1 g) arpadan elde edilmiştir. En düşük bin tane ağırlığı ise 32.0 ve 33.4 g ile Altıkata çeşidi ve 17 nolu hatta tespit edilmiştir. Bu özelliğin doğrudan verime etki etmesi nedeniyle genotip ve çevre faktörlerinden geniş ölçüde etkilendiği Akaya ve Atken, (1990); Öztürk ve ark., (1997); Karadoğan ve ark., (1999) tarafından belirtilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre çeşit ve hatlar arasında hektolitre ağırlığı oranları arasındaki fark istatistiksel olarak (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Çeşit ve hatların hektolitre ağırlığı 65.1 – 73.5 kg hl⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek hektolitre ağırlığı Lignee-131 ve 11 nolu hattan (73.5 kg hl⁻¹ - 72.8 kg hl⁻¹) elde edilmiştir. Genel itibari ile yazlık çeşit ve hatlardan seçilmiş materyal kullanıldığı için hektolitre ağırlığı bir birine yakın değerler göstermiştir. Bu konuda araştırma yapan çeşitli araştırmacılara göre tanede tekdüzelik, kavuz oranı ve endosperm yapısı gibi çeşit özellikleri hektolitre ağırlığına önemli derecede etki yapmaktadır (Kün, 1996; Karahan, 2009). Kendal ve ark., (2012), benzer şartlarda yürütmüş oldukları çalışmada hektolitre ağırlığının 61.2-71.2 kg hl⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çeşit ve hatlar üzerinde yürütülen çalışma sonucunda protein oranları arasındaki fark istatistiksel olarak (% 1) önemli bulunmuştur. Protein oranı % 14.0 ile % 17.2 oranında değişmiştir. En yüksek protein oranı (% 17.2) Salmas çeşidi ile 17 nolu hattan elde edilirken, en düşük değer 11 nolu (% 14.0) hattan elde edilmiştir. Bölgemizde yürütülen bazı çalışmalarda yetiştirilen arpa çeşit ve hatların protein oranları üzerine etkili faktörün düşük nem ve aşırı sıcaklıklar olduğu belirtilmiştir (Kendal, 2014). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde arpa yetiştiriciliğinde protein oluşum döneminde düşük nem ve aşırı sıcaklıklardan dolayı elde edilen protein oranı diğer bölgelere göre daha yüksektir. Ancak bu durum çeşit ve hat özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir.

Nişasta oranı bakımından çeşit ve hatlar değerlendirildiğinde ortalamalar arasındaki fark

(%5) önemli bulunmuştur. Nişasta oranı % 68.4- % 70.5 arasında değişmekte olup, en düşük oran Salmas çeşidinde, en yüksek oran ise 4 ve 11 nolu hatlardan elde edilmiştir. Özellikle yemlik arpalar açısından önemli bir kalite parametresi olarak kabul edilmemesine rağmen maltlık olarak kullanılacak arpalarda mayalaşma sırasında diyastaz tarafından maltoz ve dekstrinlere parçalanarak şıra ve bira ekstraktını teşkil ettiğinden % 55-60’ın altında olması tavsiye edilmez (Kendal, 2013).

Çizelge-3’te görüldüğü gibi tanedeki nem oranı bakımından çeşit ve hatlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli (% 5) bulunmuştur. Çeşit ve hatlardan elde edilen ortalama nem oranı % 8.0 -% 8.4 arasında değişmektedir. En düşük nem oranı Salmas çeşidinden elde edilirken, en yüksek nem oranı 6, 9 ve 11 nolu hatlardan elde edilmiştir. Bölge itibari ile yaz ayları çok sıcak geçmekte olup, Haziran ayı sıcaklık ortalamaları 40 °C’yi bulmaktadır. Bu yüksek sıcaklık dereceleri karşısında hava oransal neminde düşme tanedeki nem oranının azalmasına neden olmaktadır (Kendal, 2013).

SONUÇ

Bu araştırma sonuçlarına göre; ICARDA’dan (Kurak Alanlar Uluslararası Tarımsal Araştırma Merkezi) temin edilen ileri seviyedeki hat ve çeşitlerin ilimizde kuru şartlarda performansları test edilmiştir. Araştırmada yetiştiricilik açısından önemli karakterler bakımından çeşit ve hatlar kıyaslandığında; en yüksek tane verimi 2 ve 17 nolu hatlar, hektolitre ağırlığı ise Lignee-131 çeşidi ve 11 nolu hattan elde edilmiştir. Ayrıca bitkilerde yatma oranları bakımından 15, 16 nolu hatlar ile Lignee-131, Matnan-01 çeşitlerinde yatma görülmemiştir. Özellikle yemlik ve biralık arpa üretimi açısından tanede protein oranı çok önemli olup, Salmas çeşidi ve 17 nolu hat ilk sıralarda yer almıştır. Yurt dışından elde edilen bu çeşit ve hatlar ıslah çalışmalarında ebeveyn olarak kullanılabilecekleri gibi geniş tabanlı bir genetik havuz oluşmasına katkı sağlayacaktır. Bu sonuçlara göre iyi olan genotipler bölgenin ihtiyacı olan uygun arpa çeşitlerini geliştirmek üzere bir ileri deneme kademelerinde değerlendirilmeleri uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2012. www.IGC.org.uk (Erişim tarihi: 20.02.2012).
- Anonim, 2015. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi: 2015).
- Akkaya A, Akten Ş, 1990. Erzurum yöresinde yetiştirilebilecek yazlık arpa çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Atatürk Üni. Zir. Fak. Der. 17: 1-4, Erzurum.
- Çölkesen M, Öktem A, Engin AA, Öktem G, 2002. Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2), Kahramanmaraş.
- Genç İ, AC, Ülger T, Yağbasanlar Y, Kırtok M, 1988. Çukurova koşullarında tritikale, buğday ve arpanın verim ve verim öğeleri üzerinde kıyaslamalı bir araştırma. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi 3(2): 1-14s.
- Karahan T, 2005. Güneydoğu Anadolu ekolojik koşullarında bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) verim ve verim unsurlarının incelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005-Van.
- Kaydan D, Yağmur M, 2007. Van ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi 2007, 13 (3) 269-278s.
- Kendal E, Kılıç H, Aydemir T, Tekdal S, Aktaş H, Altıkat A, 2011. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tescil adayı bazı arpa hat ve çeşitlerinin genotip x çevre interaksyonu ve stabilitesi. On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, IV. Tohumluk Kongresi, 14-17 Haziran 2011, 217-223s, -Samsun.
- Kendal E, Doğan Y, 2012. Bazı yazlık arpa genotiplerinin verim ve kalite yönünden değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi (YYU J AGR SCI) 2012, 22(2): 77-84s.
- Kendal E, Tekdal S, Aktaş H, Karaman M, Bereketoğlu K, Doğan H, 2014. Biplot analiz kullanılarak yazlık arpa genotiplerinin verim ve evrim unsurlarının belirlenmesi. Trakya University Journal of Natural Sciences, 15 (2): 95-103s, 2014.
- Kılınç M, Kırtok Y, Yağbasanlar T, 1992. Çukurova koşullarına uygun arpa çeşitlerinin geliştirilmesi üzerine araştırmalar. II. Arpa-Malt Semineri, 205-218s, 25-27 Mayıs 1992, Konya.
- Kün E, 1996. Tahıllar-I (Serin iklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1451. 322 s, Ankara.
- Nasr HG, Shands HL, Foersberg RA, 1972. Variation in kernel plumpness, lodging and other characteristics in six-rowed barley crosses. Crop Sci.12:159-162p.
- Öztürk İ, Avcı R, Kahraman T, 2007. Trakya Bölgesi'nde yetiştirilen bazı arpa (*Hordeum vulgare* L) çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Trakya Üniv. Zir. Fakültesi Dergisi, 21 (1): 59-68s.
- Öztürk A, Çağlar Ö, Atken Ş, 1997. Erzurum yöresinde maltlık olarak yetiştirilebilecek arpa (*Hordeum vulgare* L) genotiplerinin belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül 1997, 70-75s, Samsun.
- Turgut İ, Konak C, Yılmaz R, Arabacı O, 1997. Büyük Menderes Havzası koşullarına uyumlu ve yüksek verimli arpa (*Hordeum vulgare* L) çeşitlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Türkiye II.Tarla Bitkileri Kongresi 22-25 Eylül 1997, 80-83s, Samsun.
- Whitman CE, JL, Haffield RJ, Reginato 1985. Effect of slope position on the micro climate growth and yield of barley. Agron. J. 77:663-669p.
- Yağbasanlar T, AC, Ülger İ, Genç 1988. Çukurova koşullarında bazı yabancı tritikale (x *Triticosecale* Wittmack ex. A. Camus) çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerinde bir araştırma. Doğa Bilim Dergisi 3 (3b): 1353-1362s.

Farklı Gübreleme ve Yetiştirme Süresi Uygulamalarının Hidroponik Arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Çimi Üzerine Etkileri*

Muhammet KARAŞAHİN¹

ÖZET: Araştırma farklı gübreleme ve yetiştirme süresi uygulamalarının hidroponik arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) çimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 15.02.2015 ile 15.08.2015 tarihleri arasında Karabük Üniversitesi Eskipazar Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü iklimlendirme odasında yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre farklı gübreleme uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, ham protein kazancı, ham protein, ham yağ, ADF, metabolik enerji, N, Ca, Mg ve Fe içerikleri ile en düşük kuru madde kayıpları organik (O), inorganik (İ), ve ½ organik + ½ inorganik (O+İ), uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek ham kül, NDF, ADL, P ve Mn içerikleri İ uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek Cu, Zn ve Na değerleri ise İ ve O+İ uygulamalarından elde edilmiştir. Farklı yetiştirme süresi uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, kuru madde kayıpları, NDF ve Na içerikleri 9 ve 10 gün uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek kuru madde oranı, ham protein kazancı, ham kül, ham yağ, Mn ve Zn içerikleri ise 6 gün uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek bitki boyu, kök uzunluğu, ham selüloz, ADF, Mg ve Fe içerikleri 10 gün uygulamalarından elde edilirken en yüksek metabolik enerji değerleri 6 ve 7 gün uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek Cu değerleri ise 9 gün uygulamasından elde edilmiştir. Yetiştirme süresi uzadıkça yeşil yem verimi ile birlikte kuru madde kayıpları artmakta ve ham protein kazançlarında azalma olmaktadır. Yüksek yeşil yem verimi ve ham protein kazançları ile düşük kuru madde kayıplarına sahip hidroponik yeşil arpa yemi üretimi için her üç (O, İ, O+İ) gübreleme uygulamaları tavsiye edilebilir niteliktedir. İnorganik gübrelerin insan ve çevre sağlığı üzerine olumsuz etkileri dikkate alındığında organik gübre uygulaması ön plana çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Arpa çimi, gübreleme, hidroponik, yetiştirme süresi

The Effects of Different Fertilization and Growth Period Treatments on Hydroponic Barley (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Grass

ABSTRACT: This research was conducted to determine the effects of different fertilization and growth period treatments on hydroponic barley (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) grass in the conditioning chamber of Karabük University Eskipazar Vocational School Crop and Animal Production Department between the dates of 15.02.2015 and 15.08.2015. According to the research results, in the different fertilization treatments the highest green fodder yield, crude protein gain, crude protein, crude fat, ADF, metabolic energy, N, Ca, Mg and Fe contents and the lowest dry matter losses were obtained from in the organic (O), inorganic (I), and ½ organic + ½ inorganic (O+I), treatments. The highest crude ash, NDF, ADL, P and Mn contents were obtained from I treatments and the highest Cu, Zn, and Na values were obtained from the I and O+I treatments. In the different growth period treatments the highest green fodder yield, dry matter losses, NDF and Na contents were obtained from the 9 and 10 days treatments. The highest dry matter rate, crude protein gain, crude ash, crude fat, Mn and Zn contents were obtained from the 6 days treatments. While the highest plant height, root length, crude fiber, ADF, Mg and Fe contents were obtained from 10 days treatments, the highest metabolic energy values were obtained from 6 and 7 days treatments. The highest Cu values were obtained from 9 days treatments. As growing period longer green fodder yield and dry matter losses are increases and crude protein gains decreases. All three fertilization (O, I, and O+I) treatments can be recommendable in order to produce hydroponic green barley fodder in which having high green fodder yield, crude protein gain and low dry matter losses. When the adverse effects of inorganic fertilizer on human health and the environment is taken into consideration organic fertilizer treatment become more important.

Keywords: Barley grass, fertilization, growth period, hydroponic

¹ Karabük Üniversitesi, Eskipazar MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Karabük, Türkiye

² Sorumlu yazar/Corresponding Author: Muhammet KARAŞAHİN, mkarasahin@karabuk.edu.tr

*Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 114O702 No'lu projenin bir bölümünden oluşmaktadır.

GİRİŞ

Bitkisel üretimin besin eriyiklerinde veya besin eriyikleri ile beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirilmesi şeklinde tanımlanan topraksız yetiştiricilik, toprak dezenfeksiyonu ihtiyacını ortadan kaldırmasının yanında, bitkilerin kontrollü bir şekilde beslenmesi, su ve gübre kullanım etkinliğini arttırması, erkenci, homojen ve kaliteli yüksek verim sağlaması, otomasyonla iş gücünü azaltması, toprak kaynaklı sorunları ortadan kaldırması, toprakların yetersiz bulunduğu veya kalitesinin üretim için yeterli olmadığı yerlerde yetiştiricilik yapılmasına imkan tanınması, toprak ve yeraltı suyu kirliliğini önlemesi gibi önemli avantajlara sahiptir (Sevgican, 1989; Öztekin, 2002; Trejo-Tellez and Gomez-Merino, 2012). Bu sebeple topraksız ortamda bitkisel üretim gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Hidroponik üretimde verim ve kaliteyi etkileyen en önemli faktörler arasında besin solüsyonlarında bulunan element sayısı ve dozu yer almaktadır. Bu tür üretimde kullanılan en yaygın besin elementi karışımı arasında Hoagland and Arnon (1950)'un hazırlamış oldukları reçete yer almaktadır. Bu reçetede birçok bitki türü gelişimi için gerekli elementler uygun dozda bulunmaktadır. Bu sistemde kullanılan besin elementi çözeltileri kapalı sistemde geri besleme ile yeniden kullanılmaz veya açık sistemle dışarı edilenler geri dönüşüme tabi tutulmazsa ciddi çevre kirliliği ve ekosistem tahribatı söz konusudur. Günümüzde insanlar sağlıklarına ve çevreye karşı daha duyarlı davranmaktadırlar. Bunun sonucu herhangi bir kimyasalın üretimde kullanılmadığı sağlık ve çevre dostu organik üretim popüler hale gelmiştir (Charoenpakdee, 2014). Hayvan gübreleri ve deniz yosunu özleri organik üretimde gübre olarak kullanılmaktadır. Artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacı artışına paralel olarak hayvansal üretim miktarı da artmaktadır. Hayvansal gübrelerin uygun koşullarda depolanmaması ve tekniğine uygun olarak yeterli miktarda organik gübre kaynağı olarak kullanılmaması nedeniyle toprak, su ve hava kirliliği üzerine olumsuz etkileri çoğalmaktadır. Tavuk dışkı, içerdiği yüksek azot, fosfor ve potasyum miktarı nedeniyle diğer hayvansal gübrelere göre daha çok tercih edilmektedir (Aboutalebi et al., 2013; Eleroğlu ve Yıldırım, 2014). Diğer hayvansal gübrelere göre

tavuk gübresinin makro ve mikro elementlerce daha zengin oluşu besin kaynağı olarak kullandıkları zengin içerikli yemden ve dışkılarında idrar ve gübrenin birlikte bulunmasından kaynaklanmaktadır (Ahmad Yunus et al., 2014). Deniz yosunları gübre, insan ve hayvanlar için besin kaynağı ayrıca agar, alginik asit, karragen gibi polisakkarit kaynağı olarak tüketilmektedir. Bünyelerinde indol asetik asit, indol butirik asit, sitokin, oksin ve absisik asit gibi büyümeyi teşvik edici hormonları, iz elementleri (Fe, Cu, Zn, Co, Mo, Mn, Ni), vitamin ve aminoasitleri bulundurmaları sebebiyle değerli bir organik gübre kaynağıdır (Arıkan et al., 2011; Latique et al., 2013; Shahbazi et al., 2015). Bitkisel üretimde verimliliği belirleyen başlıca faktör yetiştirme süresi boyunca elde edilen toplam fotosentez ürünü miktarıdır. Fotosentezi kısıtlayıcı diğer faktörler olmadığı sürece yetiştirme süresi uzunluğu ile biyokütle artışı doğru orantılıdır (Parry et al., 2011). Hidroponik yeşil arpa çimi üretimi; topraksız yetiştirme ortamında arpa tanelerinin çimlenme ve gelişimi için gerekli ışık, sıcaklık, su, nem ve besin elementlerinin tedarikinden ibarettir. Bu ortamda 5-8 günde 20-25 cm boya ulaşan yeşil filiz ve keçe gibi birbirine geçmiş kökler hasat edilerek hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Hidroponik yeşil yem üretimi sürecinde tahıl tanesinde bir dizi kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelmektedir. Tanelerde bulunan enzimlerin hidroliz sonucu aktivasyonu ile protein, karbonhidrat ve yağlar basit bileşiklere ayrılmakta tane ve filizlerde aminoasit, çözünebilir şeker ve yağ asidi miktarlarında artış olmaktadır. Geleneksel yeşil yem üretimi ile hidroponik yeşil yem üretimi kıyaslandığında çok daha küçük alanlarda tüm yıl kesintisiz yeşil yem üretimi, daha zengin lif, protein, vitamin ve mineral içeriği, suyun daha etkin ve verimli kullanımı, içerisindeki çim suyunun hayvanların performanslarında iyileşme sağlaması, tanelerin sindirilebilirliğini artırması gibi özellikleri hidroponik yeşil yem üretiminin dünya genelinde yaygınlaşmasını sağlamaktadır (Dung et al., 2010; Al-Karaki and Al-Hashimi, 2012; Karashahin, 2014).

Bu çalışma farklı gübreleme ve yetiştirme süresi uygulamalarının hidroponik arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) çimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Karabük Üniversitesi Eskipazar Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümünde 3x3x2.1 m boyutlarındaki iklimlendirme odasında, 15.02.2015 ile 15.08.2015 tarihleri arasında yürütülmüştür. Çimlendirme kabı olarak 100x10 cm plastik küvetler kullanılmıştır. Araştırmada bitki materyali olarak % 90 kuru madde ve % 12.2 ham protein oranına sahip iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Tarm-92 çeşidi kullanılmıştır. Tüm uygulamalarda ön ıslatma süresi olarak 24 h, tohum

yoğunluğu olarak 2.2 kg m⁻², ortam sıcaklığı olarak 20 °C, ortam nemi olarak % 60, dezenfeksiyon yöntemi olarak ozon, yetiştirme süresi olarak 10 gün, ışıklandırma süresi ve rengi olarak 24 h - sarı ışık (5000 lux), sulama yöntemi, süresi ve sıklığı olarak gelgit, 60 sn 120 dk⁻¹, organik gübre kaynağı olarak 375 ppm deniz yosunu ile 375 ppm pelet formda tavuk gübresi, CO₂ dozu olarak 1000 ppm uygulanmıştır. Her uygulamada yalnızca araştırılan parametreler değiştirilmiştir. Sulama sisteminde su kaynağı olarak şehir şebekesinden yararlanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sulama suyu özellikleri

Özellikler	mg l ⁻¹	Özellikler (mg l ⁻¹)	mg l ⁻¹
pH	6.98	Zn	0.94
EC (mS cm ⁻¹)	0.59	P	0.20
Ca (mg l ⁻¹)	116.8	K	0.03
Mg (mg l ⁻¹)	10.7	Mn	0.02
Na (mg l ⁻¹)	2.93	Cu	0.02

Çalışmada; farklı gübreleme (K; Kontrol, O; Organik, İ; İnorganik ve O+İ; ½ organik + ½ inorganik) ve yetiştirme süresi (6, 7, 8, 9 ve 10 gün) uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı⁻¹, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı, bitki boyu ve kök uzunluğu, ham besin madde (ham protein, kül, yağ ve selüloz) içerikleri, hücre duvarı bileşenleri (NDF, ADF, ADL) ve metabolik enerji değerleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Farklı gübreleme (K, O, İ ve O+İ) uygulamalarında organik gübre kaynağı olarak tavuk gübresi ve deniz yosunu karışımı kullanılmıştır.

Organik gübre uygulamasında 27g Organica markalı pelet formunda tavuk gübresi ve 27g Seamax markalı deniz yosunu gübresi ile 72 lt'lik besin çözeltisi hazırlanarak her sulama ile birlikte uygulanmıştır (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 2. Pelet ve şerbet formda tavuk gübresi özellikleri

Pelet Tavuk Gübresi		Tavuk Gübresi Şerbeti (1/5)	
Toplam N (%)	2.30	Toplam N (%)	0.42
P ₂ O ₅ (%)	5.86	P (ppm)	343.50
K ₂ O (%)	3.31	K (ppm)	350.82
Organik Madde (%)	61.40	Organik Madde (%)	2.07

Çizelge 3. SeaMax deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) özü içeriği

Özellikler (%)		Özellikler (%)	
Organik madde	47.5	S	2.5
Azot	0.75	Fe	0.004
Fosfor	0.02	B	0.006
Potasyum	14.9	Zn	0.006
Ca	0.3	Cu	0.0002
Mg	0.2	Alginik asit	5.5

İnorganik gübre uygulamalarında Hoagland and Arnon (1950)'ye göre (210 ppm N, 31 ppm P, 234 ppm K, 200 ppm Ca, 48 ppm Mg, 64 ppm S, 0.05 ppm Zn, 0.02 ppm Cu, 1.4 ppm Fe, 0.5 ppm Mn, 0.5 ppm B, 0.001 ppm Mo) 72 lt'lik besin çözeltisi hazırlanarak her

sulama ile birlikte uygulanmıştır (Çizelge 4). ½ Organik + ½ İnorganik gübre uygulamasında ise organik ve inorganik gübre uygulamalarında kullanılan gübrelerin ½' si ile 72 lt'lik besin çözeltisi hazırlanarak her sulama ile birlikte uygulanmıştır.

Çizelge 4. İnorganik çözeltilerde kullanılan gübreler

Gübre	Miktarı g l ⁻¹	Gübre	Miktarı g l ⁻¹
CaNO ₃	0.45	KNO ₃	0.51
MAP (NH ₄ H ₂ PO ₄)	0.12	MgSO ₄	0.4
KSO ₄	0.13	Agromix	0.2

Farklı yetiştirme süresi uygulamalarında ekimden 6, 7, 8, 9 ve 10 gün sonra hasat yapılmıştır.

Yeşil yem ağırlığı tartıldıktan sonra 200'er g örnekler alınarak 105 °C altında etüvde sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilerek hassas terazide tartılmış elde edilen değerler yeşil yem ağırlığına oranlanarak kuru madde oranları belirlenmiştir. Yeşil yem tohum oranı, yeşil yem kuru madde oranı değerleriyle çarpılmış elde edilen toplam yeşil yem kuru madde yüzdesi ile tohum kuru madde yüzdesi arasındaki farkın tohum kuru madde yüzdesine

oranlanmasıyla kuru madde kayıpları hesap edilmiştir. Elde edilen toplam kuru madde miktarı ile ham protein oranı çarpılarak toplam ham protein verimleri hesap edilmiş ve bu değerler tohumun ham protein oranı ile kuru madde miktarı değerleri çarpımı ile oranlanarak ham protein kazançları hesap edilmiştir. Ham kül (AACC 08-01), ham protein (AACC 46-12), ham yağ (AACC 30-25) ve ham sellüloz analizleri (AACC 32-10)'a göre dış laboratuvarında yaptırılmış enerji içeriği hesabında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (TSE, 2008).

$$ME \text{ (kcal kg}^{-1}\text{)} = 3260 + [0.455 \times \text{HP}\%] + [3.517 \times \text{HY}\%] - [4.037 \times \text{HS}\%]$$

ME: Metabolik enerji, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham sellüloz

NDF (Nötr deterjan lif), ADF (Asit deterjan lif) ve ADL (Asit deterjan lignin) analizleri Van

Soest ve Robertson (1985)'e göre dış laboratuvarında yaptırılmıştır.

Denemeler tekrarlanan tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde

edilen veriler varyans analizine tabi tutularak F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen işlemlerin ortalama değerleri “Tukey-Kramer HSD” önem testine göre gruplandırılmıştır (JMP, 2007).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yeşil Yem Verimi, Yeşil Yem Tohum Oranı¹, Kuru Madde Oranı ve Kaybı, Ham Protein Kazancı, Bitki Boyu ve Kök Uzunluğu

Kontrol grubuna göre farklı gübreleme uygulamalarının yeşil yem verimi ve yeşil yem tohum⁻¹ oranı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli (P<0.01) olmuş, en yüksek değerler O, İ ve O+İ uygulamalarından elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır. En yüksek (26.04) kuru madde kaybı kontrol uygulamasından elde edilmiştir (P<0.01). En düşük kuru madde kayıpları ise (sırasıyla 23.25, 23.10 ve 23.20) O, İ ve O+İ uygulamalarından elde edilerek

aynı istatistiki grupta (b) yer almışlardır. En yüksek ham protein kazançları ise (sırasıyla 9.28, 10.36 ve 9.72) O, İ ve O+İ uygulamalarından elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır. Farklı gübreleme uygulamalarının bitki boyu ve kök uzunluğu üzerine etkileri istatistiki olarak önemli olmamıştır (Çizelge 5).

Bitkisel üretimde verim artışı ve kaliteli üretim için gerekli kültürel uygulamaların başında gübreleme gelmektedir. Yapılan pek çok araştırmada, mineral ve organik gübrelemenin verimi, önemli düzeyde arttırdığı saptanmıştır (Sezen, 1991; Kır ve Mordoğan, 2007). Salas-Perez et al. (2010) farklı gübreleme ve hasat süresi uygulamalarının hidroponik mısır yeşil yemi üretimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada yeşil yem kalitesini gübreleme ve hasat süresi uygulamaları önemli ölçüde etkilemiş en yüksek yeşil yem verimi 16 gün hasat süresi ile organik ve inorganik gübre uygulamalarından elde etmişlerdir.

Çizelge 5. Farklı gübreleme ve yetiştirme süresi uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı¹, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı bitki boyu ve kök uzunluğu üzerine etkileri

Uygulamalar	Yeşil Yem Verimi (kg m ⁻²)	Yeşil Yem Tohum Oranı ¹	Kuru Madde Oranı (%)	Kuru Madde Kaybı (%)	HP Kazancı (%)	Bitki Boyu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)	
Gübreleme	K	10.20 b	4.64 b	14.35	26.04 a	2.15 b	15.10	14.30
	O	11.20 a	5.09 a	13.58	23.25 b	9.28 a	15.50	14.50
	İ	11.40 a	5.18 a	13.37	23.10 b	10.36 a	15.70	14.70
	O + İ	11.26 a	5.12 a	13.51	23.20 b	9.72 a	15.60	14.60
HSD	0.61**	0.28**	Ns	1.06**	2.32**	Ns	Ns	
Yetiştirme Süresi (gün)	6	7.99 d	3.63 d	20.87 a	15.88 d	16.73 a	9.0 e	9.5 e
	7	8.82 c	4.01 c	18.04 b	19.68 c	12.39 ab	10.5 d	10.5 d
	8	9.72 b	4.42 b	15.92 c	21.87 b	9.77 b	12.0 c	11.5 c
	9	10.65 a	4.84 a	14.26 d	23.37 a	8.36 b	14.0 b	13.5 b
	10	11.20 a	5.09 a	13.58 d	23.25 a	9.28 b	15.5 a	14.5 a
HSD	0.56**	0.25**	1.11**	0.76**	3.18**	0.7**	0.69**	

* ; P < 0.05, ** ; P < 0.01, HSD; Güvenilir önemli fark, Ns; Önemli değil

Farklı yetiştirme süresi uygulamalarının yeşil yem verimi ve yeşil yem tohum⁻¹ oranı ve kuru madde kayıpları üzerine etkileri istatistiki olarak önemli ($P < 0.01$) olmuş, en yüksek değerler 9 ve 10 gün uygulamalarından elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır (sırasıyla 10.65, 11.20, 4.84, 5.09, 23.37 ve 23.25). En yüksek kuru madde oranı ve ham protein kazancı (sırasıyla 20.87 ve 16.73) ile en düşük (15.88) kuru madde kaybı 6 gün uygulamasından elde edilmiştir ($P < 0.01$). En yüksek bitki boyu (15.5) ve kök uzunluğu (14.5) 10 gün uygulamasından elde edilmiştir ($P < 0.01$). En düşük bitki boyu (9.0) ve kök uzunluğu (9.5) değerleri ise 6 gün uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5). Akbağ ve ark. (2014) hasat zamanının hidroponik arpa çimi besin maddeleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada hasat zamanı uzadıkça kuru madde oranında önemli azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Hidroponik ortamda çimlenme ile birlikte metabolik aktivite ve solunum sonucu kuru madde kayıpları oluşmaktadır. Çimlenmenin 3. gününde kloroplast oluşumu ile fotosentez başlamakta ancak kısa sürede fotosentezle elde edilen kuru madde miktarı kayıpları karşılayamamaktadır (Dung et al., 2010; Kardeş, 2014).

Ham Protein, Kül, Yağ, Selüloz, NDF, ADF, ADL ve Metabolik Enerji Değerleri

Farklı gübreleme uygulamalarında en yüksek ham protein, yağ, ADF ve metabolik enerji değerleri

O, İ ve O+İ uygulamalarından (sırasıyla 17.37, 17.51, 17.43, 2.48, 2.52, 2.50, 20.65, 21.10, 20.91, 3212, 3212 ve 3212) elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır (sırasıyla $P < 0.01$, $P < 0.01$, $P < 0.01$ ve $P < 0.05$).

En yüksek ham kül, NDF ve ADL değerleri (sırasıyla 3.12, 36.69 ve 3.85) İ uygulamasından elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almışlardır (sırasıyla $P < 0.05$, $P < 0.05$ ve $P < 0.01$). Farklı gübreleme uygulamaları ham selüloz değerleri üzerine istatistiki olarak etkili olmamıştır (Çizelge 6).

Farklı yetiştirme süresi uygulamalarında en yüksek (2.66) ham yağ değerleri 6 gün uygulamasından elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almıştır ($P < 0.01$). En yüksek ham selüloz ve ADF değerleri 10 gün uygulamalarından (sırasıyla 16.02 ve 20.65) elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ($P < 0.01$). En yüksek NDF değerleri 9 ve 10 gün uygulamalarından (sırasıyla 35.05 ve 35.42) elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ($P < 0.05$).

En yüksek metabolik enerji değerleri 6 ve 7 gün uygulamalarından (sırasıyla 3215 ve 3214) elde edilmiş ve aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ($P < 0.01$). Farklı yetiştirme süresi uygulamaları ham protein, kül ve ADL değerleri üzerine istatistiki olarak etkili olmamıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı gübreleme ve yetiştirme süresi uygulamalarının besin madde içerikleri, hücre duvarı bileşenleri ve metabolik enerji değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	HP (%)	HK (%)	HY (%)	HS (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	ME (Kcal Kg ⁻¹)	
Gübreleme	K	16.85 b	2.91 b	2.16 b	15.95	34.25 b	19.30 b	3.15 c	3211 b
	O	17.37 a	3.07 ab	2.48 a	16.02	35.42 ab	20.65 a	3.26 c	3212 a
	İ	17.51 a	3.12 a	2.52 a	16.18	36.69 a	21.10 a	3.85 a	3212 a
	O+İ	17.43 a	3.10 ab	2.50 a	16.10	35.84 ab	20.91 a	3.53 b	3212 a
HSD	0.29**	0.14*	0.14**	Ns	1.4*	0.64**	0.18**	0.64*	
Yetiştirme Süresi (gün)	6	16.93	3.23	2.66 a	15.34 d	33.65 b	19.25 c	3.08	3215 a
	7	17.07	3.19	2.60 ab	15.50 cd	34.10 ab	19.55 bc	3.11	3214 a
	8	17.14	3.15	2.54 ab	15.70 bc	34.75 ab	19.85 bc	3.16	3213 b
	9	17.25	3.11	2.47 b	15.85 ab	35.05 a	20.25 ab	3.21	3213 b
	10	17.37	3.07	2.48 b	16.02 a	35.42 a	20.65 a	3.26	3212 c
HSD	Ns	Ns	0.1**	0.19**	0.98*	0.56**	Ns	0.63**	

* ; $P < 0.05$, ** ; $P < 0.01$, HSD; Güvenilir önemli fark, Ns; Önemli değil

Akbağ ve ark. (2014) hasat zamanının hidroponik arpa çimi besin maddeleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada hasat zamanının ham protein üzerine etkisi önemli olmazken ham kül ve ADF değerlerindeki artışın istatistiki olarak önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Fazaeli et al. (2012) farklı yetiştirme sürelerinin hidroponik arpa çimi besin maddeleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada yetiştirme süresi artışıyla beraber yeşil yem, ham protein, NDF ve ADF miktarlarında artış olurken metabolik enerji değerlerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Özkan (2012) hidroponik yeşil arpa üzerine yaptığı araştırmada 4, 5, 6 ve 7. gün ölçümler yapmış çimlenme süresi arttıkça yeşil yem verimi, NDF, ADF ve ADL miktarları artmıştır.

Benzer konuda daha önce yapılmış olan araştırmalardan elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen bulgular arasındaki benzerlik ve farklılıkların; çeşit, gübreleme, yetiştirme süresi, sıcaklık, ışıklandırma süresi rengi ve şiddeti, ön ıslatma varlığı ve süresi, sulama süresi ve metodu, karbondioksit ve nem oranı ile tohum yoğunluğu gibi unsurlardan kaynaklandığı varsayılmaktadır (Sneath and McIntosh, 2003; Dung et al., 2010; Fazaeli et al., 2012; Karaşahin, 2014).

SONUÇ

Farklı gübreleme uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, ham protein kazancı, ham protein, ham yağ, ADF, metabolik enerji, N, Ca, Mg ve Fe içerikleri ile en düşük kuru madde kayıpları O, İ ve O+İ uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek ham kül, NDF, ADL, P ve Mn içerikleri İ uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek Cu, Zn ve Na değerleri ise İ ve O+İ uygulamalarından elde edilmiştir. Farklı yetiştirme süresi uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, kuru madde kayıpları, NDF ve Na içerikleri 9 ve 10 gün uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek kuru madde oranı, ham protein kazancı, ham kül, ham yağ, Mn ve Zn içerikleri ise 6 gün uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek bitki boyu, kök uzunluğu, ham selüloz, ADF, Mg ve Fe içerikleri 10 gün uygulamalarından elde edilirken en yüksek metabolik enerji değerleri 6 ve 7 gün uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek Cu değerleri ise 9 gün uygulamasından elde edilmiştir. Yetiştirme süresi uzadıkça yeşil yem verimi ile birlikte kuru madde

kayıpları artmakta ve ham protein kazançlarında azalma olmaktadır. Yüksek yeşil yem verimi ve ham protein kazançları ile düşük kuru madde kayıplarına sahip hidroponik yeşil arpa yemi üretimi için her üç (O, İ, O+İ) gübreleme uygulamaları tavsiye edilebilir niteliktedir. İnorganik gübrelerin insan ve çevre sağlığı üzerine olumsuz etkileri dikkate alındığında organik gübre uygulaması ön plana çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aboutalebi A, Jahromi MG, Farahi MH, 2013. Evaluation of growth and yield of organically-grown basil (*Ocimum basilicum* L.) in soilless culture. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11 (1): 299-301.
- Ahmad Yunus, S., Pujiasmanto, B., Rahayu, M, 2014. Effect of Organic Manure and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Yield of Young Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7 (5): 1-5.
- Akbağ HI, Türkmen OS, Baytekin H, Yurtman İY, 2014. "Effects of Harvesting Time on Nutritional Value of Hydroponic Barley Production", *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue*: 2,1761-1765.
- Al-Karaki G, Al-Hashimi M, 2012. "Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops Under Hydroponic Conditions", *ISRN Agronomy*, 10, 1-5.
- AACC 2002. Approved methods of the AACC, Methods 46-12, 30-25, 32-10 and 08-01. St. Paul, Minn: American Association of Cereal Chemists.
- Arıkan Ş, İpek M, Pırlak L, 2011. Effects of Organic Products on Yield and Fruit Quality of "Fern" Strawberry Cultivar. *Australian Journal of Industry Research* 16-18.
- Charoenpakdee S. 2014. Using Animal Manure to Grow Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a Homemade Hydroponics System. *KKU Res. J.*, 19(Supplement Issue): 256-261.
- Dung DD, Godwin IR, Nolan JV, 2010. "Nutrient Content and in Sacco Digestibility of Barley Grain and Sprouted Barley", *J. Animal and Veterinary Adv.*, 9, 2485-2492.
- Eleroğlu H, Yıldırım A, 2014. Yeni Bir Teknoloji ile Kurutulan Tavuk Dışkımasının Mikrobiyolojik ve Kimyasal Yapısının Belirlenmesi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 11 (1): 28-34.
- Fazaeli H, Golmohammadi HA, Tabatabayee SN, Asgari-Tabrizi M, 2012. Productivity and Nutritive Value of Barley Green Fodder Yield in Hydroponic System. *World Applied Sci. J.* 16(4): 531-539.
- Hoagland DR, Arnon DI, 1950. The Water-Culture Method For Growing Plants Without Soil. Circular 347. Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley.
- JMP 2007. Statistic and Graphics Guide. Release 7, SAS Institute Inc., Cary, USA.
- Karaşahin M, 2014. Kaba Yem Kaynağı Olarak Hidroponik Arpa Çimi Üretiminde Kuru Madde ve Ham Protein Verimleri Üzerine Farklı Uygulamaların Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 27-33.

- Kır A, Mordoğan N, 2010. Organik Tarım Sisteminde Uygulanan Değişik Organik Gübrelerin Yalova Yağlık 28 Biberinin (*Capsicum annuum* L.) Verim ve Bazı Kalite Kriterleri İle Topraktaki Azot Birikimine Etkileri. In: Alay VA, (Ed.) Organik Tarım Araştırma Sonuçları 2005-2010. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara Türkiye 189-195ss.
- Latique, S, Chernane H, Mansori M, El Kaoua M, 2013. Seaweed Liquid Fertilizer Effect on Physiological and Biochemical Parameters of Bean Plant (*Phaesolus vulgaris* variety Paulista) under hydroponic system. European Scientific Journal. 9 (30): 174-191.
- Özkan P, 2012. Taze Yeşil Yem Üretiminde Arpanın Çimlenme Performansının Artırılması Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmamış. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 27 sayfa, Çanakkale.
- Öztekın GB, 2002. Kapalı sistem topraksız fasulye yetiştiriciliğinde farklı besin eriyiklerinin verim üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 126s.
- Parry MAJ, Reynolds M, Salvucci ME, Raines C, Andralojc PJ, Zhu XG, Price GD, Condon AG, Furbank RT, 2011. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. Journal of Experimental Botany, 62 (2): 453-467.
- Salas-Perez L, Preciado-Rangel P, Esparza-Rivera JR, Alvarez-Reyna VP, Palomo-Gil A, Rodriguez-Dimas N, Marquez-Hernandez C, 2010. Yield and quality of hydroponic forage produced under organic fertilization. Terra Latinoamericana, 28 (4): 355-360.
- Sevgican A, 1989. Örtü Altı Sebzeçiliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayın No: 19, 62-65s, Yalova.
- Sezen Y, 1991. Gübreler ve Gübreleme. Atatürk Üniversitesi yayınları No:679. Ziraat Fakültesi Yay. No:3003, Ders Kitapları Seri No: 55, Erzurum
- Shahbazi F, Seyyed Nejad M, Salimi A, Gilani A, 2015. Effect of Seaweed Extracts on The Growth and Biochemical Constituents of Wheat. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 8 (3): 283-287.
- Sneath R, McIntosh F, 2003. Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. <http://www.qcl.farmonline.com.au/files/48/20/01/000012048/Hydroponicfodder.pdf>, (Erişim tarihi: 15 Haziran, 2013).
- Trejo-Tellez LI, Gomez-Merino FC, 2012. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems, Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches, Dr. Toshiki Asao (Ed.), InTech, <http://www.intechopen.com/books/hydroponics-a-standard-methodology-for-plant-biological-researches/nutrient-solutions-for-hydroponic-systems>. (Accessed: 15.04.2016).
- TSE 2008. Hayvan yemleri-Metabolik (çevrilebilir) enerji tayini kimyasal metot. Standart No. 9610, Kabul tarihi 3.12.1991, Konfirme tarihi 20.5.2008, Ankara, Türkiye.
- Van Soest P, Robertson JB, 1985. A laboratory manual for animal science. Cornell University, Ithaca, New York, USA.

Hastalık Taşıyıcısı *Culex pipiens* (Diptera:Culicidae)' in Biyolojik Mücadelesinde Yerel *Bacillus thuringiensis* İzolatlarının Kullanılabilir Potansiyelinin Araştırılması

Uğur AZİZOĞLU¹

ÖZET: *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) Batı Nil Virüs'ünün başlıca vektörüdür. Kimyasal pestisit kullanımının ve *C. pipiens* kaynaklı hastalıkların azaltılması için entomopatojen bakteri *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) ürünleri yıllardır etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 14 farklı yerel *Bt* izolatının *C. pipiens* larvaları üzerindeki biyolojik mücadele potansiyeli araştırılmıştır. Dipteran spesifik *cry* gen taşıyan 14 farklı *Bt* izolatının spor-kristal protein karışımı (500 µg ml⁻¹) *C. pipiens*'in son dönem larvalarına uygulanmıştır. Uygulanan izolatlar arasında *Bt* SY50.4'ün spor-kristal protein karışımı % 80 larval ölümüne sebep olmuştur. *Bt* SY56.3 izolatı, *Bt* SY50.4 kadar etkili olmasa da kontrolden daha fazla ölüm oranına sebep olmuştur. Diğer izolatlar *C. pipiens* larvaları üzerinde önemli bir etki göstermemiştir. *Bt* SY50.4 izolatının *C. pipiens* üzerindeki etkinliği göz önüne alındığında biyolojik mücadele açısından gelecek vaat ettiği belirlenmiştir. Uygulama sonrası yaşayan larvaların pupalaşma ve erginleşme süreçleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aralarında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Bacillus thuringiensis*, biyolojik mücadele, *Culex pipiens*, hayat döngüsü

Investigation of Potential Usability of Native *Bacillus thuringiensis* Isolates in Biological Control of Disease Vector, *Culex pipiens* (Diptera:Culicidae)

ABSTRACT: *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) is primary vector of West Nile virus. Products of entomopathogen bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) has effectively been used for decades for decreasing the chemical input into the environment and *C. pipiens* mediated diseases. In the current study, biocontrol potential of 14 different native *Bt* isolates was investigated on *C. pipiens* larvae. Last instar larvae of *C. pipiens* were subjected to spore-crystal protein mixture (500 µg ml⁻¹) of 14 different *Bt* isolates carrying dipteran active *cry* genes. Of all the tested isolates, the products of *Bt* SY50.4 caused 80% mortality on the larvae. Although *Bt* SY56.3 showed lower insecticidal effect than that of *Bt* SY50.4, the activity of this isolate was higher than control. The other tested isolates didn't show significant mortality on larvae of the *C. pipiens*. *Bt* SY50.4 was determined as promising an isolate based on the effectiveness on the *C. pipiens* larvae. Pupation and adult emergence periods of remaining larvae after treatment were not significantly different when compared with the control.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, biological control, *Culex pipiens*, life cycle

¹ Erciyes Üniversitesi, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kayseri, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Uğur Azizoglu, azizogluugur@hotmail.com

GİRİŞ

Sivrisinekler Sıtma, Sarıhumma, Dengue, Batı Nil’i, Filariasis gibi enfeksiyonlara sebep olan patojenlerin taşıyıcısıdır (Jensen and Mehlhorn, 2009; Mehlhorn, 2011; Caminade et al., 2012; Benelli et al., 2014). Ev sivrisineği, *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) bu hastalık taşıyıcı vektörler arasında en iyi bilinen türdür. *C. pipiens* ilk kez Batı Nil’de ortaya çıkmış olan Batı Nil Virüs’ünün başlıca taşıyıcısı olup, bu virüs Antartika hariç dünyanın hemen hemen her yerine yayılmıştır. (Zeller and Schuffenecker, 2004; Reisen, 2013; Kioulos et al., 2014). *C. pipiens* mücadelesinde özellikle organofosfat temelli kimyasallar ve böcek büyüme inhibitörleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat bu kimyasalların çevre ve insan sağlığı üzerindeki yan etkisi ve zararlıların uzun vade de bu kimyasallara karşı direnç geliştirmesi gibi kaygıları da beraberinde getirmektedir (Sun et al., 2011; Azizoğlu ve ark., 2012; Azizoğlu, 2014; Benelli et al., 2014; Lees et al., 2014). Bu kaygılardan dolayı doğal ortamla daha uyumlu, insan ve çevre sağlığı açısından daha güvenli mücadele tekniklerinin geliştirilmesi her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu bakımdan kimyasal mücadeleye alternatif birçok yöntem geliştirilmekte ve bunların optimizasyonuna yönelik ciddi gayretler sarf edilmektedir (Azizoğlu ve ark., 2012). Alternatif mücadele yöntemlerinden biri olan mikrobiyal temelli biyoinsektisitler tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan ve üzerinde en çok araştırma yapılan mikrobiyal temelli biyoinsektisit *Bacillus thuringiensis* (*Bt*)’dir (Danısmazoglu et al., 2012; Sevim et al., 2012; Eski et al., 2015). *Bt* gram pozitif, sporlanabilen ve birçok zararlı böcek takımı üzerinde patojenite gösteren bir toprak bakterisidir. *Bt*’in entomopatojenik aktivitesi, genomik DNA’sı ve plazmitleri üzerinde taşıdığı *cry*, *cyt* ve *vip* genlerinin sporlanma esnasında oluşturduğu *Cry*, *Cyt* ve *Vip* proteinlerinden kaynaklanmaktadır (Sanahuja et al., 2011).

İnsektisidal kristal proteinler (ICP) olarak da bilinen *Cry* proteinler birçok zararlı böcek takımı üzerinde etki göstermektedir. Bugüne kadar *Bt*’nin 700 *cry* geninin dizisi çıkarılmış ve aminoasit benzerliklerine göre 72

farklı *Cry* proteini (*Cry*1, *Cry*2,... *Cry*72) belirlenmiştir. (Shu et al., 2013). Her bir *Cry* protein grubu, % 40’dan daha az aminoasit benzerliğine sahiptir. Aynı protein grubu içinde yer alan ve büyük harflerle belirtilen gruplar (*Cry*1A, *Cry*1B vb.) en az % 70 aminoasit benzerliği göstermektedir. Küçük harfle belirtilen gruplar ise (*Cry*1Aa, *Cry*1Ac, *Cry*1Ab vb.) % 70’den fazla ancak % 95’den daha az amino asit benzerliği göstermektedir (Shu et al., 2013). *Cry*2, *Cry*2Aa, *Cry*2Ab, *Cry*4B, *Cry*4C, *Cry*4D, *Cry*10, *Cry*11, *Cry*16, *Cry*17, *Cry*19, *Cry*21, *Cry*24, *Cyt*1 ve *Cyt*2 grubu proteinler Diptera takımı üzerinde etki göstermektedir (Salehi Jouzani et al., 2008). Üzerinde en çok çalışılan *Cry* protein grupları ise *Cry*2, *Cry*4 ve *Cry*11’dir. Bu çalışmada ülkemizin Doğu Akdeniz bölgesinden 2008 yılında izole edilmiş, *cry* gen profilleri ve Lepidoptera takımı üzerindeki etkinlikleri daha önceki çalışmalarla belirlenmiş ve *cry*2A, *cry*4A ve *cry*11A/B geni taşıyan 14 farklı yerel *Bacillus thuringiensis* izolatu kullanılmıştır. Bu izolatların önemli bir hastalık vektörü olan *Culex pipiens*’in son dönem larvaları üzerindeki toksisitesi ve hayat döngüsü üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Stok İzolatların Aktifleştirilmesi

Lepidoptera takımı üzerindeki insektisidal aktivitesi önceki çalışmalarla (Yılmaz, 2010) belirlenmiş olan 14 farklı yerel *Bacillus thuringiensis* izolatının -80 °C’de saklanan stok kültürleri çoğaltma işlemi yapılmak üzere çözünmeye bırakılmıştır. Çözünme işlemi yapılırken ependorf tüplerde saklanan kültürler önce -20 °C’ye alınmış bir süre burada tutulduktan sonra 4 °C’de bekletilmiştir. Çözünme işlemi gerçekleştirildikten sonra stok kültürler oda sıcaklığına alınmıştır. Oda sıcaklığında bulunan stok kültürlerden yaklaşık 100 µl alınarak sıvı LB (10 g L⁻¹ triptone, 5 g L⁻¹ yeast extract, 5 g L⁻¹ NaCl) besi yerine ekilmiştir. Ekim işlemi yapılan besi yeri 30 °C’de 200 rpm’de çalkalamalı inkübatörde bir gece inkübasyona bırakılmıştır. Sıvı besi yerinde bir gece çoğalan bakteri kültürlerinden 10 µl alınarak LB agar (10 g L⁻¹ triptone, 5 g L⁻¹ yeast extract, 5 g L⁻¹ NaCl, 20 g L⁻¹ agar) besi yerine ekilmiş ve bir gece 30 °C’de inkübasyona bırakılmıştır.

Spor-kristal Proteinlerin Hazırlanması

Aktifleştirilen 14 izolat 100 ml'lik sıvı sporlandırma besi yeri olan T3 (3 g L⁻¹ triptone, 2 g L⁻¹ triptose, 1.5 g L⁻¹ yeast extract, 0.005 g L⁻¹ MnCl₂, 6 g L⁻¹ NaH₂PO₄, 7.1 g L⁻¹ Na₂HPO₄) besi yerine ekilmiştir. Sürekli çalkalamalı inkübatörde 200 rpm'de 30° C de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda örnekler 15000 rpm'de 20 dk. santrifüj edildikten sonra elde edilen pellet (spor-kristal protein) 20 ml steril distile suda iki kez yıkanmış ve 15000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir (Travers et al., 1987). Santrifüj edilerek çöktürülen spor-kristal protein karışımı -80°C' de dondurulduktan sonra özel tüplere yerleştirilerek vakum kapakları takılmış ve liyofilizatör cihazına (Labconco-Welch) yerleştirilmiştir. Pelletler -45 °C' de 3 saat boyunca vakumlanarak kurutulmuş ve toz fomülasyon haline getirilmiştir.

Culex pipiens Kültürü

C. pipiens larvaları Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden Prof. Dr. Fatih Mehmet ŞİMŞEK'ten temin edilerek Erciyes Üniversitesi Biyolojik Mücadele Laboratuvarında 27±1 °C, % 65±5 nispi nem ve 14:10 saatlik (gündüz: gece) fotoperiyotta kültüre alınmıştır (Azizoğlu U, 2014). Larva yetiştirme havuzuna alınan larvalar pul balık yemi ile beslenerek pupa evresine geçtikten sonra pupa havuzuna alınmış, 2-3 gün sonra ergin hale geçen *C. pipiens* ergin yetiştirme kafeslerine alınarak % 10'luk şekerli su ile beslenmiştir. Böylelikle kültürün devamlılığı sağlanmıştır.

Biyolojik Aktivite Denemesi

C. pipiens larvalarına 500 µg ml⁻¹ konsantrasyonda liyofilize edilmiş spor-kristal proteinler uygulanmıştır. Denemeler üç tekerrür halinde ve her bir tekerrürde 10 larva olacak şekilde yapılmıştır. 300 ml steril cam kavanozlar içerisine 25 ml steril musluk suyu olacak şekilde

yukarıda belirtilen dozda spor-kristal proteini karıştırılmıştır. Kontrol grubuna ise sadece steril musluk suyu konulmuştur. Uygulama yapılan larvalar günlük olarak pul balık yemi ile beslenmiş, 10 gün boyunca larva ölümleri kayıt kaydedilmiş ve ölen larvalar cam kavanozdan uzaklaştırılmıştır. Yaşayan larvaların pupalaşma ve erginleşme süreleri takip edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Denemelerden elde edilen veriler SPSS for Windows version 17.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) istatistik programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA)'ne tabi tutulmuştur.

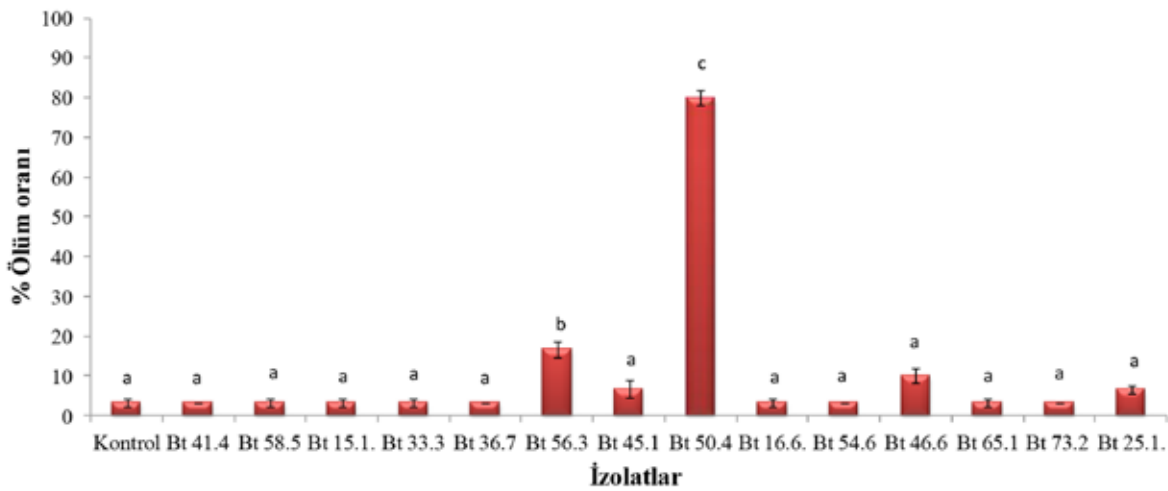
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bacillus thuringiensis'in farklı suşları Diptera, Lepidoptera ve Coleoptera takımına ait zararlılara karşı sınırlı veya kapsamlı toksik etki göstermektedir (Sezen et al., 2007; Özkan Cakıcı et al., 2014). Bazı *Bt* suşlarının Nematod (Bone, 1989), Protozoa (Prieto-Samsonov, 1997) türleri ve Hymenoptera (Lacey and Goettel, 1995) takımındaki böceklere karşı da etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bazı suşları akar ve yassı solucan vb. canlılara karşı da etkili olmaktadır. Bu çalışmada entomopatojenik etkinliği test edilen yerel *Bt* izolatları, taşıdıkları genler ve bu genlerin oluşturdukları kristal (Cry) proteinler çizelge 1.'de gösterilmiştir. Bütün izolatların Diptera takımı üzerinde etkili *cry2A* genini taşıdığı belirlenmiştir. İzolatlar içerisinde *Bt* 16.6 *cry11A/B* genini, *Bt* 50.4 izolatı ise *cry4A* genini taşımaktadır. *cry4A* geni taşıyan *Bt* 50.4 izolatı % 80 oranında larval ölüme sebep olmuştur. *Bt* 56.3 izolatının ise % 20 ölüm oranında öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir (F= 4.917; df=14; P≤0.0001) (Şekil 1.). Diğer izolatların % ölüm oranları değerlendirildiğinde kontrolle aralarında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

Çizelge 1. *Bacillus thuringiensis* izolatlarının taşıdığı *cry* genleri ve bu genlerin ürettiği Cry proteinleri (Yılmaz, 2010)

İzolatlar	Lepidoptera aktif <i>cry</i> genleri	Kristal protein şekli	Diptera aktif <i>cry</i> genleri	Kristal protein şekli
Bt 15.1	<i>cry1Ab/Ac</i> ,	Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 16.6	<i>cry1C</i> , <i>cry1Aa/Ad</i> , <i>cry5</i> ,	Bp, Bp, Rm	<i>cry11A/B</i>	Cb
Bt 25.1	<i>cry1Aa/Ad</i> , <i>cry1Ab/Ac</i> , <i>cry1C</i>	Bp, Bp, Bp, Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 33.3	<i>cry1Ab/Ac</i> , <i>cry1Aa/Ad</i>	Bp, Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 36.7	<i>cry1Aa/Ad</i> , <i>cry9C</i>	Bp, IS	<i>cry2A</i> ,	Cb
Bt 41.4	<i>cry1Ab/Ac</i> , <i>cry1B</i>	Bp, Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 45.1	<i>cry9C</i> ,	IS	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 46.6	<i>cry1Ab/Ac</i> , <i>cry1Aa/Ad</i> , , <i>cry5</i>	Bp, Bp, Sp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 50.4	<i>cry1Ab/Ac</i>	Bp	<i>cry4A</i>	Cb
Bt 54.6	<i>cry1Aa/Ad</i>	Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 56.3	<i>cry1Aa/Ad</i> , <i>cry1C</i> , <i>cry3</i> , <i>cry7</i> , <i>cry8</i>	Bp, Bp, Sp, Sp, Sp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 58.5	<i>cry1Ab/Ac</i> , <i>cry1Aa/Ad</i>	Bp, Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 65.1	<i>cry1C</i> , <i>cry1Ab/Ac</i>	Bp, Bp	<i>cry2A</i>	Cb
Bt 73.2	<i>cry1Ac</i> , <i>cry1Aa/Ad</i> , <i>cry1B</i> , <i>cry5</i>	Bp, Bp, Bp, Rm	<i>cry2A</i>	Cb

Bp, Bipyramidal; Cb, cuboidal; IS, Irregular Shape; Rm, Rhomboidal; Sp, Spherical



Şekil 1. *Bacillus thuringiensis* izolatlarının spor-kristal proteinlerin (500 µg ml⁻¹) *C. pipiens* larvaları üzerindeki % ölüm oranları

Gobatto et al. (2010) yaptığı çalışma sonucu topraktan ve böceklerden izole ettiği 35 yerel *Bt* izolatının *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) üzerinde farklı seviyelerde patojenite gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar 100 ml klorsuz su içerisinde 200 µl 3×10⁸ ml⁻¹ *Bt* sporunu üçüncü dönem *C. quinquefasciatus* larvalarına uygulamışlardır. Toprakten izole ettikleri izolatlardan sadece bir tanesinin yüksek, (%100) diğer izolatla-

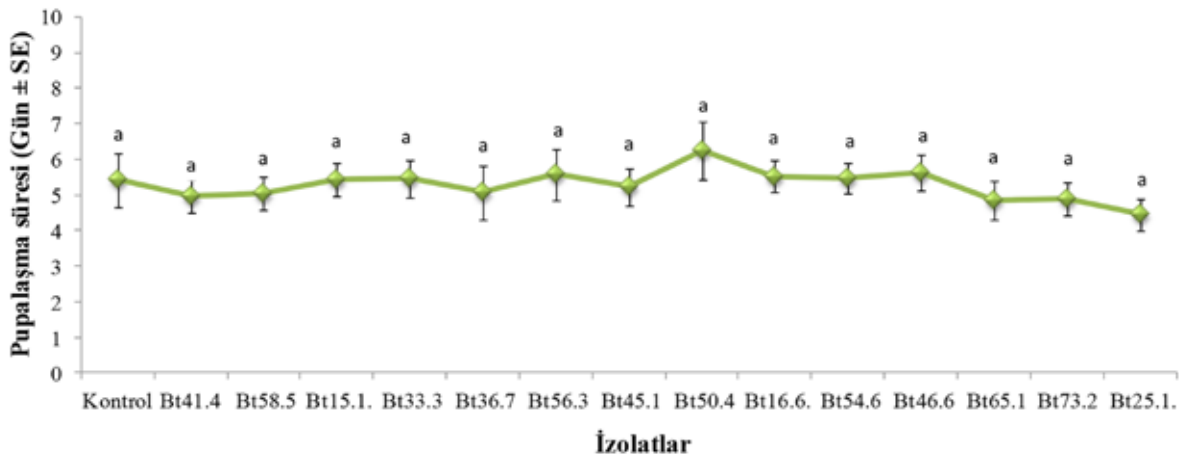
rın ise düşük seviyede (%30-2) patojenite gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer bir şekilde izolatlardan bir tanesi (*Bt* 50.4) *C. pipiens* larvaları üzerinde yüksek öldürücü etki göstermişken diğer izolatlar ise düşük öldürücü etki göstermiştir.

Foda et al. (2010) tarafından yapılan çalışmada da benzer bir sonuç ortaya çıkmış ve 68 *Bt* izolatından sadece bir izolatın *C. pipiens* larvalarına karşı

etkili olduğunu belirlenmiştir. Cry proteinlerin etki mekanizmasına yönelik çalışmalar daha çok Lepidopter takımına ait zararlılar üzerinde yoğunlaşmıştır (Bravo et al., 2007; Azizoglu et al., 2016). Ancak Diptera takımına ait zararlılar üzerinde etki gösteren yeni *Bt* izolatlarının keşfi ve etkinliği ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır.

Dipterler üzerinde etki gösteren *Bt* izolatlarına diğer böcek takımları üzerinde etki gösteren izolatlarla göre daha az sıklıkta rastlanıldığından bu izolatlar değerli olarak kabul edilmektedir (Bravo

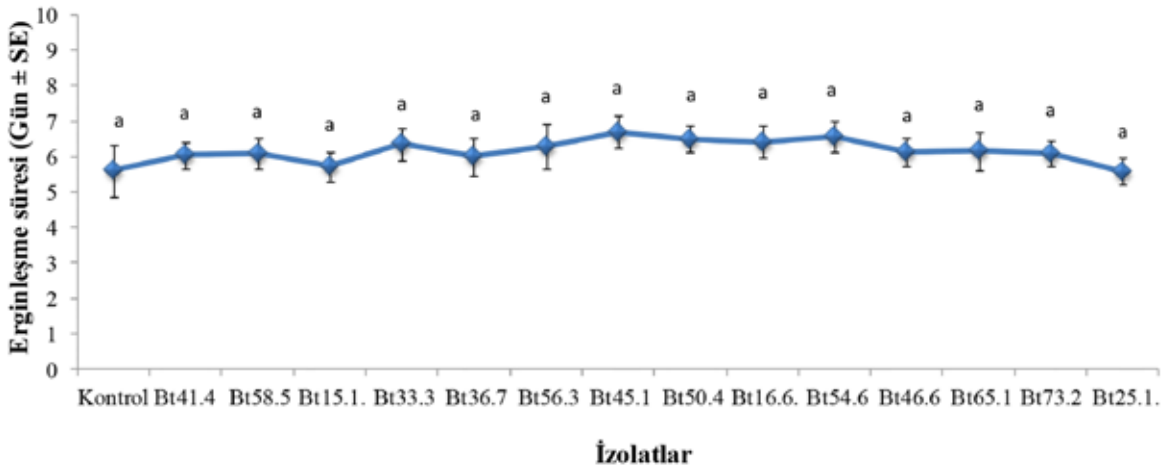
et al., 1998). Spor-kristal protein karışımları uygulandıktan sonra yaşayan larvaların pupalaşma süreleri incelendiğinde *Bt* 50.4 izolatının pupalaşma süresinin kontrole ve diğer izolatlarla göre daha uzun sürdüğü belirlenmiştir. *Bt* 50.4 izolatı uygulanan son dönem larvaların ortalama 6.2 günde pupaya geçtiği kontrol grubunun ise ortalama 5.4 günde pupaya geçtiği hesaplanmıştır (Şekil 2.). İzolatlar ve kontrol grubu istatistiksel olarak karşılaştırıldığında ise anlamlı bir fark belirlenmemiştir. ($F= 0.224$; $df=14$; $P=0.998$).



Şekil 2. *Bacillus thuringiensis* izolatlarının spor-kristal proteinlerinin ($500 \mu\text{g ml}^{-1}$) *C. pipiens*'in pupalaşma süresi üzerindeki etkisi

Benzer bir sonuç Aïssaoui et al. (2014) tarafından yapılan çalışma sonucunda da belirlenmiş ve *Bt* formülasyonu Vectobac G'nin *C. pipiens*son dönem larvalarının pupalaşma süresini etkilediğini ancak bu etkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını görmüştür. Aynı araştırmacılar pupadan ergine

geçme (erginleşme) süresi üzerinde de anlamlı bir etkinin olmadığını ancak ergine geçen bireylerin ömür uzunluğunda önemli oranda azalma olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada da erginleşme süresi üzerinde önemli bir etki görülmemiştir ($F= 0.493$; $df=14$; $P=0.919$) (Şekil 3.)



Şekil 3. *Bacillus thuringiensis* izolatlarının spor-kristal proteinlerinin ($500 \mu\text{g ml}^{-1}$) *C. pipiens*'in erginleşme süresi üzerindeki etkisi

SONUÇ

Hastalık taşıyıcısı ve tarım zararlısı böceklerle mücadelede yeni mikrobiyal mücadele etmenlerinin keşfi ve var olan entomopatojen biyo-insektisitlerin kullanımlarının yaygınlaştırılması büyük önem arz etmektedir. *Bt* ürünleri biyolojik mücadelede amacıyla yaygın olarak kullanılmasına rağmen gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında ülkemizdeki kullanımı sınırlıdır. Ancak son zamanlarda ülkemizde de birçok araştırmacı *Bt* ürünlerine yönelik kapsamlı çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmadan elde edilen ön veriler ışığında hastalık taşıyıcısı *C. pipiens* kontrolünde umut vaat eden bir izolatın (*Bt* 50.4) belirlenmiş olması oldukça önemlidir. Ancak bu izolatla ilgili moleküler ve biyokimyasal çalışmaların yapılması, patojenitesinin artırılması, diğer Diptera takımı zararlıları üzerindeki etkinliğinin araştırılması, toksin (Cry protein) konsantrasyonlarının optimizasyonu gibi daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Sonuç olarak, ülkemize ait yerel ve etkili izolatların keşfi, etkinliklerinin belirlenmesi ve bu izolatlardan çevre dostu biyo-insektisitlerin geliştirilmesi ülkemiz açısından önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan izolatların temini için Doç Dr. Semih YILMAZ'a ve Prof Dr. Abdurrahman AYVAZ'a teşekkür ederim. *Culex pipiens* kültürünün yetiştirilmesindeki yardımlarından dolayı Zehra ATCIYURT'a ve Enfal ÇÖMLEKÇİ'ye teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Azizoglu U, Ayvaz A, Yılmaz S, Temizgul, R, 2016. The synergic and antagonistic activity of Cry1Ab and Cry2Aa proteins against lepidopteran pests. *Journal of Applied Entomology*, 140: 223–227.
- Azizoglu U, Bulut S, Yılmaz S, 2012. Organik tarımda biyolojik mücadele; Entomopatojen biyo-insektisitler. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28: 375–381.
- Azizoglu U, 2014. *Bacillus thuringiensis* SY49-1 suşuna ait *cry1* ve *cry2* genlerinin klonlanması, ifadesi ve böcek öldürücü etkilerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji, Doktora Tezi, 157s.
- Benelli G, Bedini S, Flamini G, Cosci F, Cioni PL, Amira S, Benchikh F, Laouer H, Giuseppe GD, Conti B, 2014. Mediterranean essential oils as effective weapons against the West Nile vector *Culex pipiens* and the Echinostoma intermediate host *Physella acuta*: what happens around? An acute toxicity survey on non-target mayflies. *Parasitology Research*, 114: 1011–1021.
- Bone LW, 1989. Activity of Commercial *Bacillus thuringiensis* preparations against *Trichostrogylus colubriformis* and *Nippostrongylus brasiliensis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 53: 276–277.

- Bravo A, Sarabia S, Lopez L, Ontiveros H, Abarca C, Ortiz A, Ortiz M, Lina L, Villalobos JF, Peña G, Nuñez-Valdez ME, Soberón M, Quintero R, 1998. Characterization of *cry* genes in a Mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology*, 64: 49651–4972.
- Bravo,A, Gill, SS, Soberon M, 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon*, 49: 423–435.
- Caminade C, Medlock JM, Ducheyne E,McIntyre KM, Leach S, Baylis M, Morse A, 2012. Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of The Royal Society Interface*, 9: 2708–2717.
- Danısmazoglu M, Demir İ, Sevim A, Demirbağ Z, Nalçacıoğlu R, 2012. An Investigation on the bacterial flora of *Agriotes lineatus* (Coleoptera: Elateridae) and pathogenicity of the flora members. *Crop Protection*, 40: 1–7.
- Eski A, Özkan Çakici F, Güllü M, Muratoğlu H, Demirbağ Z, Demir İ, 2015. Identification and pathogenicity of bacteria from Mediterranean Corn Borer, *Sesamia nonagrioides* Lefèbvre, (Lepidoptera: Noctuidae). *Turkish Journal of Biology*, 39: 31–48.
- Foda MS, El-Beih Fawkia M, Moharam Maysa E, El-Gamal Nora NA, 2010. Physiological formation of mosquitocidal toxin by a novel *Bacillus thuringiensis* isolate under solid state fermentation. *Life Science Journal*, 7: 144–152.
- Gobatto V, Giani SG, Camassola M, Dillon AJP, Specht A, Barros NM, 2010. *Bacillus thuringiensis* isolates entomopathogenic for *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) and *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Brazilian Journal of Biology*, 70: 1039–1046.
- Jensen M, Mehlhorn H, 2009. Seventy-five years of Resochin® in the fight against malaria. *Parasitology Research*, 105: 609–627.
- Kioulos I, Kampouraki A, Morou E, Skavdisc G, Vontas J, 2014. Insecticide resistance status in the major West Nile virus vector *Culex pipiens* from Greece. *Pest Management Science*, 70: 623–627.
- Lacey LA, Goettel MS, 1995. Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 1st century. *Entomophaga*, 40: 3–27.
- Lees RS, Knols B, Bellini R, Benedict MQ, Bheecarry A, Bossin HC et al., 2014. Review: Improving our knowledge of male mosquito biology in relation to genetic control programmes. *Acta Tropica*, 132: 2–11.
- Mehlhorn H, 2011. Parasites and their World records in their fight for survival. In: Mehlhorn H (ed) *Progress in parasitology, Parasitology Research Monographs*, 2: 41–68.
- Özkan Çakici F, Sevim A, Demirbağ Z, Demir İ, 2014. Investigating internal bacteria of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and some *Bacillus* strains as biocontrol agents. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 99–110.
- Prieto-Samsonov DL, 1997. *Bacillus thuringiensis* from biodiversity to biotechnology, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 19: 202–219.
- Reisen WK, 2013. Ecology of West Nile virus in North America. *Viruses*, 5: 2079–2105.

- Salehi Jouzani GR, Pourjan Abad A, Seifinejad A, Marzban R, Kariman K, Maleki B, 2008. Distribution and diversity of dipteran-specific *cry* and *cyt* genes in native *Bacillus thuringiensis* strains obtained from different ecosystems of Iran. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35: 83–94.
- Sevim A, Eryüzlü E, Demirbağ Z, Demir İ, 2012. A novel *cry2Ab* gene from the indigenous isolate *Bacillus thuringiensis* subsp *kurstaki*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22: 133–140.
- Sezen K, Demir İ, Demirbağ Z, 2007. Identification and pathogenicity of entomopathogenic bacteria from Common Cockchafer, *Melolontha melolontha* (Coleoptera : Scarabaeidae). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35: 79–85.
- Sanahuja G, Raviraj B, Twyman RM, Capell T, Christou P, 2011. *Bacillus thuringiensis*: A century of research, development and commercial applications. *Plant Biotechnology Journal*, 9: 283–300.
- Shu C, Zhang J, Chen G, Liang G, He K, Crickmore N, Huang D, Zhang J, Song F, 2013. Use of a pooled clone method to isolate a novel *Bacillus thuringiensis* Cry2A toxin with activity against *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 114: 31–33.
- Sun H, Sun L, He J, Shen B, Yu J, Chen C, Yang M, Sun Y, Zhang D, Ma L, Zhu C, 2011. Cloning and characterization of ribosomal protein S29, a deltamethrin resistance associated gene from *Culex pipiens pallens*. *Parasitology Research* 109: 1689–1697.
- Travers RS, Martin PAW, Reichelderfer CF, 1987. Selective process for efficient isolation of soil *Bacillus* spp. *Applied and Environmental Microbiology*, 53: 1263–1266.
- Visitsattapongse S, Sakdee S, Leetacheewa S, Angsuthanasombat C, 2014. Single-reversal charge in the B10-B11 receptor-binding loop of *Bacillus thuringiensis* Cry4Aa and Cry4Ba toxins reflects their different toxicity against *Culex* spp. Larvae. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 450: 948–952.
- Yılmaz S, 2010. Çeşitli Habitatlardan İzole Edilen *Bacillus thuringiensis* suşlarının moleküler karakterizasyonu ve bazı zararlı böceklerle karşı mücadelede kullanımı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 159 s.
- Zeller HG, Schuffenecker I, 2004. West Nile Virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean Basin in contrast to its spread in the Americas. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 23: 147–156.

Kırmızı Deniz Yosunlarının Fotosentetik Performansı Üzerine Tuzluluğun Etkileri

Gamze YILDIZ¹, Şeyma TİRYAKİ¹

ÖZET: İntertidal bölgede yaşayan deniz yosunları yüksek ışık, kuruma, radyasyon, yüksek sıcaklık ve tuzluluk gibi çevresel streslere büyük oranda maruz kalmaktadır. Tuzluluk en önemli abiyotik streslerden biridir ve birçok açıdan deniz yosunlarının fizyolojisini etkilemektedir. Bu nedenle, bu çalışma tuzluluğun bazı kırmızı deniz yosunlarında fotosentetik performans üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Örnekler Marmara Denizi'nin güney kıyılarından toplanmış ve farklı tuz derişimlerinde (23, 33 ve 43 ppt) kültüre alınmıştır. Örneklerin fotosentetik performansı fotosistem II'nin değişen klorofil floresansının ölçülmesiyle belirlenmiştir. Elde edilen veriler çalışılan türlerde tuzluluğun fotosentetik performansı önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. 43 ppt'de *Porphyra umbilicalis* haricinde çalışılan bütün türlerin maksimum elektron transfer oranı azalmıştır. Tuzluluğa karşı en yüksek fotosentetik tolerans *P. umbilicalis* türünde bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Klorofil floresansı, fotosentez, Rhodophyta, tuzluluk

The Effects of Salinity on the Photosynthetic Performance of Red Seaweeds

ABSTRACT: Macroalgae living in the intertidal zone are exposed to a wide range of environmental stress, such as high light, desiccation, radiation, high temperature and salinity. Salinity stress is one of the most significant abiotic stresses and affects to vary aspect of macroalgae physiology. Therefore, this study performed to investigate the effect of salinity on photosynthetic performance of some red seaweeds. The samples were collected from southern region of the Marmara Sea and cultivated in different salinity concentration (23, 33 and 43 ppt). Photosynthetic performance of samples were determined by measuring variable chlorophyll fluorescence of photosystem II. The results indicated that, salinity significantly influenced photosynthetic performance of studied species. Maximum electron transfer rate in the all studied species except for *Porphyra umbilicalis* were reduced at 43 ppt salinity. The highest salinity tolerance was found at *P. umbilicalis*.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, photosynthesis, Rhodophyta, salinity

¹ Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bursa, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gamze YILDIZ, gamze@uludag.edu.tr

GİRİŞ

Intertidal bölgede yaşayan deniz yosunları dalga hareketleri nedeniyle hızla değişen fiziksel koşullara maruz kalmaktadır. Özellikle yüksek ışık, sıcaklık, kuruma, ultraviyole radyasyonu ve tuzluluk değişimleri intertidal deniz yosunlarının en sık maruz kaldığı ve bireylerde strese neden olan çevresel değişkenlerdir. Bunlar arasında tuzluluk değişimleri kıyısız alanlarda deniz yosunlarının dağılımını ve fizyolojisini etkileyen en önemli değişkenlerden biridir.

Açık okyanus sularında tuz derişimi az çok sabit iken (~33-35 ppt), kıyısız sularda yıl boyunca rüzgar, buharlaşma, yağış, tatlısu girdileri gibi nedenlerle dalgalanma göstermektedir (Karsten, 2012). Tuz derişimindeki bu dalgalanmalar hücre içerisinde osmolariteyi değiştirerek organizma üzerinde stres oluşturmaktadır. Tuzluluktaki derişim hücre hacmini ve turgor basıncını da etkileyerek osmotik gradient boyunca su akışına neden olmaktadır. Deniz yosunları hücre hacimlerini ve turgor basıncını dengede tutabilmek için hücrelerinin iyonik kompozisyonunda bir takım derişimler yaparak, tuzluluktaki dalgalanmalarla başa çıkabilir (Kirst, 1989). Hücrelerdeki su akışı ve iyonik kompozisyondaki derişimler önemli miktarda olduğunda geri dönüşü olmayan hasarlar oluşturabilir. Bunlar arasında hücre çeperinin tahrip olması ve membran geçirgenliğinin derişmesi geri dönüşü olmayan hasardır. Daha az stresli durumlarda ise enzim kinetiğindeki derişimler, iyon transportu (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ ve Cl^-) ve organik osmolitlerin sentezindeki artış ile osmoregulasyon sağlanmaktadır (Kirst, 1990). Organik osmolitler sükröz, proline, sorbitol, mannitol gibi bileşiklerdir (Eggert et al., 2007a, b). Ancak, membrandan iyon transportu ve organik osmolitlerin sentezi enerji gerektirmektedir. Dolayısıyla tuzluluk derişimleri diğer metabolik faaliyetlerin azalmasına neden olabilmektedir.

Tuzluluk derişimlerinin deniz yosunları üzerine olan fizyolojik etkileri birçok çalışma ile araştırılmıştır. Çalışmalar tuz derişimindeki derişimlerin deniz yosunlarında büyüme (Lartigue et al., 2003; Bunsom and Prathep, 2012), spor salınımı (Imchen, 2012), fotosentetik performans (Sudhir and Murthy, 2004) ve pigment içeriği (Yıldız ve Dere, 2008) üzerine etkili olduğunu göstermektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda ise tuz stresinin özellikle fotosentetik

performans üzerine olan etkileri araştırılmaktadır (Liang et al., 2013; Gao et al., 2016).

Marmara Denizi, Karadeniz ve Ege Denizi arasındaki su derişimi sonucu oluşmuş 2 tabakalı bir akıntı rejimine sahiptir (Tuğrul ve Salihoğlu, 2000). Komşu denizlerdeki su yoğunluklarının farklı olması nedeniyle Marmara Denizi'nin ilk 15-20 m'lik üst tabakasında Karadeniz'in az tuzlu yüzey suları bulunurken, derinlerde Akdeniz'in tuzlu suları bulunmaktadır (Tuğrul ve Salihoğlu, 2000). Dolayısıyla Marmara Denizi kıyılarında yayılış gösteren deniz yosunları, normal deniz suyu tuzluluğu olarak bilinen %33'den daha düşük (yaklaşık %20-23) tuzluluk değerine maruz kalmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda Marmara Denizi kıyılarında yayılış gösteren Rhodophyta üyelerinden *Dasya rigidula*, *Porphyra umbilicalis*, *Ceramium rubrum* ve *Polysiphonia elongata* türlerinin, kendi ortamlarından daha yüksek tuz derişimine maruz kaldıklarında, fotosentetik performanslarının nasıl etkileneceğini belirlemek amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma materyali olan *Dasya rigidula*, *Porphyra umbilicalis*, *Ceramium rubrum* ve *Polysiphonia elongata* örnekleri Şubat-2014 tarihinde Bursa-Kumyaka kıyılarından toplanmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler sentetik deniz suyu ile yıkanarak epifitleri temizlenmiş ve çalışma için sağlıklı bireyler seçilmiştir. Stres denemelerinden önce örneklerin yeni ortamlarına alışmaları için 2 gün beklenmiştir. Alışma sürecinden sonra her türe ait örnekler 1 kontrol (23 ppt; Marmara Denizi'nin doğal tuz derişimi olması sebebiyle kontrol olarak belirlenmiştir) ve 2 yüksek tuzluluk derişiminde (33 ve 43 ppt; bu derişimler Marmara Denizi'nin doğal tuz derişiminden yüksek olması nedeniyle seçilmiştir) 1 hafta süre ile 3 tekrarlı olarak kültüre alınmıştır. Kültür akvaryumlarına yaklaşık 3.5g örnek ve 10L sentetik deniz suyu konulmuş ve akvaryumların suyu iki günde bir değiştirilmiştir. Akvaryumların tuzluluğu deniz tuzu (Red Sea coral pro salt) ile istenilen derişimde hazırlanmıştır. Tuzluluk ölçümleri salinimetre ile (Hach Sension 5) yapılmıştır. Sentetik deniz suyu, 0.45µ göz açıklığına sahip filtrelerle (Whatman polycap GW) filtre edilmiş, provasoli çözeltisi ve biyotin, B_{12} , tiyamin vitaminleri

ile de zenginleştirilmiştir (Provasoli, 1968). Uygulama akvaryumlarının aydınlatılması 2 adet gün ışığı (Philips master TLD 90 deluxe 36W/950) lambası ile sağlanmıştır. Kültür denemeleri sıcaklık ve ışık

kontrollü kültür odasında, 18°C sıcaklık ve 12:12 aydınlık:karanlık ışık periyodunda yapılmıştır. Arazide ve kültür denemelerinde ölçülen deniz suyu değişkenleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Arazide ve kültür akvaryumlarında ölçülen denizsuyu değişkenleri

Değişken	Arazi	23 ppt	33 ppt	43 ppt
Tuzluluk (ppt)	19.7	23	33	43
Sıcaklık (°C)	11.2	18	18	18
pH	8.31	8.19 - 8.32	8.11-8.18	8.13-8.22
İletkenlik	28.7	27.7 - 29.2	45.6 - 46.1	57.9 - 59.1
Toplam Çözünmüş Madde	14.36	14.4 - 14.6	22.8 - 23.0	29.0 - 32.5
FAR ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	150	100	100	100

FAR= Fotosentetik Aktif Radyasyon

Örneklerin fotosentetik performansı modülasyonlu klorofil florometre (Walz PAM 2500) ile Hanelt et al. (1997) tarafından belirtilen şekilde fotosistem II’nin (PSII) klorofil floresansının ölçülmesiyle belirlenmiştir. Örneklerin fizyolojik durumu hakkında bilgi veren F_v/F_m (PS II’nin maksimum kuantum ürünü) değerleri, PAM cihazı ile ölçüm esnasında anında kaydedilmiştir. Göreceli maksimum elektron transfer oranı (ETR_{max}) ise Eilers and Peeters (1988) tarafından önerilen model uygulanarak hesaplanmıştır. Ölçümlerde 10dk (ön denemeler doğrultusunda) karanlıkta bekletilen örnekler üzerine, kademeli olarak artan yoğunluklarda ışık uygulanmıştır. Yapılan ön denemeler doğrultusunda Klorofil floresan ölçümleri ile fotosentetik performansın belirlenmesinde kullanılacak ışık yoğunlukları 10 kademeli olarak belirlenmiştir. Her 30 saniyede bir, doyumluk atışı uygulanarak, fotosentezin etkili kuantum ürünü ($\Delta F/F_m'$) kaydedilmiştir. Sonrasında ışık yoğunluğu bir üst kademeye çıkacak şekilde ayarlama yapılarak ölçüm tamamlanmıştır.

Klorofil-a analizi için yaklaşık 0.2g örnek 3ml N,N-Dimetilformamid ile karanlık ortamda ekstrakte edilmiştir. Ekstrakt spektrofotometrik olarak ölçülerek Inskeep and Bloom (1985) tarafından belirtilen formül yardımıyla klorofil-a içeriği belirlenmiştir.

Çalışılan türlerde uygulamalar arasındaki farklılık tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir. Çoklu

karşılaştırma testi olarak Tukey HSD testi kullanılmıştır. Tüm testler $\alpha < 0.05$ anlamlılık düzeyinde ve SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

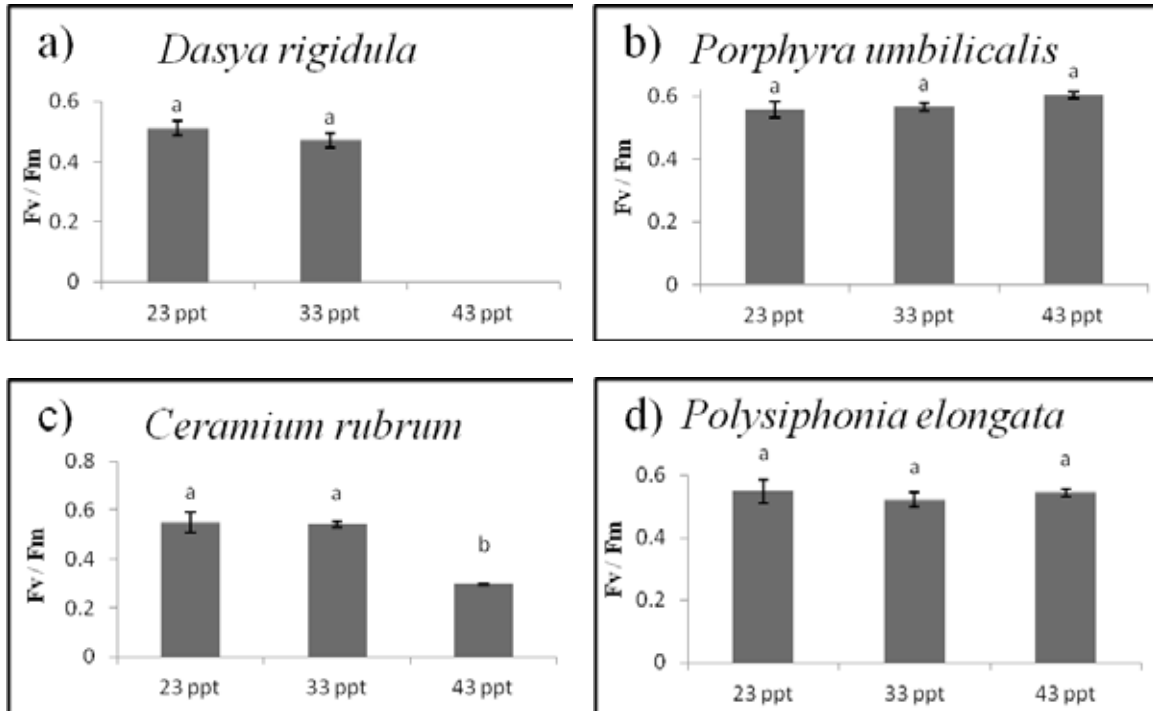
Son zamanlarda, Modülasyonlu Atış Genişliği Tekniği (PAM; Pulse Amplitude Modulation) ile klorofil floresansının ölçülmesi ekofizyolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Maxwell and Johnson, 2000). Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında PAM klorofil floresan ölçümleri örnekte stres oluşturmadan ve hızlı bir şekilde fotosentetik aktiviteyi ölçmektedir. Bu sayede, klorofil floresan tekniği çok sayıda tekrarlı ölçümlere olanak sağlamaktadır.

Floresan parametreleri içerisinde özellikle PSII’nin maksimum fotokimyasal kuantum ürünü (F_v/F_m) ile PSII’nin etkili kuantum ürünü ($\Delta F/F_m'$) ekofizyolojik çalışmalarda en çok kullanılan parametrelerdir. F_v/F_m değeri ışık yakalama sistemlerinden tepkime merkezine enerji transferinin etkinliği dolayısıyla örneklerin fizyolojik durumları hakkında bilgi vermektedir. Bu çalışmada kontrol (23ppt) denemelerinde belirlenen F_v/F_m oranları tüm türlerde 0.511 - 0.556 arasında bulunmuştur. F_v/F_m oranının çeşitli alg gruplarında farklı ve sabit değerler gösterdiği bilinmektedir. Stres altında olmayan Rhodophyta üyelerinde bu oran

0.5 - 0.6 arasında olmaktadır (Dring and ark., 1996). Dolayısıyla kontrol grubu olarak değerlendirilen ve 23 ppt tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin stres altında olmadığı anlaşılmaktadır.

Yüksek tuz derişiminde kültüre alınan *P. umbilicalis* ve *P. elongata* türlerinde de Fv/Fm oranlarının 0.5 - 0.6 arasında bulunması, absorbe edilen enerjinin fotokimyasal reaksiyonlarda kullanılma etkinliğinin değişmediğini, 33 ve 43 ppt tuz derişiminin bu türlerde fizyolojik olarak strese neden olmadığını göstermektedir (Şekil 1). Ancak, *D. rigidula* örneklerinde belirlenen Fv/Fm oranı, 23 ppt tuz derişimde kültüre alınan örneklerde 0.511 ± 0.024 iken, 33 ppt tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde 0.471 ± 0.025 değerine gerilemiş, fakat bu gerileme istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir ($F=1.386$; $p=0.304$). 43 ppt tuz derişiminde kültüre alınan *D. rigidula* örnekleri ise, bir haftalık yüksek tuz derişiminde hayatta kalamamış ve bu örneklerde herhangi bir ölçüm yapılamamıştır. Hipersalin çevreler deniz yosunlarına 2 şekilde etki etmektedir. Birincisi hücrelerin dehidrasyonu (plazmoliz) ile su potansiyelinin değişmesi, ikincisi de bazı inorganik iyonların yüksek derişim göstermesi nedeniyle

toksik etki oluşturmaktadır (Karsten, 2012). 43 ppt tuz derişiminde kültüre alınan *D. rigidula* örneklerinin, fizyolojik olarak sağlıklı bir ölçüm yapılamayacak durumda olması ve 23 ve 33 ppt tuz derişimlerinde elde edilen Fv/Fm oranlarının istatistiksel olarak farklılık göstermemesine rağmen azalma eğiliminde olması, 23 ppt'den daha yüksek tuz derişimlerinin *D. rigidula* örneklerinde toksik etki gösterdiğini düşündürmektedir. Benzer durum *C. rubrum* türünde de saptanmıştır. Farklı olarak *C. rubrum* örnekleri 43 ppt tuz derişiminde hayatta kalabilmiş ve ölçümler yapılabilmektedir. *C. rubrum* örneklerinde 23 ve 33 ppt tuz derişiminden elde edilen Fv/Fm oranları istatistiksel olarak birbiri ile farklılık göstermezken, 43 ppt tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($F=33.883$; $p=0.001$). Krause ve Weis (1991) F_v/F_m değerindeki azalmanın, ışık yakalama sistemlerinde absorbe edilen enerjinin ısı olarak etrafa yayılma miktarındaki artışı yansıttığını belirtmiştir.

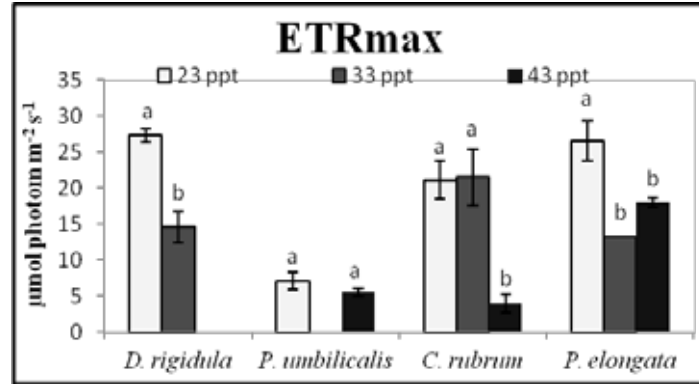


(± standart hata, sütunlar üzerindeki harfler, uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir)

Şekil 1. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin Fv/Fm oranları

D. rigidula ve *C. rubrum* örneklerinin maksimum elektron transfer oranları da yüksek tuz derişimi ile azalma göstermiştir (sırasıyla; $F=30.875$; $p=0.005$; $F=12.550$; $p=0.003$, Şekil 2). *C. rubrum* örneklerinde 43 ppt tuz derişimindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, *D. rigidula* örneklerinde 33 ppt tuz derişimindeki azalma an-

lamlılık göstermiştir. 33 ppt tuz derişiminde kültüre alınan *D. rigidula* örneklerinde klorofil-a miktarının da azalma göstermesi ($F=14.393$; $p=0.005$), *D. rigidula* türünün yüksek tuz derişimine karşı toleransının yüksek olmadığını ve 23 ppt'nin üzerindeki tuz derişimlerinde fotosentetik performansının azaldığını göstermektedir (Şekil 3).



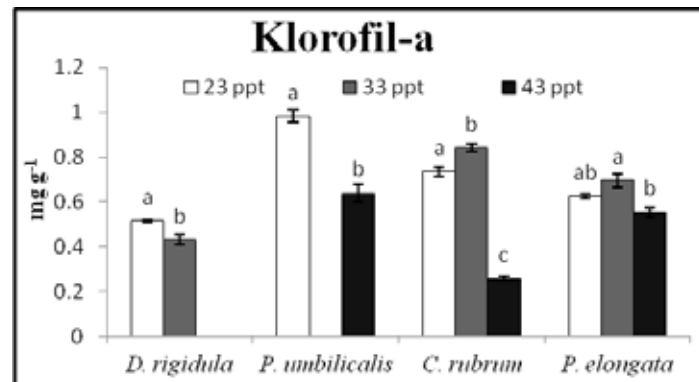
(± standart hata, sütunlar üzerindeki harfler, her tür için ayrı olarak uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir)

Şekil 2. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin ETRmax değerleri

Deniz suyunun tuzluluğu makroalglerin dağılımında önemli bir etken olmaktadır (Ramlov et al., 2012). Genel olarak intertidal bölgede yaşayan türler tuzluluk derişimlerine karşı subtidal bölgede yaşayan türlerden daha toleranslıdır (Karsten et al., 1991) Ancak bu çalışmada olduğu gibi, aynı bölgede yayılış gösteren türler de tuzluluk derişimlerine karşı birbirinden farklı fizyolojiler gösterebilmektedir.

Günümüze kadar yapılan birçok çalışmada deniz yosunlarının optimum gelişme gösterdiği tuzluluk derişimleri araştırılmıştır (Kirst, 1990).

Thomsen et al. (2007) *Gracilaria vermiculophylla* türünün geniş bir tuzluluk aralığında hayatta kalabildiğini belirtirken, Nejrup and Pedersen (2012) aynı türün 15 psu tuz değerinin üzerinde optimum büyüme gösterdiğini belirtmiştir. *Porphyra vietnamensis* türünün de 25 ppt tuzlulukta optimum gelişme gösterdiğini belirtilmiştir (Ruangchuay and Notoya, 2003). Benzer olarak bu çalışmada da *D. rigidula* türünün 23 ppt tuzlulukta fotosentetik performansının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak türün 43 ppt tuz derişiminde hayatta kalamadığı belirlenmiştir.



(± standart hata, sütunlar üzerindeki harfler, her tür için ayrı olarak uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir)

Şekil 3. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin klorofil-a miktarları

Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *C. rubrum* örneklerinin klorofil-a miktarı tüm uygulamalar arasında farklılık göstermiştir ($F=398.304$; $p=0.000$). Ancak, 23 ve 33 ppt tuz derişiminde yüksek olan klorofil-a miktarı, 43 ppt'de kültüre alınan örneklerde ani bir azalma göstermiştir. Klorofil-a miktarı ile paralel olarak 43 ppt'de kültüre alınan *C. rubrum* örneklerinin ETRmax değeri de azalmıştır. 33 ppt tuz derişimi *C. rubrum* örneklerinde fotosentetik olarak strese neden olmazken, 43 ppt tuz derişimi stres oluşturmuştur. Bulgularımız 43 ppt tuz derişimine maruz kalan *C. rubrum* örnekleri tarafından absorbe edilen ışık enerjisinin, fotokimyasal reaksiyonlarda kullanılma oranının azaldığını göstermektedir.

Çalışılan türler arasında fotosentetik aktivite bakımından yüksek tuzluluğa karşı en toleranslı tür *P. umbilicalis* olarak belirlenmiştir. 43 ppt tuz derişiminde kültüre alınan *P. umbilicalis* örneklerinin klorofil-a miktarı önemli ölçüde azaldığı halde

($F=50.988$; $p=0.000$), örneklerin ETRmax değeri değişmemiştir ($F=1.350$; $p=0.310$).

SONUÇ

Çalışmadan elde edilen veriler, çalışılan türlerin fotosentetik aktivitelerinin tuz derişiminden etkilendiğini ve tuzluluk derişimlerine karşı hassasiyetlerinin de birbirinden farklı olduğunu göstermektedir.

Çalışılan türler arasında *D. rigidula* ve *P. elongata* türleri 23 ppt tuzluluk derişiminde optimum fotosentetik performans göstermiştir. 23 ppt'nin üzerindeki tuz derişimleri *D. rigidula* ve *P. elongata* türlerinde fotosentezi inhibe etmektedir. *C. rubrum* türü 23-33 ppt tuzluluk aralığında yüksek fotosentetik performans gösterirken, 43 ppt'de azalma tespit edilmiştir. *P. umbilicalis* türü ise tuzluluk derişimlerine karşı geniş bir tolerans göstermiş ve diğer türlere kıyasla osmoregulasyonunun daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Bunsom C, Prathep A, 2012. Effects of salinity, light intensity and sediment on growth, pigments, agar production and reproduction in *Gracilaria tenuistipitata* from Songkhla Lagoon in Thailand. *Phycological Research*, 60: 169-178.
- Dring MJ, Wagner A, Boeskov J, Lüning K, 1996. Sensitivity of intertidal and subtidal red algae to UVA and UVB radiation, as monitored by chlorophyll fluorescence measurements: influence of collection depth and season and length of irradiation. *European Journal of Phycology*, 31: 293-302.
- Eggert A, Nitschke U, West JA, Michalik D, Karsten U, 2007a. Acclimation of the intertidal red alga *Bangiopsis subsimplex* (Stylonematophyceae) to salinity changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343: 176-186.
- Eggert A, Raimund S, Michalik D, West J, Karsten U, 2007b. Ecophysiological performance of the primitive red alga *Dixonella grisea* (Rhodellophyceae) to irradiance, temperature and salinity stress: growth responses and the osmotic role of mannitol. *Phycologia*, 46: 22-28.
- Eilers PHC, Peeters JCH, 1988. A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. *Ecological Modelling*, 42: 199-215.
- Gao S, Huan L, Lu XP, Jin WH, Wang XL, Wu MJ, Wang GC, 2016. Photosynthetic responses to saline stress by the low intertidal macroalga, *Sargassum fusiforme* (Sargassaceae). *Photosynthetica*, DOI: 10.1007/s11099-015-0181-7
- Hanelt D, Melchersmann B, Wiencke C, Nultsch W, 1997a. Effects of high light stress on photosynthesis of polar macroalgae in relation to depth distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 149: 255-266.
- Imchen T, 2012. Effect of temperature, salinity and biofilm on the zoospores settlements of *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) J. Agardh. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 41(4): 355-358.
- Inskeep WP, Bloom PR, 1985. Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant Physiology*, 77: 483-485.
- Karsten U, Wiencke C, Kirst GO, 1991. The effect of salinity changes upon the physiology of eulittoral green macroalgae from Antarctica and Southern Chile. I. Cell viability growth, photosynthesis and dark respiration. *Journal of Plant Physiology*, 138: 667-673
- Karsten U, 2012. Seaweed acclimation to salinity and desiccation stress, in: *Seaweed Biology*. Springer, pp. 87-107.
- Kirst GO, 1989. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41: 21-53.
- Kirst GO, 1990. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41: 21-53
- Krause GH, Weis E, 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42: 313-349.
- Lartigue J, Neill A, Hayden BL, Pulfer J, Cebrian J, 2003. The impact of salinity fluctuation on net oxygen production and inorganic nitrogen uptake by *Ulva lactuca* (Chlorophyceae). *Aquatic Botany*, 75(4): 339-350.
- Liang Z, Sun X, Wang F, Wang W, Liu F, 2013. Impact of environmental factors on the photosynthesis and respiration of young seedlings of *Sargassum thunbergii* (Sargassaceae, Phaeophyta). *American Journal of Plant Sciences*, 4: 27-33.

- Maxwell K, Johnson GN, 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668.
- Nejrup LB, Pedersen MF, 2012. The effect of temporal variability in salinity on the invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla*. *European Journal of Phycology*, 47(3): 254-263.
- Provasoli L, 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae: Cultures and collections of algae. Proceedings of the US-Japan Conference. Hakone. September 1966. The Japanese Society of Plant Physiologist, pp: 63-75.
- Ramlov F, Souza JMC, Farias A, Maraschin M, Horta PA, Yokoya NS, 2012. Effects of temperature, salinity, irradiance and nutrient on the development of carposporelings and tetrasporophytes in *Gracilaria domingensis* (Kütz.) Sonder ex Dickie (Rhodophyta. Gracilales). *Botanica Marina*, 55(3): 253-259.
- Ruangchuay R, Notoya M, 2003. Physiological responses of blade and conchocelis of *Porphyra vietnamensis* Tanaka et Pham-Hoang Ho (Bangiales. Rhodophyta) from Thailand in culture. *Algae*, 18(1): 21-28.
- Sudhir P, Murthy SDS, 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*, 42(4): 481-486.
- Thomsen MS, Staehr PA, Nyberg CD, Schwaerter S, Krause-Jensen D, Silliman BR, 2007. *Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss, 1967 (Rhodophyta. Gracilariaceae) in northern Europe, with emphasis on Danish conditions, and what to expect in future. *Aquatic Invasions*, 2: 83-94.
- Tuğrul S, Salihoğlu İ, 2000. Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sisteminin Kimyasal Oşinografisi, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11-12 Kasım 2000, İstanbul.
- Yıldız G, Dere Ş, 2008. Effect of salinity stress on photosynthetic pigments in *Ulva rigida* (Chlorophyta). *International Journal of Phycology and Phycochemistry*, 4(2): 121-124.

Türkiye'deki Dibekli Sıcak Su Kaynağından Termofilik *Geobacillus sp.* DB2 Suşunun Fizyo-Biyokimyasal Karakterizasyonu ve 16S rRNA Sekanslaması

Fatma MATPAN BEKLER¹

ÖZET: Jeotermal kaynaklar termofillerin habitatlarıdır. Bu çalışmada aerobik, çubuk şeklinde, hareketli ve Gram-pozitif termofilik DB2 suşu Türkiye'deki Diyardin ilçesi Dibekli sıcak su kaynağından izole edilerek morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal testler ve 16S rRNA gen sekanslamayla tanımlandı. Optimal kültürasyon pH 6.0–6.5'da, 60 °C'de elde edildi. DB2 suşunun katalaz, nitrat redükleme, Metil red testi ve nişasta hidrolizi pozitif, oksidaz, üreaz aktivitesi, jelatin ve kazein hidrolizi negatif olarak belirlendi. 16S rRNA gen sekansına bağlı filogenetik analizler DB2 suşunun %98.97 sekans benzerliği ile *Geobacillus subterraneus subsp. aromaticivorans* Ge1(T)'e oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Bu yeni tür, biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilir özelliktedir.

Anahtar kelimeler: 16S rRNA geni, *Geobacillus*, tanımlama, termofilik

Physio-Biochemical Characterization and 16S rRNA Sequencing of Thermophilic *Geobacillus sp.* stain DB2 from Dibekli Hot Spring, Turkey

ABSTRACT: Geothermal sites are habitat for thermophilic microorganisms. In this study, a novel aerobic, rod shaped, motile and Gram-positive thermophilic bacterium DB2 was isolated from the hot water in Dibekli in the town of Diyardin in Turkey and it was identified by morphological, physiological, biochemical tests and 16S rRNA gene sequencing. Optimal cultivation was obtained at pH 6.0–6.5 and 60 °C. Strain DB2 was positive for catalase activity, nitrate reduction, Methyl red test and starch hydrolysis, while it was negative for oxidase, urease, gelatine and casein hydrolysis. Phylogenetic analysis based on 16S rRNA gene sequences showed that isolate DB2 was most closely related to *Geobacillus subterraneus subsp. aromaticivorans* Ge1(T) with a 98.97% sequence similarity. This novel strain can be used in biotechnological application.

Keywords: 16S rRNA, *Geobacillus*, identification, thermophilic

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji, Diyarbakır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatma MATBAN BEKLER, fatmatpan@hotmail.com

GİRİŞ

Mikrobiyal yaşam; sadece hava, toprak ve göller değil, kutuplardaki buzullar, yanardağ bacaları, tuz gölleri, sodalı sular ve yüksek asit ortamlarını içine alarak yayılmış durumdadır (Ercan Akkaya ve Kıvanç, 2008).

Termofiller, Yüksek sıcaklığa dayanıklı mikroorganizmalardır. Sıcak su kaynakları termofillerin izole edildiği temel alanlardan biridir (Rastogi et al., 2010). Ayrıca termofiller aşırı pH ve tuz konsantrasyonu gibi zorlu ortam koşullarında da yaşayabilirler (Futterer et al., 2004; Giaveno et al., 2013; Urbietta et al., 2015).

“Beyaz Biyoteknoloji” enerji, kimyasallar, materyallerin üretimi ve endüstriyel işlemler için enzimlerin ve mikroorganizmaların kullanılması olarak tanımlanabilir. Termofillerin biyoteknolojik uygulamalarda kullanımı tüm hücrenin kullanılması yada hücrenin makromoleküllerinin veya metabolitlerinin kullanılması olarak ikiye ayrılabilir. Ayrıca termofiller, biyoenerji, termozimler ve biyosürkafant üretiminde potansiyel olarak bilinmektedirler. Termofillerin biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmasında gelişmiş ürün oluşumuna yol açan yüksek metabolik aktiviteye sahip olmaları, mezofiliklerin ortadan kaldırılmasıyla patojenik/kirleticilerinin inaktivasyonu, sıcaklığa dayanıklı makromolekül ve metabolitlerin üretimi, ısıtma adımlarından sonra soğutma adımlarının gerekmemesi, kimyasalların çözünürlüğünün, iyonizasyonunun ve difüzyonunun artışı, düşük yoğunluk, yüzey gerilimi ve viskoziteyle reaksiyon oranının artışı, termostabil enzimlerin ekspresyonu gibi bazı avantajları bulunmaktadır.

Yüzyılın başlarında basil şeklindeki tüm organizmalar *Bacillus* olarak tanımlanırdı. Ancak ilerleyen teknoloji ve moleküler düzeydeki gelişmiş teknikler sayesinde yeni tanımlamalar yapılmaktadır. Nazina et al., (2001) 8 farklı *Geobacillus* türü tanımlamışlardır ve günümüze kadar toplam 24 farklı *Geobacillus* türü ile 4 farklı alt türü tanımlanmıştır. Bunlar: *Geobacillus stercophilus* DSM 22^T, *Geobacillus thermocatenulatus* DSM 730^T, *Geobacillus thermoleovorans* DSM 5366^T, *Geobacillus thermoglucosidasius* DSM 2542^T, *Geo-*

bacillus thermodenitrificans DSM 465^T, *Geobacillus subterraneus* DSM 13552^T, *Geobacillus subterraneus* subsp. *subterraneus*, *Geobacillus kaustophilus* DSM 7263^T ve *Geobacillus uzensis* DSM 13551 (Nazina et al., 2001), *Geobacillus caldxylosilyticus* DSM 12041^T (Fortina et al., 2001), *Geobacillus toebii* DSM 13551 (Sung et al., 2002), *Geobacillus gargensis* DSM 15378 ve *Geobacillus vulcani* DSM 13174 (Nazina et al., 2004), *Geobacillus debilis* DSM 16016^T ve *Geobacillus palidus* (Banat et al., 2004), *Geobacillus lituanicus* DSM 15325^T (Kuisiene et al., 2004), *Geobacillus tepidamans* (Schaffer et al., 2004), *Geobacillus jurassicus* DSM 15726^T (Nazina et al., 2005), *Geobacillus zalihae* DSM 18318^T (Abd Rahman et al., 2007), *Geobacillus thermodenitrificans* subsp. *calidus* ve *Geobacillus thermodenitrificans* subsp. *thermodenitrificans* (Cihan et al., 2011), *Geobacillus kaue*, *Geobacillus anatolicus* ve *Geobacillus bogazici* (Çağlayan and Bilgin 2011) *Geobacillus galactosidasius* DSM 18751 (Poli et al., 2011), *Geobacillus thermoantarcticus* DSM 9572^T (Coorevits et al., 2012), *G. subterraneus* subsp. *aromaticivorans* (Poli et al., 2012), *Geobacillus icigianus* (Bryanskaya et al., 2015) olarak databankta kayıtlıdır.

Bu çalışmada, Ağrı İli, Diyadin İlçesi'ne bağlı Dibekli Köyü sıcak su kaynağından termofilik mikroorganizma izole edilerek morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve 16S rRNA analizlerine dayalı tanımlama yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Termofilik Bakterilerin İzolasyonu

Termofilik bakterileri izole etmek amacıyla Ağrı ili, Diyadin ilçesine 15 km uzaklıktaki Dibekli Köyü'nde bulunan sıcak su kaynağından su örneği alındı. Su sert bir araziden akmaktadır. Alınan su örneğinin pH metre ile pH'sı ve termometre ile suyun sıcaklığı ölçülerek su örnekleri 50 mL'lik steril şişelerde aseptik ortam koşullarında saklanarak laboratuvar ortamına taşındı.

Su örneklerinden 5 mL alınarak, 250 mL'lik erlenlerde bulunan steril 45 mL Nutrient Broth (NB) (Sigma-Aldrich, St Louis, USA) besi ortamına ekim yapıldı ve termotolerant mikroorganizmaların izolasyonu için

55 °C’de inkübasyona bırakıldı. 48 saat inkübasyondan sonra gelişen kültürlerden steril distile suda 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} ve 10^{-4} ’e şeklinde seyreltmelerden 1 mL alındı ve katı NB besiyerine ekim yapıldı. Petriler 55 °C de 24 saat inkübe edildikten sonra gelişen karışık kültürlerden izolatların saf kültürleri elde edildi. Elde edilen izolatlar kod verilerek gliserol içeren Cryotüplerde Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji Araştırma Laboratuvarından -80 °C’de muhafaza edildi.

Morfolojik ve Fizyo-Biyokimyasal Karakterizasyon

Seçilen kolonilerin şekil, boyut, renk, yüzey, yükseklik, hücre çeperi, ışık ve yoğunluk temelindeki fenotipik hücre morfolojisi incelenerek karakterize edildi. Hücre morfolojisi ve hareketlilik incelemeleri ışık mikroskobu kullanılarak incelendi.

Gram boyama, ışık mikroskobu kullanılarak Dus-sault’a (1955) göre gerçekleştirildi. Sporların oluşumu malaşit yeşil boyama ile mikroskopik gözlemlerle test edildi.

Seçilen izolat, farklı sıcaklık (20 ila 80 °C) ve farklı pH (4.0-11.0)’da inkübe edilerek optimum büyüme koşulları belirlendi. Ayrıca % 0.5-5 NaCl (Merck, Darmstadt, Germany) içeren besi ortamına izolattan inokülasyon yapılarak NaCl’nin bakteri gelişimine etkisi incelendi.

Seçilen izolata biyokimyasal özellikleri katalaz, indol, oksidaz, sitritaz ve üreaz aktivitesi, metil kırmızı testi, Voges-Proskauer testi, jelatin, nişasta, kazein, kullanımı ve farklı karbon kaynaklarının (glikoz, galaktoz, laktoz, fruktoz, maltoz, arabinoz) kullanılması test edildi. Bütün fizyolojik, biyokimyasal testler ikili olarak üç defa tekrar edildi.

DNA İzolasyonu

Genomik DNA, Marmur’un (1961) fenol-kloroform yöntemine göre izole edildi. Spektrofotometrede DNA’nın miktarı ve saflık derecesi ölçülerek PCR reaksiyonu için hazır hale getirildi. DNA’nın saflığının kontrolü için %1’lik agaroz jel elektroforezinde yürütülerek analiz edildi.

16S rRNA Geninin Amplifikasyonu

Genomik DNA izole edildikten sonra evrensel primerler 16S-F (5’-GAG TTT GAT CCT GGC TCA G-3’)- 16S-R (5’-CGG CTA CCT TGT TAC GAC TT-3’) kullanılarak 16S rRNA geni PCR ile çoğaltıldı. 16S rDNA geninin amplifikasyonu ve saflaştırma işlemleri Reiney et al., (1994)’e göre gerçekleştirildi. Tüm amplifikasyon koşulları 94 °C’de 5 dakikalık ön denaturasyon, 94 °C’de 30 sn denaturasyon, 50 °C’de 30 sn bağlanma ve 72 °C’de 10 sn uzamadan oluşan 35 siklusluk amplifikasyon ve 72 °C’de 15 dakikalık final uzamadan oluşacak şekilde programlandı.

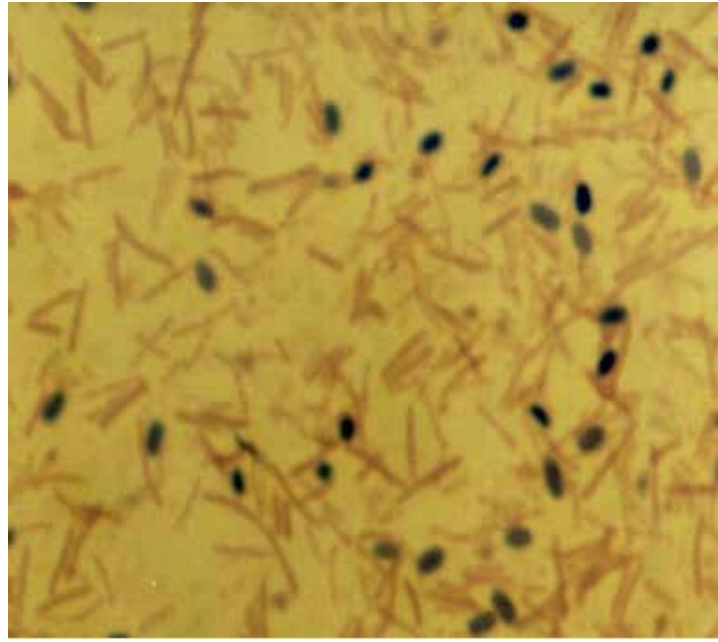
Biyoinformatik Analizi ve Filogenetik Ağaç Yapımı

Saflaştırılmış PCR ürünleri elektroforeze tabi tutularak saflığı kontrol edildi ve GATC Biotech (<http://www.gatc.biotech.com>) tarafından dizilendi. Elde edilen diziler bir BLAST arama aracı [NCBI: Biyoteknoloji Ulusal Merkezi (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)] veritabanı kullanılarak karşılaştırıldı. İzole suşunun 16S rRNA dizi çoklu sekans hizalama programı kullanılarak NCBI veritabanından dizi homolojisi gösteren bir referans dizisi ile hizalandı. İzolat 16S rRNA dizi verilerine dayanarak EzTaxon sunucusu (<http://www.ezbiocloud.net/eztaxon>; Kim ve ark., 2012) kullanılarak tanımlandı. Filogenetik ağaç Felsenstein’a göre (1993) komşu birleştirme yöntemi (neighbour-joining method) kullanılarak çizildi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Dibeekli sıcak su kaynağından dilüsyon yöntemiyle kültürde baskın olan termofilik bakteri izole edilerek karakterize edildi. Elde edilen izolata DB2 kodu verilerek gliserol içeren cryotüplerde -80 °C’de Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Prof. Dr. Yavuz Ensari Moleküler Biyoloji Araştırma Laboratuvarında muhafaza edildi. Seçilen DB2 suşu morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve 16S rRNA analizlerine göre karakterize edildi.

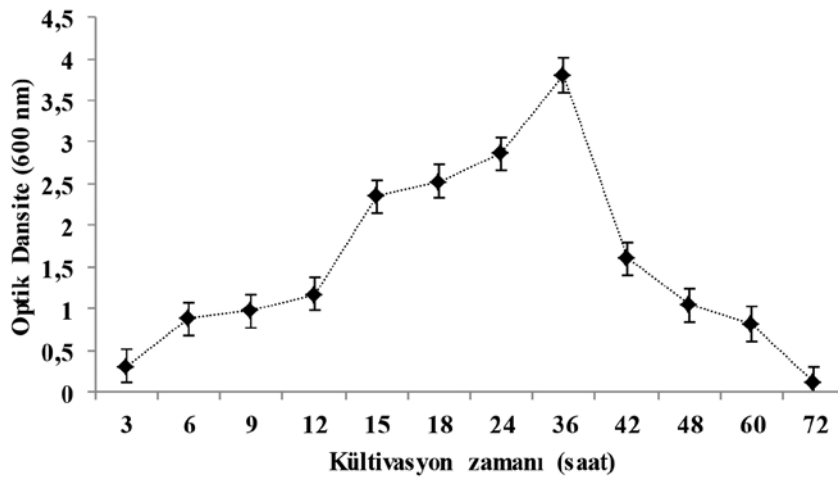
DB2 suşunun, koloni morfolojisi incelendiğinde küçük, yuvarlak, mat ve krem olduğu belirlendi. DB2 hücreleri çubuk şeklinde, Gram pozitif, hareketli ve sporelidir (Şekil 1).



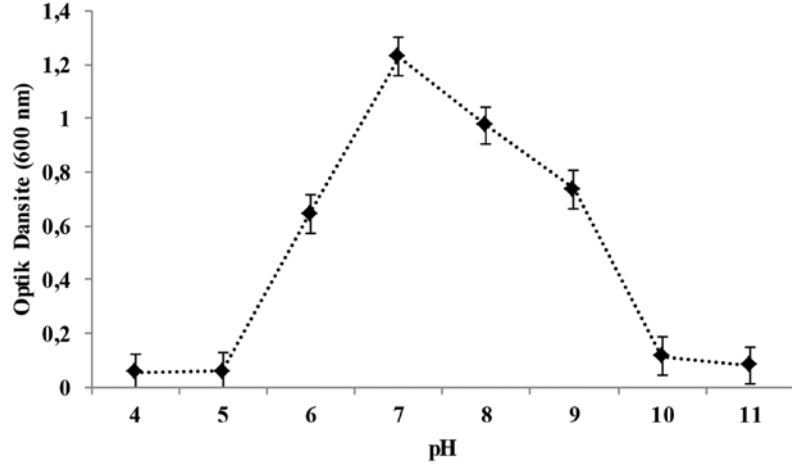
Şekil 1: DB2 suşunun hücreleri ve vejetatif sporları

Nazina et al. 2001 yılında 8 farklı *Geobacillus* tanımlamışlardır ve günümüze kadar toplam 24 farklı *Geobacillus* türü ve 4 farklı alt türü tanımlanmıştır. Yapılan *Geobacillus* tanımlamalarında; çubuk şekilli, Gram pozitif, hareketli ve sporlu oldukları ve genellikle pH 6.0-9.0 arasında gelişen termofi-

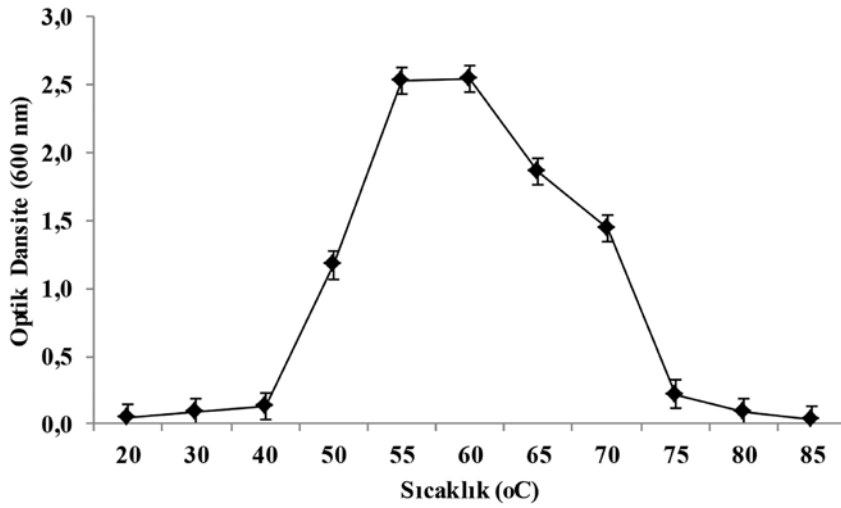
lik bakteriler oldukları belirtilmiştir (Nazina et al., 2001; Kuisiene et al., 2004; Banat et al., 2004). Elde ettiğimiz DB2 suşu 36 saatte (Şekil 2a), 50-70 °C arasında (optimum 55-60 °C'de), ve pH 6.0-9.0 arasında (optimum 7.0'de) gelişme göstermektedir (Şekil 2b ve 2c).



Şekil 2a: DB2'nin kültüvasyon zamanı



Şekil 2b: pH'nin DB2 suşunun üremesine etkisi



Şekil 2c: Sıcaklığın DB2'nin üremesine etkisi

Nazina et al., (2001)'in yaptıkları çalışmada izole edilen *G. thermodenitrificans* DSM 465^T ve *G. subterraneus* DSM 13552^T ayrıca Coorevits et al., (2012)'nin elde ettikleri *G. thermoantarcticus* DSM 9572^T'nin optimum 55-60 °C arasında gelişen termofilik bakteriler oldukları belirtilmiştir. Bu sonuçlarla karşılaştırıldığında DB2'nin termofilik özellikte olduğu belirlendi.

Yapılan biyokimyasal testlerin sonuçlarına göre; katalaz aktivitesi, nitrat redüksiyonu, jelatin ve ni-

şasta hidrolizi ile glukoz, galaktoz, maltoz ve ksiloz gibi karbon kaynaklarını kullanımı pozitif iken, oksidaz, üreaz, sitritaz aktivitesi, indol üretimi, Voges proskauer/Metil Red testi, kazein hidrolizi ile sükröz, laktoz ve arabinoz gibi karbon kaynaklarını kullanımı negatiftir. Bu sonuçlar ayrıntılı şekilde diğer *Geobacillus* türleriyle karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de verildi. DB2 suşunun biyokimyasal özelliklerine bakıldığında diğer *Geobacillus* türleriyle benzer özellikler gösterdiği görülmektedir.

Tablo1: DB2'nin diğer *Geobacillus* türleriyle karşılaştırılması

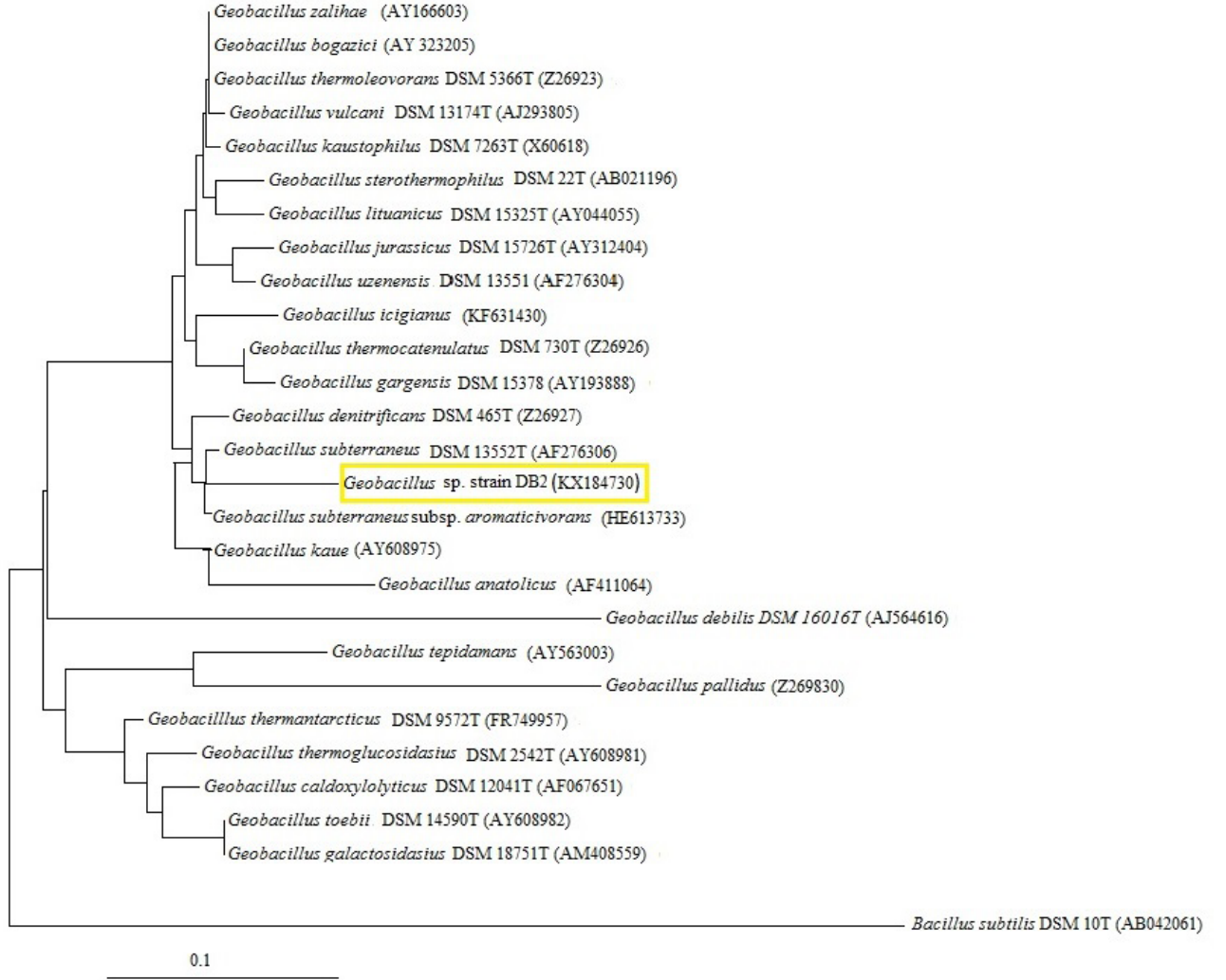
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Özellikler	DB2 suşu	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod
Hücre şekli	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Gram boyama	(+)	(+)	(-)	ND	(+)	(+)	ND	(+)	ND	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Hareketlilik	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Spor oluşumu	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Sıcaklık (°C)	37-65	35-78	45-70	37-68	55-60	55-60	ND	45-65	50-65	45-70	45-70	37-72	45-60	50-70	30-70	55-70	39-67	57-62	50-75	50-75
pH	6.0-9.0	9.0	6.2-7.5	6.0-8.0	6.8-7.0	6.8-7.0	ND	6.2-7.8	7.0-9.0	6.0-9.0	5.5-7.5	5.5-9.0	ND	ND	ND	6.5	6.0-9.0	6.8-8.5	7.2	ND
NaCl toleransı (3.0%)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	ND	(-)	ND
Katalaz aktivitesi	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	w	(+)	(+)	(+)
Oksidaz	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	w	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	w	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)
Üreaz	(-)	(-)	ND	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	ND	(-)	ND	ND	(+)
Stiirtaz	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	ND	ND	(-)	ND	(-)	(-)
Indol üretimi	(-)	ND	ND	(-)	(-)	(-)	ND	ND	(-)	ND	ND	ND	ND	(-)	ND	ND	(-)	ND	(+)	ND
Nitrat redüksiyonu	(+)	(d)	(+)	(d)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)
Voges-Proskauer testi	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	v	v	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	ND	w	ND	w
Metil red testi	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	ND	(+)	ND	(-)	ND	ND	ND	(-)
Hydrolysis of gelatin	(+)	(+)	(+)	(+)	D	w	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
Kazein hidrolizi	(+)	(-)	d	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	v	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)
Nişasta hidrolizi	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	w	(-)	(-)	(-)
Karbon kaynaklarının kullanımı																				
Glukoz	(+)	(+)	ND	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	w
Sükroz	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	w	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	ND	w
Galaktoz	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	ND	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)
Laktoz	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	ND	(-)
Maltoz	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	ND	ND	(+)	(-)	(-)	(-)	ND	(+)	ND	ND	ND
Arabinoz	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(d)	(+)	(+)	(-)	(-)	ND	ND	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	ND	(-)
Ksilitoz	(+)	(-)	-	(+)	(-)	(+)	(d)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

(+): pozitif, (-): negatif, d: değişken, w: zayıf, ND: Not determined

1: *G. sterothromophilus* DSM 22T, 2: *G. thermocatenulatus* DSM 730T, 3: *G. thermoleovorans* DSM 5366T, 4: *G. thermoglucosidarius* DSM 2542T, 5: *G. thermodenitrificans* DSM 465T, 6: *G. subterraneus* DSM 13552T, 7: *G. kaustophilus* DSM 7263T ve 8: *G. uzensis* DSM 13551 (Nazina et al., 2001), 9: *G. caldoolysilyticus* DSM 12041T (Fortina et al., 2001), 10: *G. iobii* DSM 13551 (Sung et al., 2002), 11: *G. gargasensis* DSM 15378 ve 12: *G. vulcani* DSM 13174 (Nazina et al., 2004), 13: *G. jurassicus* DSM 15726T (Nazina et al., 2005), 14: *G. debilis* DSM 16016T ve 15: *G. palidus* (Banat et al., 2004), 16: *G. lituanicus* DSM 15325T (Kuisiense et al., 2004), 17: *G. tepidamans* (Schaffer et al., 2004), 18: *G. thermoantarcticus* DSM 9572T (Coorevits et al., 2012), 19: *G. galactosidarius* DSM 18751 (Poli et al., 2011), 20: *G. icigianus* (Bryanskaya et al., 2015)

DB2 suşunun yapılan kısmi 16S rRNA sekans analizlerine göre *Geobacillus* türleri içinde %98.97 benzerlik oranıyla *G. subterraneus* subsp. *aromaticivorans* Ge1(T) ile oldukça yakın benzerlik gösterdiği belirlendi. 16S

rRNA sekansları GenBank'a eklendi (GenBank erişim numarası: KX184730). DB2 suşu ve diğer *Geobacillus* türlerinin yakınlığını gösteren filogenetik ağaç yakın bağlantı (neighbor-joining) metodu kullanılarak çizildi (Şekil 3).



Şekil 3: Diyardin sıcak su kaynağından elde edilen termofilik DB2 suşunun ve diğer *Geobacillus* türlerinin 16S rRNA sekans analizlerine dayalı Yakın bağlantı (neighbor-joining) metodu kullanılarak çizilen filogenetik ağaç. Erişim numaraları parantez içinde verilmiştir.

SONUÇ

Türkiye fiziksel ve kimyasal yapısı farklı pekçok jeotermal alana sahiptir ve bu durum çok sayıda yeni termofilik mikroorganizmanın keşfi için iyi bir fırsat sunmaktadır. Çalışmamız ayrıca termofilik mikroor-

ganizmaların biyoçeşitliliği bakımından önemlilik arz etmektedir. Elde edilen *Geobacillus* DB2 suşu özellikleri bakımından biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilir özelliktedir.

KAYNAKLAR

- Abd Rahman RNZR, Leow TC, Salleh AB, Basri M, 2007. *Geobacillus zalihae* sp. nov., a thermophilic lipolytic bacterium isolated from palm oil mill effluent in Malaysia. *BMC Microbiology*, 7: 77.
- Banat IM, Marchant R, Rahman TJ, 2004. *Geobacillus debilis* sp. nov., a novel obligately thermophilic bacterium isolated from a cool soil environment, and reassignment of *Bacillus pallidus* to *Geobacillus pallidus* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54: 2197-2201.
- Bryanskaya AV, Rozanov AS, Slynko NM, Shekhovtsov SV, Peltek SE, 2015. *Geobacillus icigianus* sp. nov., a thermophilic bacterium isolated from a hot spring. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 65: 864-869.
- Çağlayan M, Bilgin N, 2011. Cloning and Sequence Analysis of Novel DNA Polymerases from Thermophilic *Geobacillus* Species Isolated from Hot Springs in Turkey: Characterization of a DNA Polymerase I from *Geobacillus kaue* Strain NB. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 165: 1188-1200.
- Cihan AC, Ozcan B, Tekin N, Cokmus C, 2011. *Geobacillus thermodenitrificans* subsp. *calidus*, subsp. nov., a thermophilic and α -glucosidase producing bacterium isolated from Kizilcahamam, Turkey. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 57(2): 83-92.
- Coorevits A, Dinsdale AE, Halket G, Lebbe L, De Vos P, Van Landschoot A, Logan NA, 2012. Taxonomic revision of the genus *Geobacillus*: emendation of *Geobacillus*, *G. stearothermophilus*, *G. jurassicus*, *G. toebii*, *G. thermodenitrificans* and *G. thermoglucosidasius* (nom. corrig., formerly 'thermoglucosidasius'); transfer of *Bacillus thermantarcticus* to the genus as *G. thermantarcticus* comb. nov.; proposal of *Caldibacillus debilis* gen. nov., comb. nov.; transfer of *G. tepidamans* to *Anoxybacillus* as *A. tepidamans* comb. nov.; and proposal of *Anoxybacillus caldiproteolyticus* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 62: 1470-1485.
- Dussault HP, 1955. An improve technique for staining for halophilic bacteria. *Journal of Bacteriology*, 70: 484-485.
- Ercan Akkaya S, Kıvanç M, 2008. Isolation and Identification Methods of Gr(+) Bacils Living In Hot Springs. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 02: 61-70.
- Felsenstein J, 1993. PHYLIP (Phylogeny Inference Package), version 3.5.1., Department of Genetics, University of Washington, Seattle, USA.
- Fortina MG, Mora D, Schumann P, Parini C, Manachini PL, Stackebrandt E, 2001. Reclassification of *Saccharococcus caldoxylosilyticus* as *Geobacillus caldoxylosilyticus* (Ahmad et al. 2000) comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51: 2063-2071.
- Futterer O, Angelov A, Liesegang H, Gottschalk G, Schleper C, Schepers B, 2004. Genome sequence of *Picrophilus torridus* and its implications for life around pH 0. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101:9091-6.
- Giaveno MA, MSa Urbieta, Ulloa JR, EGI Toril, Donati ER, 2013. Physiologic versatility and growth flexibility as the main characteristics of a novel thermoacidophilic *Acidianus* strain isolated from Copahue geothermal area in Argentina. *Microbial Ecology*, 65:336-46.
- Kim OS, Cho YJ, Lee K, Yoon SH, Kim M, Na H, Park SC, Jeon YS, Lee JH, Yi H, Won S, Chun J, 2012. Introducing EzTaxon: a prokaryotic 16S rRNA gene sequence database with phylotypes that represent uncultured species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 62: 716-721.
- Kuisiense N, Raugalas J, Chitavichius D, 2004. *Geobacillus lituanicus* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54: 1991-1995.
- Marmur JA, 1961. Procedure for the isolation of deoxyribonucleic acid from micro-organisms. *Journal of Molecular Biology*, 3(2): 208-IN201.
- Nazina TN, Tourova TP, Poltarau AB, Novikova EV, Grigoryan AA, Ivanova AE, Lysenko AM, Petrunya VV, Osipov GA, Belyaev SS, Ivanov MV, 2001. Taxonomic study of aerobic thermophilic bacilli: descriptions of *Geobacillus subterraneus* gen. nov., sp. nov. and *Geobacillus uzenensis* sp. nov. from petroleum reservoirs and transfer of *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus thermocatenulatus*, *Bacillus thermoleovorans*, *Bacillus kaustophilus*, *Bacillus thermodenitrificans* to *Geobacillus* as the new combinations *G. stearothermophilus*, *G. th.* *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51: 433-446.
- Nazina TN, Lebedeva EV, Poltarau AB, Tourova TP, Grigoryan AA, Sokolova DS, Lysenko AM, Osipov GA, 2004. *Geobacillus gargensis* sp. nov., a novel thermophile from a hot spring, and the reclassification of *Bacillus vulcani* as *Geobacillus vulcani* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54: 2019-2024.
- Nazina TN, Sokolova DS, Grigoryan AA, 6 other authors, 2005. *Geobacillus jurassicus* sp. nov., a new thermophilic bacterium isolated from a high-temperature petroleum reservoir, and the validation of the *Geobacillus* species. *Systematic and Applied Microbiology*, 28: 43-53.
- Poli, A., Laezza, G., Gul-Guven, R., Orlando, P. & Nicolaus, B. 2011. *Geobacillus galactosidasius* sp. nov., a new thermophilic galactosidase-producing bacterium isolated from compost. *Systematic and Applied Microbiology*, 34: 419-423.
- Poli A, Guven K, Romano I, Pirinccioglu H, Gul Guven R, Euzeby JPM, Matpan F, Acer O, Orlando P, Nicolaus B, 2012. *Geobacillus subterraneus* subsp. *aromaticivorans* subsp. nov., a Novel Thermophilic and Alkaliphilic Bacterium Isolated from a Hot Spring in Sirnak, Turkey. *Journal of General and Applied Microbiology The Microbiology Research Foundation*. 58: 437-446.

- Rainey FA, Fritze D, Stackebrandt E, 1994. The Phylogenetic diversity of thermophilic members of the genus *Bacillus* as revealed by 16S rRNA analysis. *FEMS Microbiology Letters*, 115: 205-212.
- Rastogi G, Bhalla A, Adhikari A, Bischoff KM, Hughes SR, Christopher LP, et al. 2010. Characterization of thermostable cellulases produced by *Bacillus* and *Geobacillus* strains. *Bioresource Technology*, 101: 8798-806.
- Schäffer C, Franck WL, Scheberl A, Kosma P, McDermott TR, Messner P, 2004. Classification of isolates from locations in Austria and Yellowstone National Park as *Geobacillus tepidamans* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54: 2361-2368.
- Sung MH, Kim H, Bae JW, Rhee SK, Jeon CO, Kim K, Kim JJ, Hong SP, Lee SG, Yoon JH, Park YH, Baek DH, 2002. *Geobacillus toebii* sp. nov., a novel thermophilic bacterium isolated from hay compost. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 52: 2251-2255.
- Urbietta MS, Donati ER, Chan KG, Shahar S, Sin LL, Goh KM, 2015. Thermophiles in the genomic era: Biodiversity, science, and applications. *Biotechnology Advances*, 33: 633-647.

Fatty Acid Composition of Sexes and Body Parts in a Solitary Wasp, *Sphex flavipennis* (Insecta: Hymenoptera)

Yaşar GÜLMEZ¹, Mahfuz ELMASTAŞ²

ABSTRACT: Fatty acid composition in head, thorax, and abdomen of male and female specimens of the solitary wasp species *Sphex flavipennis* was investigated. Samples were collected from their natural habitats in Tokat province (Turkey). It is determined that, unsaturated fatty acids are high in females whereas saturated fatty acids are high in males. Total unsaturated fatty acids of body parts and sexes were found as: 80.19 % in female head, 75.73 % in male head; 81.57 % in female thorax, 81.43 % in male thorax; 79.03 % in female abdomen, 74.68 % in male abdomen. Total saturated fatty acids of body parts and sexes were found as: 19.57 % in female head but 24.67 % in male head; 14.83 % in female thorax, 16.91 % in male thorax; 19.77 % in female abdomen, 22.78 % in male abdomen. The highest amounts of fatty acids are oleic acid and linoleic acid ranging between 27.68 % - 52.65 % and 19.00 % - 37.36 %, respectively. Differences between body parts as well as male and female insects are due to diverse physiological and metabolic functions.

Keywords: Fatty acids, Hymenoptera, *Sphex flavipennis*

Soliter Yaban Arısı, *Sphex flavipennis* (Insecta: Hymenoptera)'in Eşey ve Vücut Kısımlarında Yağ Asit Kompozisyonu

ÖZET: Soliter yaban arısı *Sphex flavipennis* türüne ait erkek ve dişi örneklerin baş, toraks ve abdomen kısımlarında yağ asidi kompozisyonu araştırıldı. Örnekler Tokat ilinde doğal habitatlarından toplandı. Çalışmamızda doymamış yağ asitleri dişilerde, doymuş yağ asitleri ise erkeklerde yüksek bulunmuştur. Eşeyler ve vücut kısımlarına göre toplam doymamış yağ asitleri şu şekilde bulunmuştur: dişinin başında % 80.19, erkeğin başında % 75.73; dişinin toraksında % 81.57, erkeğin toraksında % 81.43; dişinin abdomeninde %79.03, erkeğin abdomeninde % 74.68. Toplam doymuş yağ asitleri şu şekilde bulunmuştur: dişinin başında % 19.57, erkeğin başında % 24.67; dişinin toraksında % 14.83, erkeğin toraksında % 16.91 in; dişinin abdomeninde % 19.77, erkeğin abdomeninde % 22.78. Yağ asitleri arasında en yüksekleri oleik asit ve linoleik asittir, miktarları sırasıyla 27.68% - 52.65% ve 19.00% - 37.36% arasında değişmektedir. Vücut kısımları ile erkek-dişi arasındaki farklılıklar çeşitli fizyolojik ve metabolik fonksiyonlardan kaynaklanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hymenoptera, *Sphex flavipennis*, yağ asitleri

¹ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Tokat, Türkiye

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya, Tokat, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Yaşar GÜLMEZ, yasar.gulmez@gop.edu.tr

INTRODUCTION

Fatty acids perform many vital functions in insects such as reproduction, embryogenesis, metamorphosis, and flight (Canavoso et al., 2003). They also play regulatory role as being pheromones and hormones (Gilbert and Chino, 1974; Sushchik et al., 2013). They are crucial mediators of insect immunity and are responsible for membrane signaling (Uscian and Stanley-Samuelson, 1994; Tunaz et al., 2003; Stanley et al., 2012). Moreover they are the primary energy source during periods of nonfeeding, such as diapause and long migratory flights, and during nonfeeding stages of development (Beenackers et al., 1985; Downer, 1985). Fatty acids serve as precursors in the biosynthesis of pheromones, waxes and eicosanoids and as structural components of membranes and defensive secretions, and they are essential components in the function of the cuticle (Blomquist and Dillwith, 1985; Stanley-Samuelson et al., 1988).

Sphex flavipennis is a solitary wasp species belonging to the Sphecidae family (Insecta: Hymenoptera) known as “thread-waisted wasp”. Its members live in temperate regions all over the world and mostly dig nests in sandy areas. Adult wasps feed on nectar of various flowers, but their larvae feed on insects, such as grasshoppers, paralyzed by adult female wasp (Bohart and Menke, 1976). They are very active during daytime; especially females dig nests, catch and paralyze preys, and carry them to the nest etc. Being active predators they control and limit insect populations in the ecosystems while provisioning for their larvae.

Insect flight muscle, the most active tissue known, increases its oxygen consumption to 50-100 folds during flight (Beenackers et al., 1984). This huge amount of energy is obtained from trehalose, proline, and ketone bodies which are produced from beta oxidation of fatty acids (Gilbert and Chino, 1974; Canavoso et al., 2001; Dooremalen and Ellers, 2010; Arrese and Soulages, 2010). Consequently, lipids play an important role in insect life in many aspects.

Many insect species belonging to different orders have been investigated in terms of fatty acid contents so far (Barlow, 1964; Fast, 1964; Thompson, 1973; Thompson and Barlow, 1974; Nurullahoğlu et al.,

2004; Stewart-Jones et al., 2009; Yocum et al., 2011; Sushchik et al., 2013; Gołebiowski et al., 2013). In some of these studies it was stated that fatty acid composition in insects may differ between sexes and even different developmental stages of the same species (Sushchik et al., 2013; Gołebiowski et al., 2013). However, there is still limited number of investigations about fatty acid contents of different body parts of insects. Most of the studies on fatty acids have been carried out on several species that were reared in laboratory conditions (Fast, 1964; Thompson and Barlow, 1974; Canavoso et al., 2001; Murata and Tojo, 2002; Nurullahoğlu et al., 2004) and the situation in insects that feed naturally in their habitats is a matter of curiosity. The purpose of this study was to determine fatty acid composition of solitary wasp samples, belonging to *Sphex flavipennis*, collected from the field and compare it between sexes and body parts.

MATERIALS AND METHODS

Specimens Collection and Identification

Adult insects were collected using insect net from their natural habitats around Tokat province between 2009-2011. Specimens were identified by one of the authors (Gülmez) and confirmed by comparing with the entomological museum materials found in the Entomological Research Laboratory in Gaziosmanpaşa University, Tokat.

Extraction Procedure

Male and female specimens were separated and their bodies splitted into three parts (head, thorax, and abdomen) each of which then placed in distinct tubes. Before analysis, each body part was disintegrated under liquid nitrogen. After removing nitrogen, crude oil was obtained from disintegrating parts with light petroleum ether (b.p. 40–60°C) in a Soxhlet. The solvent was removed using rotary evaporator. The extracted oil was used for fatty acid analysis. The oils were saponified by the usual procedure according to the Standard IUPAC methods (IUPAC, 1988). Fatty acids were esterified using official methods (AOAC, 1990).

Gas Chromatographic Analyses

Gas chromatographic (GC) analyses were performed using a Perkin Elmer Clarus 500 Series

GC system, in split mode, 50:1, equipped with a flame ionization detector (FID) equipped TR-FAME apolar capillary column (30 m x 0.25 mm and 0.25 m ID).

Helium (0.5 mL min^{-1}) was used as carrier gas. The injector temperature was set at $250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and the FID was operated at $260 \text{ }^{\circ}\text{C}$. An initial column oven temperature of $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ was elevated to $220 \text{ }^{\circ}\text{C}$ at a rate of $2 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ and held for 0 min.

Identification of fatty acid components was accomplished based on comparison of their retention times with those of authentic standards (Supelco 37 Comp. Fatty acid Mix, 18919).

The relative peak area percentages of compounds were calculated based on the FID data.

Statistical Analysis

The means of three groups were compared through Duncan's Multiple-Range Test after all data were subjected to analysis of variance (Anova). Two group means were compared Paired-Samples T Test using SPSS statistical software programme (Norusis, 2002).

RESULTS AND DISCUSSION

In the present study, fatty acid composition of head, thorax, and abdomen of female and male *Sphex flavipennis* species were determined. Most of the fatty acids were significantly differed between sexes and body parts (Table 1). Our results are generally consistent with the findings of the previous studies on other Hymenoptera (Barlow, 1964; Thompson, 1973; Thompson and Barlow, 1974). The results concerning to unsaturated and saturated fatty acids are discussed separately below.

Unsaturated Fatty Acids

Total unsaturated fatty acids range from 74.68 % to 81.57 % (Figure 1) and their distribution in body parts of sexes were as follows: **head**: 80.19 % in female, 75.73 % in male; **thorax**: 81.57 % in female, 81.43 % in male; **abdomen**: 79.03 % in female, 74.68 % in male. The values between head and abdomen of sexes differ statistically significant ($p < 0.01$) (Figure 1). Unsaturated fatty acids are used for diverse physiological functions, such as ovarian development and egg production in female insects (Murata and Tojo, 2002), therefore fatty acid levels may differ between sexes.

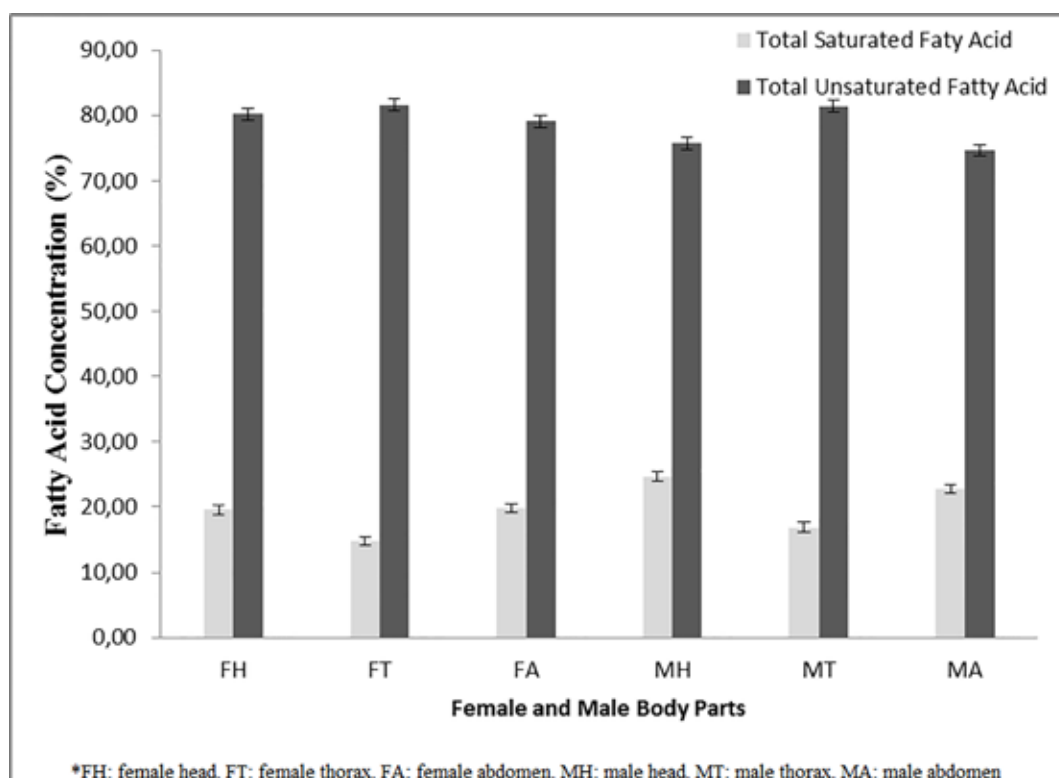


Figure 1. Total saturated fatty acid and total unsaturated fatty acid composition of body parts and sexes

Oleic acid is the highest of the unsaturated fatty acids, which was found as 31.88 % in female head, 27.68 % in male head; 36.91 % in female thorax 33.42 % in male thorax; 52.65 % in female abdomen and 47.43% in male abdomen (Table 1). All the differences between body parts and sexes are statistically significant ($p < 0.01$). Thompson and Barlow (1974) reported oleic acid ranging between 10 % and 54 % in 30 hymenopteran

species and their hosts. Barlow (1964) has found oleic acid in two hymenopteran species (*Neodiprion sertifer* (Geoffroy) *Acanthomyops claviger* (Roger)) 33 % and 54 % respectively. Changing of oleic acid between body parts is thought to be resulted either from the food material, i.e., nectar of flowers, or unique functions of the body parts.

Table 1. Fatty acid composition of body parts and sexes of *Sphex flavipennis*

		Female			Male			SEM	P-value
		Head	Thorax	Abdomen	Head	Thorax	Abdomen		
C10:0	Capric Acid	0.09b	0.00e	0.04d	0.11a	0.06c	0.06c	0.01	0.01
C12:0	Lauric Acid	0.56bc	0.67b	0.42de	0.43cde	1.36a	0.41de	0.06	0.01
C14:0	Myristic Acid	0.52ef	0.55ef	1.18b	0.61e	0.47f	0.75d	0.06	0.01
C15:0	Pentadecylic Acid	0.31c	0.31c	0.18d	0.38bc	0.44a	0.44a	0.03	0.01
C16:0	Palmitic Acid	9.72e	8.29f	11.98d	12.77c	8.76f	13.52c	0.89	0.01
C16:1	Palmitoleic Acid	1.23bc	0.75d	1.15c	1.34b	0.56e	1.14c	0.08	0.01
C17:0	Heptadecylic Acid	0.17e	0.19d	0.11f	0.29b	0.33a	0.17e	0.01	0.01
C17:1		0.08e	0.02g	0.12d	0.08e	0.22c	0.08e	0.03	0.01
C18:0	Stearic Acid	8.07b	4.20e	5.70d	9.94a	5.36d	7.27c	0.36	0.01
C18:1n9c	Oleic Acid	31.88h	36.91f	52.65b	27.68i	33.42g	47.43c	1.75	0.01
C18:2n6c	Linoleic Acid	36.24b	34.41c	19.00f	37.36a	33.40d	21.29e	2.02	0.01
C18:3n3	Linolenic Acid	5.84d	3.61e	3.13fg	3.42ef	10.17a	2.82g	0.52	0.01
C20:0	Arachidic Acid	0.00c	0.47a	0.12b	0.00c	0.00c	0.00c	0.03	0.01
C20:3n6	Arachidonic Acid	0.00g	3.97a	0.48f	1.01d	1.53c	0.68e	0.25	0.01
C22:1n9	Erucic Acid	3.83b	1.28d	1.72c	4.52e	1.45d	0.00f	0.29	0.01
C24:0	Lignoceric Acid	0.13d	0.14cd	0.05e	0.14cd	0.14cd	0.18b	0.04	0.01
C24:1	Nervonic Acid	1.09b	0.62d	0.90c	0.32e	0.70d	1.24a	0.08	0.01
∑Saturated Fatty Aid		19.57f	14.83h	19.77f	24.67c	16.91g	22.78e	0.90	0.01
∑Unsaturated Fatty Acid		80.19b	81.57a	79.03c	75.73d	81.43a	74.68ef	0.76	0.01
UFA/SFA		4.10c	5.50a	4.00c	3.07e	4.82b	3.28d	0.84	0.01

SEM: Standard error of the mean; P: Probability. Different superscript letters within a line differ significantly (Duncan, $p < 0.01$).

Linoleic acid was found as: 36.24 % in female head, 37.36 in male head; 34.41% in female thorax, 33.40 in male thorax; 19.00 % in female abdomen, 21.99 % in male abdomen. It is statistically significant ($p < 0.01$) between all body parts of male and female. Thompson (1973) has found linoleic acid in a wide range, between 3 % and 43 %, in other Hymenoptera species. Barlow (1964) has found linoleic acid in two hymenopteran species (*Neodiprion sertifer* (Geoffroy)

Acanthomyops claviger (Roger)) 45 % and 1 % respectively. Thompson and Barlow (1974) reported linoleic acid ranging between 7 % and 49 % in parasitic hymenopteran species and their hosts.

Linolenic acid was 5.84 % in female head, 3.42 in male head; 3.61 % in female thorax, 10.17% in male thorax. These differences between head and thorax of male and female individuals are statistically significant

($p < 0.01$). It was found as 3.13 % in female abdomen, 2.82 % in male abdomen, which is not statistically significant ($p > 0.05$). Although this fatty acid is higher in female head and abdomen than in male, it was found in male thorax almost three times higher than that of female.

Palmitoleik acid was 1.23 % in female head, 1.34 % in male head similarly it was 1.15 % in female abdomen, 1.14 % in male abdomen. Both of the values are not statistically significant ($p > 0.05$). It was found to be 0.75 % in female thorax, 0.56 % in male thorax, which is statistically significant ($p < 0.01$).

Arachidonic acid was not detected in female head, but was 1.01 % in male head; 3.97 % in female thorax, 1.53 % in male thorax; 0.48 % in female abdomen, 0.68 % in male abdomen. All of these differences are statistically significant ($p < 0.01$).

Erucic acid was 3.83 % in female head, 4.52 % in male head; 1.28 % in female thorax, 1.45 % in male thorax; 1.72 % in female abdomen, not detected in male abdomen. Differences between head and abdomen of female and male are statistically significant ($p < 0.01$), however the difference between thorax of male and female is not ($p > 0.05$).

Nervonic acid has been determined as 1.09 % in female head, 0.32 % in male head; 0.62 % in female thorax, 0.70 % in male thorax; 0.90 % in female abdomen, 1.24 % in male abdomen. Differences between head and abdomen of female and male are statistically significant ($p < 0.01$), however the difference between thorax of male and female is not ($p > 0.05$).

Saturated Fatty Acids

Total saturated fatty acids range from 14.83 % to 24.67 % in the study (Table 1). They were found in body parts as follows: 19.57 % in female head, 24.67 % in male head; 14.83 % in female thorax, 16.91 % in male thorax; 19.77 % in female abdomen, 22.78 % in male abdomen (Table 1). All of the values between male and female body parts differ statistically significantly ($p < 0.01$) (Figure 1). In general, saturated fatty acids in all body parts of males were higher than that of females. Since female wasps are more active than males, probably female wasps used saturated fatty acids for energy consumption more than males.

Palmitic acid has been found as 9.72 % in female head, 12.77 % in male head; 8.29 % in female thorax, 8.76 % in male thorax; 11.98 % in female abdomen, 13.52 % in male abdomen. The differences between head and thorax of male and female insects are statistically significant ($p < 0.01$).

Stearic acid has been found 8.07 % in female head, 9.94 % in male head; 4.20 % in female thorax, 5.36 % in male thorax; 5.7 % in female abdomen, 7.27 % in male abdomen. All the values between male and female body parts differ statistically significant ($p < 0.01$) (Table 1).

Lauric acid, Miristic acid, Pentadecylic acid, Heptadecylic acid, Lignoseric acid, and Arachidic acid are not discussed here since they were found only in trace amounts (less than 1 %) (Table 1).

CONCLUSIONS

In this study, unsaturated fatty acids are found higher than saturated fatty acids in both female and male insects. Essential fatty acids, linoleic acid and linolenic acid, are high in the head and thorax, but low in the abdomen in both sexes. Since essential fatty acids cannot be synthesized *de novo*, it is thought that these fatty acids are taken from food plants via feeding. Essential fatty acids are metabolized for diverse biological functions to some extent in the abdomen, which helps explain their lower levels.

Non-essential fatty acids, either saturated or unsaturated, could be synthesized *de novo* when they are required. Therefore many fatty acids are regulated by living organisms according to their needs. For example, defensive alkaloids are stated to be derived from fatty acids, especially from oleic acid (Attygalle et al., 1994). The reason that oleic acid level is high in the abdomen is its necessity in that body part.

Future studies may be carried out to determine if fatty acid composition could be a useful tool to distinguish between insect taxa, especially morphologically identical ones.

ACKNOWLEDGMENTS

This study is partially supported by Gaziosmanpaşa University BAP, Project Number: 2010/22.

REFERENCES

- Arrese EL, Soulages JL, 2010. Insect Fat Body: Energy, Metabolism, and Regulation. *Annu. Rev. Entomol.*, 55: 207-225.
- Attygalle AB, Blankespoor CL, Eisner T, Meinwald J, 1994. Biosynthesis of a defensive insect alkaloid: Epilachnene from oleic acid and serine. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 91: 12790-12793.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. 15th AOAC International, Washington, DC.
- Barlow JS, 1964. Fatty Acids In Some Insect And Spider Fats. *Canadian journal of Biochemistry*, 42 (10): 1365-1374.
- Beenackers AMT, Van Der Horst DJ, Van Marrewijk WJA, 1984. Insect Flight Muscle Metabolism. *Insect Biochem.*, 14 (3): 243-260.
- Beenackers, A.M.T., Van der Horst, D.J., Van Marrewijk, J.A., Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological processes. *Prog Lipid Res* 1985, 24(1): 19-67.
- Blomquist, G.J., Dillwith, J.W. 1985, Cuticular lipids, pp. 117-154. In: G.A. Kerkut and L.I. Gilbert (eds.), *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*, vol. 10. Pergamon Press, Oxford, England.
- Bohart RM, Menke AS, 1976. Sphecid Wasps of the World. A generic revision. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London. IX+695 p.
- Canavoso LE, Jouni ZE, Karnas KJ, Pennington JE, Wells MA, 2001. Fat Metabolism In Insects. *Annu. Rev. Nutr.*, 21: 23–46.
- Canavoso LE, Stariolo R, Rubiolo ER, 2003. Flight Metabolism in *Panstrongylus megistus* (Hemiptera: Reduviidae): the Role of Carbohydrates and Lipids. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 98 (7): 909-914.
- Dooremalen C, Ellers J, 2010. A moderate change in temperature induces changes in fatty acid composition of storage and membrane lipids in a soil arthropod. *Journal of Insect Physiology*, 56: 178–184.
- Downer, R.G.H., 1985, Lipid metabolism, pp. 77-113. In G.A. Kerkut and L. I. Gilbert (eds.), *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*, vol. 10. Pergamon, Oxford, England.
- Fast PG, 1964. Insect Lipids: A Review. – *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 96: 5-50.
- Gilbert LI, Chino H, 1974. Transport of lipids in insects. *J. Lipid Res.*, 15: 439-456.
- Golebiowski M, Urbanek A, Oleszczaka A, Dawgul M, Kamysz W, Bogus MI, Stepnowski P, 2013. The antifungal activity of fatty acids of all stages of *Sarcophaga carnaria* L. (Diptera: Sarcophagidae). *Microbiol Res.*, 169 (4): 279-286.
- IUPAC, 1988. International Union of Pure and Applied Chemistry, Standard Methods and Applications. Marcel Dekker, New York.
- Murata M, Tojo S, 2002. Utilization of lipid for flight and reproduction in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) *Eur. J. Entomol.*, 99: 221-224.
- Norusis MJ, 2002. SPSS Base 11.5 User's Guide, (Chicago, IL, SPSS Inc.).
- Nurulloğlu ZÜ, Uçkan F, Sak O, Ergin E, 2004. Total lipid and fatty acid composition of *Apanteles galleria* and its parasitized host. *Annals of the Entomological Society of America*, 97: 1000-1006.
- Stanley D, Haas E, Miller J, 2012. Eicosanoids: Exploiting Insect Immunity to Improve Biological Control Programs. *Insects*, 3: 492-510.
- Stanley-Samuelson, D.W., 1988, Jurenka, R.A., Crips, C., Blomquist, G.J., de Renobales, M., 1988, Fatty acids in insects: composition, metabolism and biological significance. *Arch Insect Biochem Physiol* 9(1): 1-33.
- Stewart-Jones A, Stirrup TJ, Hodges RJ, Farman DI, Hall DR, 2009. Analysis of free fatty acids in food substrates and in the dust and frass of stored-product pests: Potential for species discrimination? *Journal of Stored Products Research*, 45: 119–124.
- Sushchik NN, Yurchenko YA, Gladyshev MI, Belevich OE, Kalachova GS, Kolmakova AA, 2013. Comparison of fatty acid contents and composition in major lipid classes of larvae and adults of mosquitoes (Diptera: Culicidae) from a steppe region. *Insect Science*, 20: 585–600.
- Thompson SN, 1973. A Review And Comparative Characterization of the Fatty Acid Compositions of Seven Insect Orders. *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 45B: 467-482.
- Thompson SN, Barlow JS, 1974. The Fatty Acid Composition of Parasitic Hymenoptera and its Possible Biological Significance. *Annals of the Entomological Society of America*, 67(4): 627-632.
- Tunaz H, Park Y, Büyükgüzel K, Bedick JC, Aliza ARN, Stanley DW, 2003. Eicosanoids in Insect Immunity: Bacterial Infection Stimulates Hemocytic Phospholipase A2 Activity in Tobacco Hornworms. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 52: 1–6.
- Uscian JM, Stanley-Samuelson DW, 1994. Fatty acid compositions of phospholipids and triacylglycerols from selected terrestrial arthropods. *Comp. Biochem. Physiol.*, 107B (3): 371-379.
- Yocum GD, Buckner JS, Fatland CL, 2011. A comparison of internal and external lipids of nondiapausing and diapause initiation phase adult Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 159: 163-170.

Assessment of the Combined Effects of Acetamiprid and Propineb in Vivo

Pınar GÖÇ RASGELE¹

ABSTRACT: Pesticides are among commonly used chemicals in agriculture and are one of major environmental pollutants. Acetamiprid and Propineb are widely used to control sucking insects and fungal infections on crops, respectively. The study presented aimed to research genotoxic effects of mixture of Acetamiprid and Propineb, in vivo. It was observed that mixture of Acetamiprid+Propineb increases the frequency of micronucleated polychromatic erythrocytes (MNPCE) at all concentrations for 24 and 48 h depending on concentrations. But these increases were not significant. The combined effect of the Acetamiprid and Propineb on bone marrow cells of mice in vivo was found to be antagonistic in terms of percentage of MNPCE. In addition, mixture of Acetamiprid and Propineb significantly decreased polychromatic erythrocytes/normochromatic erythrocytes (PCE/NCE) ratio at all concentrations. The results of the present investigation revealed that Acetamiprid was non-genotoxic, while mixture of the Acetamiprid and Propineb may have cytotoxic effects for mice bone marrow cells. But, additional in vivo and in vitro mutagenicity studies measuring different levels of DNA damage are still necessary.

Keywords: Mice bone marrow, micronucleus assay, mutagenicity, pesticide mixture

Acetamiprid ve Propinebin Kombine Etkilerinin in Vivo Değerlendirilmesi

ÖZET: Pestisitler tarımda yaygın olarak kullanılan kimyasallardır ve önemli çevre kirleticilerindedirler. Acetamiprid ve Propineb ürünlerde görülen fungal hastalıkları ve entomolojik patojenleri kontrol etmek için yaygın olarak kullanılırlar. Bu çalışmada Acetamiprid ve Propineb pestisit karışımlarının genotoksik etkilerinin in vivo araştırılması amaçlanmıştır. Acetamiprid+Propineb karışımının tüm konsantrasyonlarının 24 ve 48 saatlik muamelelerde konsantrasyonlara bağlı olarak mikronukleuslu polikromatik eritrosit (MNPCE) frekansını arttırdığı gözlemlendi. Fakat bu artışlar anlamlı bulunmamıştır. Acetamiprid ve Propineb'in fare kemik iliği hücreleri üzerine olan kombine etkisinin MNPCE yüzdesi bakımından antagonistik olduğu bulunmuştur. Ayrıca, Acetamiprid ve Propineb karışımı polikromatik eritrosit/normokromatik eritrosit (PCE/NCE) oranını tüm konsantrasyonlarda anlamlı olarak azaltmıştır. Çalışmanın sonuçları Acetamiprid'in non-genotoksik olduğunu, Acetamiprid ve Propineb karışımının fare kemik iliği hücreleri için sitotoksik etkilere sahip olabileceğini göstermiştir. Fakat DNA hasarının farklı seviyelerini ölçen ilave in vivo ve in vitro mutajenite çalışmaları yapılması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Fare kemik iliği, mikronukleus yöntemi, mutajenite, pestisit karışımı

¹ Düzce Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

² *Sorumlu yazar/Corresponding Author: Pınar GÖÇ RASGELE, pinargocrasgele@gmail.com

INTRODUCTION

Pesticides have remained to be threat to the human, environment and other organisms for many years due to their bioaccumulations and persistence in the ecosystems. As much as 4.6 million tons of pesticides are released annually into the environment and this situation becomes a serious health concern, which has resulted in the adverse effects for all living creatures and environment (Zhang et al., 2011). Occupationally or incidentally, all living organisms are exposed to most of chemicals such as pesticides, their mixtures, and harmful gases in the air. The undesired effects of pesticides such as genotoxic, cytotoxic and carcinogenic have been showed (Costa et al., 2006; Pandey, 2008; Blair and Freeman, 2009; Kaymak and Rasgele, 2009; Kumar, 2010; Muranli and Guner, 2011).

Many investigations have been carried out on the genotoxic effects of individual pesticides (Giri et al., 2002; Rasgele and Kaymak, 2006; Kocaman and Topaktas, 2007; Costa et al., 2009; Kocaman et al., 2012; Srivastava et al., 2012). In addition, it is well known that the different effects such as additive, synergistic or antagonistic ones can be observed in the pesticide mixtures (Amorim et al., 2012; Schnug et al., 2014; Shaik et al., 2016; Taillebois and Thany, 2016). Therefore, the determination of genotoxic effects of pesticides mixtures as well as individual pesticides by using different organisms is crucial in environmental studies and combined effects of them should be considered to evaluate the genetic risk.

Acetamiprid (N-[(6-chloro-3-pyridyl) methyl]-N'-cyano-N-methyl-acetamide) is a neonicotinoid insecticide and is used to control sucking insects on crops. Neonicotinoid insecticides are crucially potent neurotoxic insecticides that act as agonists on the nicotinic acetylcholine receptors (Tomizawa and Yamamoto, 1993). Although classified as an "unlikely" carcinogen for human, it has been reported to be clastogen in Chinese hamster ovary (CHO) cells (EPA, 2002). Furthermore, Kocaman and Topaktas (2007) have reported that Acetamiprid induced chromosome aberration (CA), sister chromatid exchange (SCE) and micronucleus (MN) formation in human peripheral lymphocytes.

Propineb (Polymeric zinc 1,2-propylenebis (dithiocarbamate), belongs to the dithiocarbamate group of fungicides, is used as an effective agent in the control of plant diseases in a wide range of crops in agriculture (Soloneski et al., 2003). There are many negative results on the effects of Propineb in various test systems such as in Ames test with *Salmonella typhimurium*, in unscheduled DNA synthesis (UDS) test with rat hepatocytes, in the Hypoxanthine-

guanine phosphoribosyltransferase (HGPRT) test with CHO cells, and in dominant lethal mutation test with mice (Watson, 1993). Furthermore, Rolandi et al. (1984) reported that it was observed no statistically significant increase in the frequency of micronuclei at any of tested doses of Propineb. Although classified as an "unlikely" acute hazard in normal use by World Health Organization, Propineb has moderate to low acute toxicity in mice, rats, hamsters, cats and sheep (Watson, 1993). It was observed that many pesticides in which propineb is implicit cause a significant increase in CA and MN frequencies of many people who use pesticides in agricultural areas (Bolognesi et al., 1993; Pasquini et al., 1996; Falck et al., 1999; Pastor et al., 2001; Pazy-Mino et al., 2002). In our earlier publication (Rasgele et al., 2014), it was showed in mice that Propineb induced significantly formation of micronucleus at 25 and 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ concentrations for 24 h and at the highest (50 $\mu\text{g mL}^{-1}$) concentration for 48 h. Moreover, significant decline for PCE/NCE ratio was obtained at the same concentrations for 24 and 48 h. Numerous genotoxicity markers such as gene mutation assay, chromosome aberration assay and DNA damage assay have been developed for the detection of early biological effects induced by pesticides (Sato and Tomita, 2001). Micronucleus (MN) assay is a tool of great interest in toxicity risk assessment due to its simplicity, accuracy, wide tissue applicability and has been recently used for identification of genotoxic effects (Heddle, 1973; Schmid, 1975; Decordier and Kirsch-Volders, 2006). An increase in the frequency of MNPCE and a decrease in PCE/NCE ratio in treated animals determine genotoxicity and cytotoxicity, respectively (Heddle, 1973).

Acetamiprid and Propineb are commonly used on agricultural crops such as tomato, potato, melon, apple, tobacco, either separately or in combination (Karaca et al., 2009). But, there are a few studies on the genotoxicity of Acetamiprid and Propineb (Rolandi et al. 1984; Barrera et al., 2008; Kocaman and Topaktas, 2010; Cavas et al., 2012), there is no available investigation about mutagenicity of mixtures of Acetamiprid and Propineb *in vivo* in bone marrow cells of *Mus musculus*. The aim of this study was to investigate the frequencies of micronucleated erythrocytes following exposure mixtures of Acetamiprid and Propineb in bone marrows cells of mice using micronucleus assay due to commonly use of these pesticides and lack of information about their genotoxicities *in vivo*. Although we have published our results related to effect of Propineb (Rasgele et al., 2014), the data from that publication will be used to be able to make clear explanations and discussions in this paper because pesticide mixture we used has Propineb.

MATERIAL AND METHODS

Chemicals: In this study, the trading formula of Acetamiprid (containing 20% as active agent; CAS No. 135410-20-7) and Propineb (containing 70% as active agent; CAS No. 12071-83-9) were used as the test materials. The commercial formulations of Acetamiprid and Propineb were purchased from Safa Agriculture and Bayer from Turkey, respectively. The chemical structures of Acetamiprid and Propineb are shown in Figures 1 and 2. Giemsa (CAS No. 51811-82-6) and May Grunwald (CAS No. 17372-87-1) was obtained from Merck®. Mitomycin C (MMC; CAS No. 50-07-7) was used as the positive control while distilled water was used as the negative control. All test solutions were prepared just before each experiment.

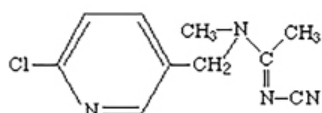


Figure 1. Chemical structure of acetamiprid

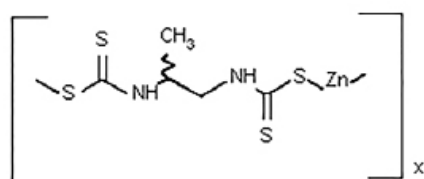


Figure 2. Chemical structure of propineb

Selection of Concentrations: The concentrations used were selected according to the results of a preliminary study. In the preliminary study, the concentrations were selected on the basis of doses used against diseases on crops such as tomato, potato, melon, apple, and tobacco (Karaca et al., 2009). The concentrations of mixtures of Acetamiprid and Propineb that were dissolved in water (0.625+12.5; 1.25+25; 2.5+50; 5+100; 10+200) $\mu\text{g mL}^{-1}$ were used. In the preliminary study, it was observed that the mixtures of Acetamiprid and Propineb exhibited high cytotoxic effects in their two highest concentrations (5+100; 10+200) $\mu\text{g mL}^{-1}$ and decreased the ratio of dividing cells at these concentrations in 48h treatment period. Based on the cytotoxicity of the test chemicals, the first three concentrations (0.625+12.5; 1.25+25; 2.5+50) $\mu\text{g mL}^{-1}$ were determined as the concentrations to be tested in this study. In addition, pesticides were also tested separately in order to determine whether these pesticides would become effective or not when they are alone.

Experimental Animals: Experiments were performed on 8-10 week old male *Mus musculus* obtained from Abant Izzet Baysal University Experimental Animals Applications and Research Center, Turkey. Mice kept in polyethylene boxes, in controlled environment of temperature, humidity and light provided by the Abant Izzet Baysal Center where experiments were carried out. The experiment was approved by the Ethics Committee of Abant Izzet Baysal University in Turkey.

Fifteen groups were set with 180 mice were randomly allocated. Each group had 12 mice which half of them kept treated 24 hours the other half 48 hours. The groups were as follows:

* Acetamiprid test

Group I (negative control) with distilled water

Group II (positive control) with MMC (0.2 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

Group III with Acetamiprid (0.625 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

Group IV with Acetamiprid (1.25 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

Group V with Acetamiprid (2.50 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

* Propineb test

Group VI (negative control) with distilled water

Group VII (positive control) with MMC (0.2 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

Group VIII with Propineb (12.5 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

Group IX with Propineb (25 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

Group X with Propineb (50 $\mu\text{g mL}^{-1}$)

* The mixture of Acetamiprid and Propineb test

Micronucleus (MN) Assay: Acetamiprid at concentrations of (0.625, 1.25 and 2.50) $\mu\text{g mL}^{-1}$ and Propineb at concentrations of (12.5, 25 and 50) $\mu\text{g mL}^{-1}$ was given by i.p. route a single injection (0.01 mL per gram of animal) for 24 and 48h. In addition, their mixture was administrated at the same test concentrations over the same period. Slides were prepared by the method described by Schmid (1975) and Aaron et al. (1989) with minor revisions as shown below. The cells were removed from bone marrow with fetal calf serum, and the homogenate was centrifuged for 10 min at 2000 rpm. The pellets were resuspended in a drop of serum, plastered it on a slide glass, fixed with methanol and stained with May Grunwald for 3 min, May Grunwald:distilled water (1:1) for 2 min, 10 % Giemsa in Sorensen buffer for 10 min (Rasgele et al., 2014).

Measurement of Micronucleus and PCE/NCE: A total of 2000 erythrocytes were scored for each animal at a magnification of x1000. The numbers of MNPCE and MNNCE were counted. PCE/NCE ratio was calculated.

Statistical Analysis: The data were analysed by using SPSS 20 for Windows and results obtained were expressed as mean \pm SE. The Kruskal-Wallis test was performed followed by the Mann-Whitney U test to compare the statistical significance of the differences between treated and control groups.

Exposure-response relationship was identified using Pearson correlation analysis. $P < 0.05$ was considered as the level of significance.

Measured values were compared with expected values. The expected mean value and SE were calculated

Measured values > Expected values (insignificantly)	→	Additive effect
Measured values > Expected values (significantly)	→	Synergistic effect
Measured values < Expected values (significantly)	→	Antagonistic effect

RESULTS and DISCUSSION

Experiments were carried out to determine the effects of mixture of two pesticides on micronucleus formation on bone marrow cells as well as sole application of these pesticides.

An increase in the frequency of MNPCE in treated animals determines genotoxicity (Heddle, 1973). According to this, Acetamiprid did not significantly increase MNPCE frequency at any concentrations. In our earlier publication (Rasgele et al., 2014), Propineb induced significantly formation of micronucleus at 25 and 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ concentrations for 24 h and at the highest (50 $\mu\text{g mL}^{-1}$) concentration for 48 h. In the present study, the mixture of Acetamiprid and Propineb showed an antagonistic effect at the all treatment times and concentrations except 0.625+12.5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ mixture treatment for 24h (Table 1). Increases in the frequency of MNPCE were in a dose-dependent.

A decrease in PCE/NCE ratio is indicative for bone marrow cytotoxicity (Heddle, 1973). 1.25 $\mu\text{g mL}^{-1}$ concentration of Acetamiprid significantly decreased PCE/NCE ratio for 24h compared with negative control, but not in others. In our earlier publication (Rasgele et al., 2014), significant reduction for the PCE/NCE ratio was observed at 25 and 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ concentrations of Propineb for 24 h and at the highest (50 $\mu\text{g mL}^{-1}$) concentration for 48 h. Moreover, the mixture

as following (Klaric et al., 2008). Mean % (expected for Acetamiprid+Propineb) = mean % (Acetamiprid) + mean % (Propineb) - 100% (control)

SE (expected for Acetamiprid+Propineb) = $[(\text{SE for Acetamiprid})^2 + (\text{SE for Propineb})^2]^{1/2}$

The non-parametric Mann Whitney U test was used to detect significance of difference between expected and measured values.

Additive, synergistic and antagonistic effects were evaluated to interpret effects of mixtures.

of Acetamiprid and Propineb showed a significant synergistic effect at the all concentrations and treatment times due to reduction of PCE/NCE ratio compared to negative control (Table 1).

The data were underwent to linear regression analysis which fit well to define the exposure-response for 24 and 48 h. Acetamiprid, Propineb and mixture of them caused a significant dose-dependent decrease of the PCE/NCE ratio for 24 and 48h (Figure 3).

In order to detect the combined actions such as additive, and antagonistic of compounds, the expected mean value and SE were calculated and measured values were compared to expected values (Klaric et al., 2008). The measured % MNPCE was significantly below the expected values, that is, antagonistic effect was observed at all concentrations of mixture for 24 and 48 h treatments (Figure 4). The measured % PCE/NCE ratio was significantly below the measured values, that is, synergistic effect was observed at all concentrations of mixture for 24 and 48 h treatments (Table 1).

The study presents the first in vivo evidence for the genotoxicity of mixtures of Acetamiprid and Propineb in bone marrow cells of mice. The results of the present study revealed that mixture of Acetamiprid+Propineb increase the frequency of MNPCE at all concentrations for 24 and 48 h depending on concentrations. But these increases were not significant.

Table 1. A comparison of the between combined and individual effects of Acm and Pro in bone marrow cells of mice for 24 and 48 h treatment times

Test substance	Total cell number/ mice number	Concentrations ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	% MNPCE (mean \pm SE)		PCE/NCE (mean \pm SE)	
			24 h	48 h	24 h	48 h
Negative control	12000/6	-	24.00 \pm 1.46	20.66 \pm 0.84	1.78 \pm 0.08	1.75 \pm 0.07
Positive control	12000/6	0.2	49.66 \pm 1.81**	51.66 \pm 1.74**	0.66 \pm 0.03**	0.64 \pm 0.02***
Acm	12000/6	0.625	17.33 \pm 2.23	20.00 \pm 2.00	1.81 \pm 0.10	1.60 \pm 0.11
	12000/6	1.25	21.66 \pm 1.58	22.66 \pm 1.22	1.51 \pm 0.06*	1.48 \pm 0.13
	12000/6	2.5	29.66 \pm 3.44	27.33 \pm 2.71	1.87 \pm 0.15	1.80 \pm 0.16
Negative control	12000/6	-	17,66 \pm 0,95	18,66 \pm 0,84	1,66 \pm 0,11	1,59 \pm 0,06
Positive control	12000/6	0.2	51,66 \pm 5,64**	45,00 \pm 3,37***	0,71 \pm 0,05***	0,67 \pm 0,02***
Pro ^a	12000/6	12.5	17,00 \pm 1,52	20,33 \pm 1,89	1,39 \pm 0,17	1,66 \pm 0,06
	12000/6	25	21,33 \pm 1,11*	21,33 \pm 1,68	1,01 \pm 0,10**	1,65 \pm 0,03
	12000/6	50	50,66 \pm 6,60**	33,00 \pm 2,11***	0,94 \pm 0,15**	1,19 \pm 0,08**
Negative control	12000/6	-	16.00 \pm 0.73	16.33 \pm 1.40	1.68 \pm 0.10	1.61 \pm 0.06
Positive control	12000/6	0.2	53.33 \pm 4.72***	46.33 \pm 3.59***	0.67 \pm 0.03***	0.66 \pm 0.01***
Mix of Acm and Pro	12000/6	0.625 + 12.5	9.33 \pm 1.52	7.33 \pm 1.90 ^c	1.29 \pm 0.10**	1.22 \pm 0.12*
	12000/6	1.25 + 25	8.33 \pm 0.95 ^d	10.66 \pm 2.71 ^c	0.92 \pm 0.61***	0.67 \pm 0.03***
	12000/6	2.5 + 50	12.00 \pm 1.03 ^d	14.33 \pm 1.81 ^d	0.82 \pm 0.65***	0.65 \pm 0.03***

^aRasgele et al. (2014). Acm: Acetamidrid; h: hour; MNPCE: Micronucleated polychromatic erythrocyte; NCE: Normochromatic erythrocyte; PCE: Polychromatic erythrocyte; Pro: Propineb; SE: Standard error.

p \leq 0.05; *p \leq 0.01; ****p \leq 0.001

* As compared to the negative control value,

b, c, d Each substance alone as compared to a combination of two pesticide.

There are many studies on pesticide mixtures' poisoning because of occupational and environmental reasons; but, no available investigation about genotoxicity of mixtures of Acetamidrid and Propineb in vivo in bone marrow cells of mice had not been found in the literature. The mixture of Acetamidrid and Propineb showed antagonistic action in bone marrow cells of mice. Our results were in parallel with the reports of Santamaria et al., (1997) and Piatti et al., (1994), which mixture of different insecticides and fungicides showed antagonistic effect. In the contrary many researches have

been reported that the combinations of pesticide showed synergistic effect in bone marrow cells of mice (Meisner et al., 1992; Chauhan et al., 2005; Karabay and Oguz, 2005; Demsia et al., 2007; Sekeroglu et al., 2013) and human peripheral blood lymphocytes (Dolara et al., 1992; Roloff et al., 1992; Das et al., 2007; Demsia et al., 2007; Kocaman and Topaktas, 2010; Muranli et al., 2015). The differences of chemical structure of pesticides and different test systems used in these investigations may be responsible for the different genotoxic results of pesticide mixtures.

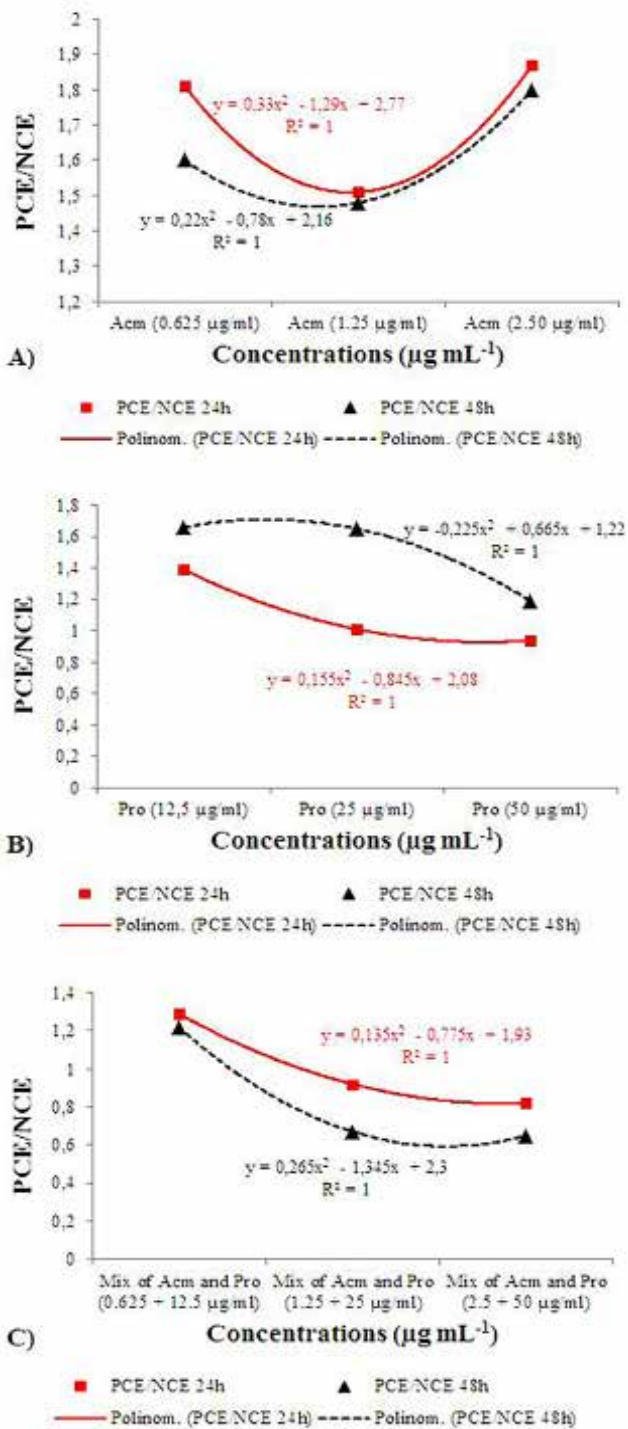


Figure 3. Dose related decrease of PCE/NCE ratio after exposure of Acetamidrid, Propineb and mixture of them for 24 and 48 h.

Propineb individually showed genotoxic effect in mice bone marrow cells (Rasgele 2014); but, Acetamidrid did not show any genotoxic affect. It can be found similar results in earlier literature (Rasgele et al., 2014). These findings could be attributed to different mechanisms involved pesticide action and chemistry.

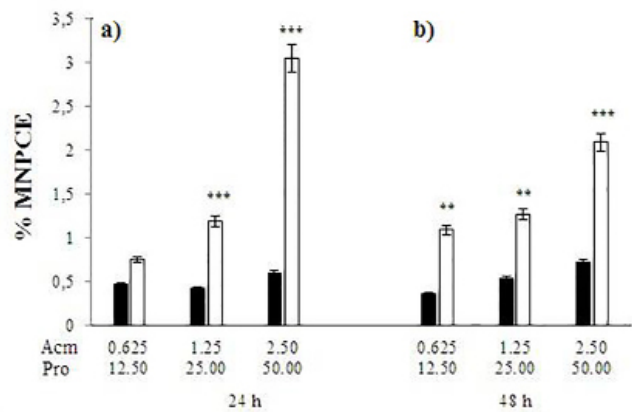


Figure 4. Percentage of micronucleated polychromatic erythrocytes (MNPCE) (Mean \pm S.E.) in bone marrow cells of mice exposed to mixtures of Acetamidrid and propineb (Propineb) for 24 (a) and 48 h (b). Dark and white bars represent the measured values and the expected values, respectively. ** and *** represent significant antagonistic effects, respectively ($P < 0.05$)

The mechanisms of genotoxicity of Acetamidrid and Propineb are not yet known. It was reported that Acetamidrid induced reactive oxygen species (ROS) generation in three bacteria species (Yao et al., 2006) and plants (Ford et al., 2011). Moreover, Jie et al., (2003) have indicated that Acetamidrid might interact with DNA through a non-intercalative way. Guven et al. (1998) have reported that Propineb, as all dithiocarbamates, interferes with the synthesis and metabolism of proteins, due to its isocyanic metabolites and so these intermediates cause the activation/inactivation of sulphidril groups (-SH) present in aminoacids, proteins and enzymes (Lages et al., 2009). In addition, Rath et al., (2011) have noticed that the dithiocarbamate anions are highly reactive which can conjugate with other molecules containing SH groups and form metal chelates. The multisite interactions of dithiocarbamate give them advantage to influence the biological activities of different proteins, enzymes, and exert toxic effects. However, it is also known that the effects of mixtures of pesticide may differ from the individual effects of each pesticide (Marinovich et al., 1996).

CONCLUSIONS

The combined effect of the Acetamidrid and Propineb on bone marrow cells of mice in vivo was found non genotoxic in spite of genotoxic effect of Propineb alone. But, Acetamidrid and Propineb pesticides have cytotoxic effect when used in combination. Mixtures studies are very important to evaluate exposure to these compounds.

Occupational and environmental pesticide intoxication have threatened both public and environment health because of their excessive and unconscious uses. For this reason, it should be necessary to be careful when using these chemicals in agricultural areas and should take precautions.

ACKNOWLEDGMENT

This study was a part of scientific research titled “Micronucleus induction in mice bone marrow and human lymphocytes after exposure to mixture of pesticides acetamiprid-propineb” and it was supported by Duzce University Scientific Research Fund [Project Number = 2011.05.01.070]. The author thanks Fulya Dilek Gokalp and Meral Kekecoglu for supports.

REFERENCES

- Aaron CS, Sorg R, Zimmer D, 1989. The mouse bone marrow micronucleus test: evaluation of 21 drug candidates. *Mutation Research*, 223(2): 129-140.
- Amorim MJB, Pereira C, Menezes-Oliveira VB, Campos B, Soares AMVM, Loureiro S, 2012. Assessing single and joint effects of chemicals on the survival and reproduction of *Folsomia candida* (Collembola) in soil. *Environmental Pollution*, 160: 145- 152.
- Barrera CH, Pardo LC, Cortina GD, 2008. Antracol WP 70 genotoxicity in human lymphocyte cultures. *Colombia Médica*, 39: 29-34.
- Bianchi-Santamaria A, Gobbi M, Cembran M, Arnaboldi A, 1997. Human lymphocyte micronucleus genotoxicity test with mixtures of phytochemicals in environmental concentrations. *Mutation Research*, 388(1): 27-32.
- Blair A, Freeman LB, 2009. Epidemiologic studies in agricultural populations: observations and future directions. *Journal of Agromedicine*. 14(2): 125-131.
- Bolognesi C, Parrini M, Merlo F, Bonassi S, 1993. Frequency of micronuclei in lymphocytes from a group of floriculturists exposed to pesticides. *Journal of Toxicological Environmental Health*, 40: 405-411.
- Chauhan LKS, Chandra S, Saxena PN, Gupta SK, 2005. In vivo cytogenetic effects of a commercially formulated mixture of cypermethrin and quinalphos in mice. *Mutation Research*, 587(1): 120-125.
- Costa C, Teixeira JP, Silva S, Roma-Torres J, Coelho P, Gaspar J, Mayan O, 2006. Cytogenetic and molecular biomonitoring of a Portuguese population exposed to pesticides. *Mutagenesis*, 21(5): 343-350.
- Costa C, Silvani V, Melchini A, Catania S, Heffron JJ, Trovato A, De Pasquale R, 2009. Genotoxicity of imidacloprid in relation to metabolic activation and composition of the commercial product. *Mutation Research*, 672(1): 40-44.
- Cavas T, Cinkilic N, Vatan O, Yılmaz D, Coşkun M, 2012. In vitro genotoxicity evaluation of acetamiprid in CaCo-2 cells using the micronucleus, comet and γ H2AX foci assays. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104(3): 212-217.
- Das PP, Shaik AP, Jamil K, 2007. Genotoxicity induced by pesticide mixtures: in-vitro studies on human peripheral blood lymphocytes. *Toxicology and Industrial Health*, 23(8): 449-458.
- Decordier I, Kirsch-Volders M, 2006. The in vitro micronucleus test: from past to future. *Mutation Research*, 607: 2-4.
- Demsia G, Vlastos D, Goumenou M, Matthopoulos DP, 2007. Assessment of the genotoxicity of imidacloprid and metalaxyl in cultured human lymphocytes and rat bone-marrow. *Mutation Research*, 634(1): 32-39.
- Dolara P, Salvadori M, Capobianco T, Torricelli F, 1992. Sister-chromatid exchanges in human lymphocytes induced by dimethoate, omethoate, deltamethrin, benomyl and their mixture. *Mutation Research Letters*, 283(2): 113-118.
- EPA, 2002. United States Office of Prevention, Pesticides Environmental Protection and Toxic Substances Agency (7501C) Pesticide Fact Sheet Name of Chemical: Acetamiprid Reason for Issuance: Conditional Registration Date Issued. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-099050_15-Mar-02.pdf (Erişim tarihi: 04 Nisan 2016).
- Falek GCM, Hirvonen A, Scarpato R, Saarikoski ST, Migliore L, Norppa H, 1999. Micronuclei in blood lymphocytes and genetic polymorphism for GSTM1, GSTT1 and NAT2 in pesticide-exposed greenhouse workers. *Mutation Research*, 441(2): 225-237.
- Kaymak F, Rasgele PG, 2009. Genotoxic Effects of Raxil on Root Tips and Anthers of *Allium cepa* L. *Caryologia*, 62(1): 1-9.
- Ford KA, Gulevich AG, Swenson TL, Casida JE, 2011. Neonicotinoid insecticides: oxidative stress in planta and metallo-oxidase inhibition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9): 4860-4867.
- Giri S, Prasad SB, Giri A, Sharma GD, 2002. Genotoxic effects of malathion: an organophosphorus insecticide, using three mammalian bioassays in vivo. *Mutation Research*, 514(1): 223-231.
- Güven K, Deveci E, Akba O, Onen A, De Pomerai D, 1998. The accumulation and histological effects of organometallic fungicides Propineb and Maneb in the kidneys of fetus and female rats during pregnancy. *Toxicology Letters*, 99(2): 91-98.
- Heddle JA, 1973. A rapid in vivo test for chromosomal damage. *Mutat. Res.*, 18: 187-190.
- Jie N, Hou S, Du F, Huang L, Jiang G, Lv S, 2003. Study on the interaction between nucleic acids and acetamiprid. *Nucleosides, Nucleotides and Nucleic Acid*, 22(10): 1859-1866.
- Karabay NU, Oguz MG, 2005. Cytogenetic and genotoxic effects of the insecticides, imidacloprid and methamidophos. *Genetic Molecular Research*, 4(4): 653-662.
- Karaca C, Sahin ME, Turabi MS, Dursun N, Altunoglu CC, Bedir C, Akyazi H, Keles R, Bahce UU, Ozer O, Algan N, Ocalan, Karatas GP, 2009. According to drug recommendations, Plant Protection Products, T. C. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Protection and Control, System Offset, Ankara, Turkey, 238-239p.
- Klaric MŠ, Rumora L, Ljubanović D, Pepeljnjak S, 2008. Cytotoxicity and apoptosis induced by fumonisin B1, beauvericin and ochratoxin A in porcine kidney PK15 cells: effects of individual and combined treatment. *Archives of Toxicology*, 82(4): 247-255.
- Kocaman AY, Topaktas M, 2007. In Vitro evaluation of the genotoxicity of acetamiprid in human peripheral blood lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 48: 483-490.

- Kocaman AY, Topaktas M, 2010. Genotoxic Effects of a Particular Mixture of Acetamiprid and α -Cypermethrin on Chromosome Aberration, Sister Chromatid Exchange, and Micronucleus Formation in Human Peripheral Blood Lymphocytes. *Environmental Toxicology*, 2: 157-168.
- Kocaman AY, Rencuzogullari E, Topaktas M, 2012. In vitro investigation of the genotoxic and cytotoxic effects of thiacloprid in cultured human peripheral blood lymphocytes. *Environmental Toxicology*, 29(6): 631- 641.
- Kumar S, 2010. Effect of 2, 4-D and isotroturon on chromosomal disturbances during mitotic division in root tip cells of *Triticum aestivum* L. *Cytology and Genetics*, 44(2): 79-87.
- Lages N, Balcão V, Nunes B, 2009. Risk assessment of human consumption of potentially contaminated red swamp crayfish (*Procambarus clarkia*): a conceptual approach. *Rev. Faculdade de Ciencias da Saude*, 6: 332-342.
- Lander F, Knudsen LE, Gamborg MO, Järventaus H, Norppa H, 2000. Chromosome aberrations in pesticide-exposed greenhouse workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 26: 436-442.
- Lee WJ, Cha ES, Park J, Ko Y, Kim HJ, Kim J, 2012. Incidence of acute occupational pesticide poisoning among male farmers in South Korea. *American Journal of Industrial Medicine*, 55(9): 799-807.
- Marinovich M, Ghilardi F, Galli CL, 1996. Effect of pesticide mixtures on in vitro nervous cells: comparison with single pesticides. *Toxicology*, 108(3): 201-206.
- Meisner LF, Belluck DA, Roloff BD, 1992. Cytogenetic effects of alachlor and/or atrazine in vivo and in vitro. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 19(1): 77-82.
- Muranli FDG, Güner U, 2011. Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in erythrocytes of mosquito fish (*Gambusia affinis*) following exposure to the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin. *Mutation Research*, 726(2): 104-108.
- Muranli FDG, Rasgele PG, Kekecoglu M, Kanev M, Ozdemir K, 2015. Potential Genotoxicity of Acetamiprid and Propineb Singly or in Combination in Cultured Human Peripheral Blood Lymphocytes By Using MN Assay. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24: 3947-3955.
- Pandey RM, 2008. Cytotoxic effects of pesticides in somatic cells of *Vicia faba* L. *Cytology and Genetics*, 42(6): 373-377.
- Pasquini R, Scassellati-Sforzolini G, Angeli G, Fatigoni C, Monarca S, Beneventi L, Bauleo FA, 1996. Cytogenetic biomonitoring of pesticide-exposed farmers in central Italy. *J Environ Pathol Toxicol Oncol.*, 15(1): 29-39.
- Pastor S, Gutiérrez S, Creus A, Xamena N, Piperakis S, Marcos R, 2001. Cytogenetic analysis of Greek farmers using the micronucleus assay in peripheral lymphocytes and buccal cells. *Mutagenesis*, 16(6): 539-545.
- Pazy-Miño C, Bustamante G, Sánchez ME, Leone PE, 2002. Cytogenetic monitoring in a population occupationally exposed to pesticides in Ecuador. *Environmental Health Perspectives*, 110(11): 1077-1080.
- Piatti E, Marabini L, Chiesara E, 1994. Increase of micronucleus frequency in cultured rat hepatocytes treated in vitro with benomyl and pirimiphos-methyl separately and in mixture. *Mutation Research Letters*, 324(1): 59-64.
- Rasgele PG, Kaymak F, 2006. The cytogenetic effects of logran on bone marrow cells of *Mus musculus*. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9: 2781-2786.
- Rasgele PG, Muranli FDG, Kekecoglu M, 2014. Assessment of the Genotoxicity of Propineb in Mice Bone Marrow Cells Using Micronucleus Assay. *Cytology and Genetics*, 48(4): 233-237.
- Rath NC, Rasaputra KS, Liyanage R, Huff GR, Huff WE, 2011. Dithiocarbamate toxicity-An appraisal. *Pesticides in the Modern World-Effects of Pesticides Exposure*, ed. M. Stoytcheva, InTech Publishing Online. New York, 323-340p.
- Reffstrup TK, Larsen JC, Meyer O, 2010. Risk assessment of mixtures of pesticides. *Current approaches and future strategies. Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 56(2): 174-192.
- Rolandi A, De Marinis E, De Caterina M, 1984. Dithiocarbamate pesticides: Activity of Propineb in the micronucleus test in mice. *Mutation Research*, 135: 193- 197.
- Roloff BD, Belluck D, Belluck A, Meisner LF, 1992. Cytogenetic studies of herbicide interactions in vitro and in vivo using atrazine and linuron. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 22(3): 267-271.
- Shaik AS, Shaik AP, Jamil K, Alsaee AH, 2016. Evaluation of cytotoxicity and genotoxicity of pesticide mixtures on lymphocytes. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 1-7.
- Sato S, Tomita I, 2001. Short term screening method for the prediction of carcinogenicity of chemical substances: current status and problems of an in vivo rodent micronucleus assay. *Journal of Health Sciences*, 47(1): 1-8.
- Schmid W, 1975. The micronucleus test. *Mutation Research*, 31: 9-15.
- Schnug L, Leinaas HP, Jensen J, 2014. Synergistic sub-lethal effects of a biocide mixture on the springtail *Folsomia fimetaria*. *Environmental Pollution*, 186: 158-164.
- Shaham J, Kaufman Z, Gurvich R, Levi Z, 2001. Frequency of sister-chromatid exchange among greenhouse farmers exposed to pesticides. *Mutation Research*, 491(1): 71-80.
- Soloneski S, Reigosa MA, Larramendy ML, 2003. Effect of the dithiocarbamate pesticide zineb and its commercial formulation, the azzurro: V. Abnormalities induced in the spindle apparatus of transformed and non-transformed mammalian cell lines. *Mutation Research.*, 536(1): 121-129.
- Srivastava AK, Ali W, Singh R, Bhui K, Tyagi S, Al-Khedhairi AA, Shukla Y, 2012. Mancozeb-induced genotoxicity and apoptosis in cultured human lymphocytes. *Life Sciences*, 90(21): 815-824.
- Sekeroglu V, Sekeroglu ZA, Kefelioglu H, 2013. Cytogenetic effects of commercial formulations of deltamethrin and/or thiacloprid on Wistar rat bone marrow cells. *Environmental Toxicology*, 28(9): 524-531.
- Taillebois E, Thany SH, 2016. The Differential Effect of Low-Dose Mixtures of Four Pesticides on the Pea Aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Insects*, 53: 1-7.
- Tomizawa M, Yamamoto I, 1993. Structure-activity relationships of nicotinoids and imidacloprid analogs. *Nihon Noyaku Gakkaishi (J. Pestic. Sci.)*, 18: 91-98.
- Yao X, Min H, Lv Z, 2006. Response of superoxide dismutase, catalase, and ATPase activity in bacteria exposed to acetamiprid. *Biomedical and Environmental Sciences*, 19(4): 309-314.
- Watson M, 1993. Propineb Pesticide residues in food: 1993 evaluations Part II Toxicology. *IPCS Inchem Home*, <http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v93pr16.htm> (Erişim tarihi: 04 Nisan, 2016).
- Zhang WJ, Jiang FB, Ou JF, 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 1(2):125-144.

Karık Sulama Yönteminde Toprak Erozyonunu Önlemek İçin Uygun Akış Debisinin Belirlenmesi

Ramazan MERAL¹

ÖZET: Bitkilerin ihtiyaç duydukları suyun veriliş biçimi olarak, gerek dünyada gerekse ülkemizde, halen yüzeysel sulama yöntemleri çoğunlukla kullanılmaktadır. Özellikle karık sulama yönteminde karık sonunda oluşan su kayıpları, uygulama randımanını düşürürken aynı zamanda toprak taşınımına da neden olmaktadır. Karık debisi ve uzunluğu su ve toprak kayıpları açısından önemli planlama kriterleri olup; özellikle toprak bünyesi ve eğimine bağlı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Karık uzunluğu konusunda yapılmış pek çok çalışma olmasına rağmen, erozyona neden olmayan optimum debinin belirlenmesinde önemli eksiklikler bulunmaktadır. Çoğu kez sadece eğimin bir fonksiyonu olarak belirlenen debi değeri; toprak bünyesi, agregat boyutu ve stabilitesi, infiltrasyon ve ilerleme özelliklerinin etkisi ile değişim gösterebilmektedir. Bu çalışmada, ilgili kriterler dikkate alınarak, karık geometrisi ve su ilerleme hızından hareketle optimum debi tahmin yaklaşımları incelenmiştir. Bu amaçla karık içerisindeki maksimum akış hızının; hassas topraklar için 0.13-0.17 m.s⁻¹, daha stabil topraklar için 0.22-0.25 m.s⁻¹ olarak kabul edilebilerek uygun debi değerinin belirlenebileceği üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte arazi gözlemleri esas alınmak şartıyla daha fazla toprak kriterini dikkate alan yaklaşımların kullanılması önerilmiştir. Bu şekilde belirlenen karık debisi ile uygulanacak karık sulama yönteminde daha etkin bir su kullanımı ile su ve toprak kaynaklarının korunmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Karık sulama, erozyon, karık debisi

Determination of optimum flow rate to prevent erosion in furrow irrigation

ABSTRACT: The surface irrigation methods are commonly used to apply crop water requirement in our country and the world. The runoff losses decrease irrigation efficiency and caused soil losses, especially at furrow irrigation. Furrow rate and length are important parameter for water and soil losses and are determined depend on the soil texture and slope. Although many studies on the length of the furrow; there are significant shortcomings in the determination of non-erosive flow rate. Generally flow rate is determined as a function of only the slope; but it can be varied by the soil texture, aggregate size and stability, infiltration and water advance features. In this study, different methods will investigate to determine non-erosive flow rate with using furrow geometry and flow velocity. As a result of evaluation of literatures, field observations and secondly semi-empirical method with the using more field data are recommended. For this aim maximum acceptable flow velocity was accepted as 0.13-0.17 m.s⁻¹ for erosive soil, and 0.22-0.25 m s⁻¹ for more stable soils. In this way, optimal flow rate using will contribute to more efficient water use and conservation of water and land resources

Keywords: Furrow irrigation, erosion, flow rate

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Müh., Bingöl, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ramazan MERAL, rmeral@bingol.edu.tr

Giriş

Sulama yöntem ve teknolojilerindeki günümüz gelişmelerine rağmen, gerek dünyada gerekse ülkemizde halen çoğunlukla yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Bugün ülkemizde sulanan alanların yaklaşık %92'sinde yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Yüzey sulama yöntemlerinin bu derece yaygın olarak kullanılması daha etkin su kullanımı çalışmalarını ön plan çıkarmaktadır (Temizel ve Apan, 2010). Karık sulama yöntemi gerek uygulama kolaylığı, gerekse sıraya ekilen bitkilerin sulanması için daha uygun olması nedeniyle yüzey sulama yöntemleri içinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde yüzey akış ve derine sızma kayıpları azaltılabilirse sulama randımanları yükseltilebilir. Genellikle suyun karık sonuna daha kısa sürede ulaşması için erozyona neden olmayacak maksimum debinin kullanılması önerilmektedir. Gereğinden fazla debi kullanımı yüzey akış kayıplarının aşırı ölçüde artmasına neden olurken, düşük debilerin kullanıldığı koşullarda ilerleme süresi çok uzadığı için karık başında aşırı ölçüde derine sızma gerçekleşmektedir. Bu durum su uygulama randımanını azaltırken, aynı miktar suyla daha fazla alanın sulanması olanağını ortadan kaldırmaktadır (Burt et al., 2000; Temizel, 2007). Karık sulama yönteminde karıklara verilecek debiye bağlı olarak akış uzunluğu ile su uygulama süresi arasında iyi bir dengenin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle hedeflenen amaçlara ulaşabilmek için su akışıyla ilgili hidrolik etmenlerin çok iyi anlaşılması gerekir. Yüzey akışıyla ilgili temel değişkenler: 1) Akış miktarı, 2) İlerleme hızı, 3) Akış uzunluğu ve Süresi, 4) Akış derinliği, 5) Toprağın su alma hızı 6) Arazi yüzeyi eğimi, 7) Yüzey pürüzlülüğü, 8) Erozyon zararı, 9) Akış karışının şekli ve 10) Verilecek su derinliği şeklinde sıralanabilir (Walker, 1989; Kara ve ark., 2008).

Diğer yüzey sulama yönteminden farklı olarak karık yan yüzey eğimi ve düzenli akış koşulu nedeniyle toprak taşınım riski daha yüksek olmaktadır. Bu durum toprak verimliliğini azaltırken, taşınan tarımsal kimyasal ve sediment yoluyla da akarsu kirliliğine neden olmaktadır (Agassi et al., 1995).

Koluvek et al. (1993) Amerika'da Toprak Koruma Servisince (USDA) yapılan uzun yıllık çalışmalar sonucunda arazilerin %21'sinin sulama kaynaklı olarak

erozyondan etkilendiğini belirtmişlerdir. Yine benzer bir çalışmada toprak verimliliğinin toprak aşınımı nedeniyle % 25 azaldığı belirtilmiştir. İnceleme yapılan son 80 yıl içinde üst toprak katmanında 38 cm den 13 cm ye düşmesinin her bir cm toprak derinliğine karşılık buğday veriminde % 2 azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Carter et al., 1989).

Öztürk ve ark. (1989) yapmış olduğu çalışmada 100 m karık uzunluğundaki sediment taşınım değerlerini $7-776.4 \text{ g.dakika}^{-1}$ ($0.05-5.55 \text{ g.m}^{-2}.\text{dakika}^{-1}$) olarak; Önder (1995) yapmış olduğu karık sulama denemelerinde toplam sediment taşınımını $19.04-357.8 \text{ g.m}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Campo-Bescos et al. (2015) tarafından % 2 eğimli karık sulamalarda 5.8 t.ha^{-1} ' a kadar toprak kaybı belirlenirken, % 0.5 eğimli karıklarda bu değer 1.2 t.ha^{-1} olarak belirlenmiştir. Fernandez-Gomez et al. (2004) ise siltli ve siltli kil toprak koşullarında , % 0.8 eğim ve 1.7 L.s^{-1} akış uygulamasında oluşan toprak taşınımının $0-10 \text{ t.ha}^{-1}$ olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak karık sulamada sediment taşınım değerleri farklı sınırlar içinde gerçekleşmiştir. Bu durum Trout (1996) da belirtildiği gibi karıktaki toprak parçacıklarının hareketine, karık debisi, eğim derecesi ve uzunluğu, karık yatağındaki toprak parçacıkların ortalama dane çapı ve su yoğunluğu gibi bir çok faktörün etkisinden kaynaklanmaktadır. Sevinç (1993) ise sediment taşınımı üzerine toprak yapısı ve stabilitesi ile organik madde içeriğinin de önemli etkisinin olduğunu belirtmiştir.

Sulama alanında erozyonla kaybolan toprak tolerans sınırı kesin olarak ifadesi güç olmakla beraber USDA (2013) tarafından $12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ değeri bir kriter olarak verilmiştir. USEPA (2012) da ise yüzey sularında taşınan sediment miktarını, su depolama yapıları açısından, 100 mg.L^{-1} nin altında olması gerektiği belirtilmiştir.

Karık sulama yönteminde erozyon oluşumunun minimuma indirilmesi çalışmalarında iki hedef söz konusudur: a) Akış içerisindeki toprak konsantrasyonunun azaltılması, b) yüzey akış miktarının kontrol edilerek toplam taşınan toprak miktarının azaltılmasıdır. Dolayısıyla yöntemin diğer planlama kriterleri de dikkate alınarak yapılacak sulamalarla bu amacın gerçekleşmesi mümkündür.

Uygulanacak sulama suyu miktarı, infiltrasyon hızı ve buna bağlı sulama süresi, karık geometrisi ve uzunluğu gibi parametrelerin deneysel veya teorik olarak gerçekçi sınırlar içinde belirlenmesi mümkündür. Ancak erozyona neden olmayacak karık debisinin seçilmesinde bir takım zorluklar bulunmakta olup kritik bir öneme sahiptir.

Diğer planlama kriterlerinde olduğu gibi istenen gerçek değer belirlenmesi, arazide yapılacak uzun denemeler sonucunda elde edilebilecektir. Her koşul için bu denemelerin yapılması oldukça zor olduğu için önceki çalışmalar ile de edilmiş yaklaşım ve eşitlerin bu amaçla kullanılması uygulama açısından daha yapılabilir niteliktedir.

Bu çalışmada üç farklı alternatif üzerinde durulacaktır. Böylece bu konuda yapılacak çalışmalara ve uygulamalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Erozyona neden olmayacak koşulların sağlanmasında karık debisinin seçilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Diğer sulama planlama kriterleri ile de ilişkili olan debi seçiminde kullanılacak yaklaşımlardan üç tanesi bu çalışmada incelenmiştir.

1. Karık eğimine bağlı debi seçimi

Karık eğimi erozyon sürecinde en önemli faktörlerden biridir. Eğime bağlı olarak artan akım hızı ve enerji ile toprak daha fazla parçalama ve sürüklemeye başlar. Ayrıca su içerisindeki parçacıklar bir sonraki süreçte suyun aşındırma gücünü de artırır (Özdemir, 1997).

Belirleyici bu etkisinden dolayı karık eğimi bazı araştırmacılar tarafından karık debisinin belirlenmesinde tek kriter olarak kabul edilmiş ve denklem 1'de gösterilen ampirik eşitlikle ifade edilmiştir.

$$Q = \frac{0.64}{s} \dots \dots \dots (1)$$

Q : Erozyona neden olmayacak maksimum karık debisi, L.s⁻¹

s : Karık eğimi, %. (Delibaş, 1994; Güngör ve Yıldırım, 1989).

2. Toprak bünyesi ve eğime bağlı debi seçimi

Hamad and Stringham (1978) karık sulama yönteminde, toprak özelliğine bağlı olarak erozyona

neden olmayacak maksimum debinin belirlenmesi amacıyla denklem 2 'de belirtilen eşitliği vermişlerdir.

$$Q_{max} = \frac{\alpha}{s\beta} \dots \dots \dots (2)$$

Eşitlikte;

Q_{max} : Erozyona neden olmayan maksimum karık debisi, L.s⁻¹

s : Karık eğimi, %

α ve β : Toprak bünyesine bağlı katsayıdır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Maksimum karık debisinin belirlenmesinde kullanılan toprak bünyesine bağlı α ve β katsayıları

Toprak Grubu	α	β
Ağır Bünyeli	0.892	0.937
Orta Ağır Bünyeli	0.988	0.550
Orta Bünyeli	0.613	0.733
Hafif Bünyeli	0.665	0.548

3. Akım hızına bağlı akış debisi seçimi

Debi seçiminde eğim, toprak özellikleri ve karık geometrisi gibi parametrelerin dikkate alınması; dolaylı olarak bu faktörlerin bir sonucu olan akım hızını dikkate alınması anlamına gelmektedir. Doğrudan akım hızının gözlemlenmesi veya ampirik akış denklemleri ile tahmin edilmesi debi seçiminde daha doğru sonuçlar vereceği düşünülebilir.

Bu bağlamda Walker (1989) toprağın erozyona duyarlılık durumuna göre karık içerisindeki izin

verilebilecek maksimum karık hızlarını önermiştir. Bu değerler;

- Erozyona hassas siltli topraklar için: 0.13-0.17 m.s⁻¹
- Stabil killi ve kumlu topraklar için 0.22-0.25 m.s⁻¹.

İzin verilen maksimum akım hızları dikkate alınarak süreklilik ve Manning akış denklemleri (denklem 3-5) ile debi değerleri elde edilebilir.

$$Q=A.V \dots\dots\dots(3)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(4)$$

Q : Debi m³.s⁻¹

A : Kesit alanı, m²

V : Akım hızı, m.s⁻¹

R : Hidrolik yarıçap; $R = \frac{A}{P}$

P : Islak çevre , m

n : Manning pürüzlülük katsayısı

S : Taban eğimi, m.m⁻¹

Seçilen maksimum hız değeri için, Hız eşitliği süreklilik denkleminde yerine konursa:

$$Q_{max} = A \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(5)$$

eşitliği elde edilir.

Walker and Skogerboe (1987) bu eşitliğin kullanımında; kesit alanı, ıslak çevre ve karıktaki su yüksekliği arasındaki ilişkinin deneysel olarak elde edilmesini önermişlerdir. Böylece debi seçiminde

kullanılacak olan kritik hız değerini sağlayacak karık geometrisinin elde edilebileceğini belirtmişlerdir (denklem 6,7).

$$y = \sigma_1 A^{\sigma_2} \dots \dots \dots (6)$$

$$A^2 R^{1.33} = \rho_1 A^{\rho_2} \dots \dots \dots (7)$$

y: su yüksekliği, m

$\sigma_1, \sigma_2, \rho_1$ ve ρ_2 = karık şekline bağlı deneysel parametreler

Sonuç olarak karık içerisinde istenen maksimum akış debisinin belirlenmesinde kullanılacak eşitlik

denklem 7 de verildiği gibi ifade edilebilir.

$$Q_{max} = \left[\left(\frac{V_{max}^{\rho_2} n^2}{3600 \cdot S_0 \rho_1} \right) \right]^{\frac{1}{\rho_2 - 2}} \dots \dots \dots (8)$$

Söz konusu eşitlikler ile optimum karık geometrisi ile birlikte erozyona neden olamayacak maksimum karık debisinin belirlenmesi amacıyla farklı bilgisayar yazılımları oluşturulmuştur. Bunlar arasında SASIS (Software Applied to Simulation of the Surface Irrigation) birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Lima et al., 2014).

Bu çalışmada akım hızına bağlı debi seçiminde karık kesiti hidrolik açıdan en uygun kesit dikkate alınarak işlemler yapılmıştır. İzin verilen maksimum akış hızı ise; siltli hassas topraklar için 0.17 m.s⁻¹, daha stabil killi ve kumlu topraklar için 0.25 m.s⁻¹ olarak kabul edilmiştir (Walker, 1989).

Arazi çalışması ve yöntemlerin karşılaştırılması

Seçilen yöntemlerin değerlendirilmesi amacıyla Meral (2002) tarafından Amasya farklı toprak koşullarında yapılmış olan karık sulama uygulamalarında elde edilen değerler ile Fernandez-Gomez et al. (2004) tarafından yapılan arazi uygulamaları sonuçları dikkate alınmıştır. Arazi eğimi ve bünye değerleri dikkate alınarak

üç farklı yöntemle erozyona neden olmayacak debi değerleri tahmin edilmiştir. Söz konusu koşullarda gerçekleşen erozyon değerleri dikkate alınarak tahmin yöntemlerinin güvenilirliği tartışılmıştır.

Toprak kaybı toleransı; ortalama düzeyde bitki gelişmesine olanak sağlayacak toprak kalitesinin korunduğu maksimum toprak taşınım miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu değer USDA (2013) tarafından yıllık olarak 12 Mg.ha⁻¹ olarak verilmiş; bu değer yıl içerisinde yapılacak 7-8 adet sulama koşulunda her bir sulama için 1.5-1.7 Mg.ha⁻¹ toprak kaybına karşılık geldiği belirtilmiştir. Bu çalışmada sonuçların değerlendirilmesinde söz konusu sınır değerler baz olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Önceki çalışmalar arasında Meral (2002) ve Fernandez-Gomez et al. (2004) tarafından yapılan karık sulama uygulamalarında; farklı eğim ve debi koşullarında gerçekleşen sediment taşınım değerleri, arazi koşulları ile birlikte Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı toprak ve debi koşullarında karık sulamada gerçekleşen taşınım değerleri

Arazi eğimi,%	%kil	%kum	%silt	Bünye	Karık debisi, L.s ⁻¹	Sediment taşınımı t.ha ⁻¹	Referans
1.5	38.00	39.84	22.16	Killi tın	0.6	2.69	Meral (2002)
1.5	38.00	39.84	22.16	Killi tın	0.3	0.24	
1.5	38.00	39.84	22.16	Killi tın	1.0	6.41	
1.2	27.59	30.73	41.68	Killi tın	0.6	1.56	
1.2	27.59	30.73	41.68	Killi tın	0.3	0.15	
0.8	20.60	35.00	44.30	Tınlı	1.8	7.63	Fernandez-Gomez et al. (2004)
0.8	20.60	35.00	44.30	Tınlı	1.2	4.84	
0.8	20.60	35.00	44.30	Tınlı	0.8	1.68	
0.3	20.60	35.00	44.30	Tınlı	1.8	0.27	
0.5	46.10	27.30	26.60	Killi	1.6	3.93	
0.5	46.10	27.30	26.60	Killi	1.3	2.47	
0.5	46.10	27.30	26.60	Killi	0.6	0.32	

Karık sonunda ölçülen sediment taşınım değerleri 0.15 ile 7.63 t.ha⁻¹ arasında değiştiği çizelge 2’de görülmektedir. Söz konusu değişimde karık debisi ile eğiminin daha etkili olduğu görülmektedir. Kabul edilebilir erozyon sınır değeri (1.5-1.7 Mg.ha⁻¹) dikkate alındığında

seçilen debi değerlerinin pek çoğunda daha yüksek düzeyde erozyona neden olduğu görülmektedir.

Araştırmaların yürütüldüğü koşullar dikkate alınarak, her bir yöntem için elde edilen debi değerleri ile birlikte Çizelge 3 de verilmiştir.

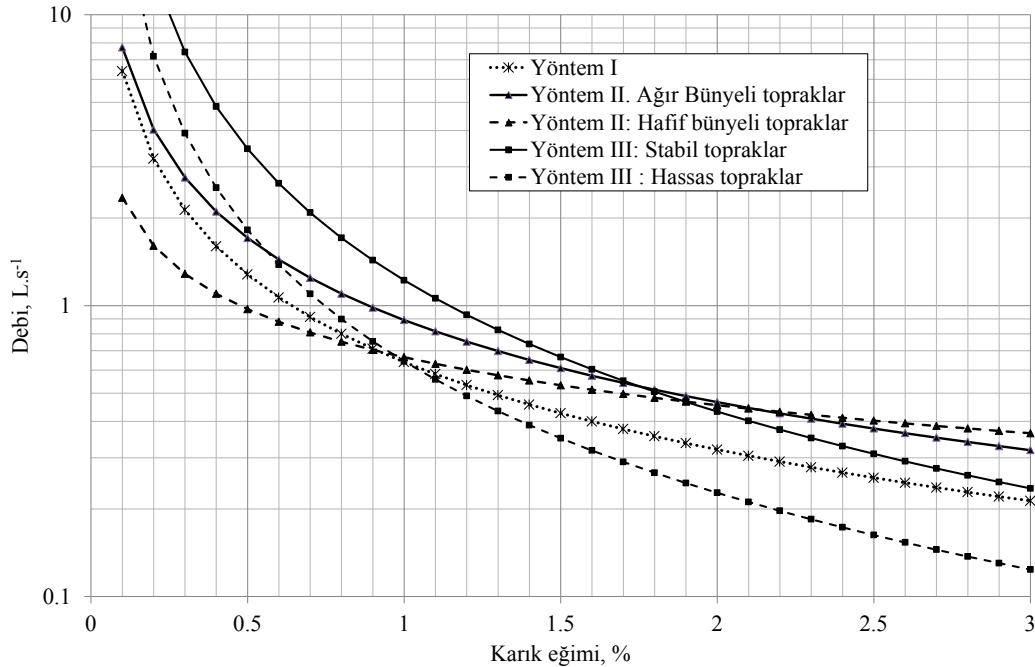
Çizelge 3. Arazi koşullarında kullanılan debi değerlerinin önerilen debi değerleri ile karşılaştırılması

Toprak koşulu (% eğim/bünye)	Önerilen en yüksek akış debisi L.s ⁻¹			Uygulanan debi L.s ⁻¹	Sediment taşınımı, t.ha ⁻¹
	Yöntem I	Yöntem II	Yöntem III		
0.3 / Tın	1.48	2.13	3.91-7.44	1.8	0.27
0.5 / Kil	1.71	1.28	1.81-3.45	0.6	0.32
				1.3	2.47
				1.6	3.93
0.8 / Tın	0.72	0.8	0.89-1.71	0.8	1.68
				1.2	4.84
				1.8	7.63
1.2 / Killi tın	0.89	0.53	0.49-0.93	0.3	0.15
				0.6	1.56
				1.0	6.41
1.5 / Killi tın	0.79	0.42	0.35-0.67	0.3	0.24
				0.6	2.69
				1.0	7.41

Eğimin % 0.3 olduğu koşullarda oldukça düşük taşınım değerleri gözlenmiştir. Bu bakımdan uygulanan debi (1.8 L.s^{-1}) değerinden daha yüksek debinin uygulanabileceği anlaşılmaktadır. Yöntem III ile diğer yöntemlere göre çok daha yüksek debiler belirlenmiştir. Bu değerler arasında Yöntem III ile hesaplanan alt sınır değerlerinin daha uygulanabilir olduğu görülmektedir. Killi toprakta ve % 0.5 eğimde yapılan sulamalarda önerilen debi değerlerinin altında bir debi (1.3 L.s^{-1}) kullanılmasına rağmen beklenilenden bir miktar fazla taşınım gerçekleşmiştir. Bu durum dikkate alınan eğim

ve bünye dışında; organik madde içeriği (Magdoff and Weil 2004) ve agregat stabilitesi özelliklerine (Holifield Collins et al., 2015) bağlı olarak farklılık gösterdiği düşünülebilir. Killi tın bünye koşullarında Yöntem I ile hesaplanan debi değerleri diğer iki yönteme göre daha yüksek bulunmuştur. Gerçekleşen taşınım değerlerine bakıldığında Yöntem II ve III ‘ün daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çalışmada dikkate alınan her üç yöntemin farklı debi seçeneklerinde rahat kullanımı sağlamak için grafik hazırlanmış ve şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Karık sulama yönteminde erozyon açısından kullanılabilir debi değerleri.

Toprağın erozyon hassaslığı baz alınarak izin verilen akım hızı değerleri ile uygulanan Yöntem III oldukça stabil değerler vermiştir. Sadece eğimin dikkate alındığı Yöntem I ise 1.0 L.s^{-1} debi sınırına kadar daha düşük değerler verirken, sonrasında Yöntem II ile uyumlu sonuçlar vermiştir.

Yöntem III ise benzer sınırlar arasında sonuçlar vermesine karşın; 2.0 L.s^{-1} debi sınırından sonra hafif bünyeli topraklar için önerilen debi değerinin yine aynı yöntemle ağır bünyeli topraklar için önerilen değerlerin üzerine çıkması gibi bir dezavantaj göstermiştir

SONUÇ

Tüm sulama yöntemlerinde olduğu gibi karık sulama yönteminde de en iyi sonuçların alınması, koşullara uygun şekilde planlanması ve uygulanmasıyla mümkündür. Toprak özellikleri gerek yüzeysel dağılımı gerekse derinlik olarak büyük ölçüde değişim gösterebilmektedir. Ayrıca aynı toprak bünyesine sahip olmakla beraber içerdiği organik madde, işlenme durumu, mevcut nem içeriği gibi etkenler altında; sulama sırasında farklı infiltrasyon, ilerleme ve yüzey akış koşulları oluşabilmektedir. Sulama ile

taşınan toprak miktarı için izin verilen kesin bir sınır olmamakla birlikte bu değer her bir sulama için 1.5-1.7 Mg.ha⁻¹ arasında olması genel bir sınır olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada ilgili bu faktörlerin bir sonucu olan akım hızı değerinin baz alınarak erozyon açısından en uygun debinin belirlenmesi ön plana çıkmıştır. Ancak en uygun hidrolik kesitin dikkate alınarak yapıldığı bu değerlendirmeler, arazi koşullarında gözlemlenen kesit, hatta gerçekleşen hız değeri gözlemlenerek uygun debinin seçilmesi daha yararlı olacaktır. Bu bakımdan karık debisinin seçilmesinde doğrudan arazi koşullarında gözlemlenen hız değeri veya taşınan sediment miktarı dikkate alınması öncelikle önerilmektedir. Bu amaçla debi seçimi için önerilen eşitlik ve yöntemlerin kullanımında daha çok arazi verisini kullanan alternatiflerin seçilmesi ve arazi gözlemleri ile doğrulanması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agassi M, Letey J, Farmer WJ, Clark P. 1995. Soil erosion contribution to pesticide transport by furrow irrigation. *J Environ. Quality.*, 24:892-895.
- Burt CM, Clemmens AJ, Bliesner R, Merriam JL, Hardy L, 2000. Selection of irrigation methods for agriculture, P.144.
- Campo-Bescós MA, Muñoz-Carpena R, Kiker GA, Bodah BW, Ullman JL, 2015. Watering or buffering? Runoff and sediment pollution control from furrow irrigated fields in arid environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 205, 90-101.
- Carter DL, Berg RD, Sanders BJ. 1985. The effect of furrow irrigation erosion on crop productivity. *Soil Sci Soc Am J.*, 49:207-211.
- Delibaş L, 1994. Sulama, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:213.
- Eminoğlu E, 2007. Türkiyede Su Yönetimi ve Sulama İşletmeciliği. Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı 12-14 Eylül 2007. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Ferna'ndez Go'mez R, Mateos L, Gira'ldez JV., 2004 Furrow irrigation erosion and management. *Irrig Sci*, 23:123-131.
- Hamad NS. Stringham GE,1978. Maximum Nonerosive Furrow Irrigation Stream Size. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*, 104(3), 275-281.
- Holifield Collins CD, Stone JJ, Cratic L, 2015. Runoff and sediment yield relationships with soil aggregate stability for a state-and-transition model in southeastern Arizona, *Journal of Arid Environments*, 117, 96-103.
- Kara T, Temizel KE, Apan M, 2008. Using empirical equations to determine appropriate furrow length under field condition. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11(2), 220-225.
- Koluvek PK, Tanji KK, Trout TJ. 1993. Overview of soil erosion from irrigation. *J. Irr. Drain. Eng.*, 119(6):929-946.
- Lima, VIA, Pordeus, RV, Vieira de Azevedo, CA, Pereira, JO, Antunes de Lima, VL, Rejane de Queiroz Almeida Azevedo, M. 2014. Optimization of furrow irrigation systems with continuous flow using the software applied to surface irrigation simulations - SASI. *African Journal of Agricultural Research*, 9(42), 3115-3125.
- Magdoff F, Weil RR, 2004. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*, CRC Press,412p.
- Meral R, 2002. Karık Sulama Yönteminde Polyacrylamid (PAM) ve Sıkıştırılmış Karık Uygulamalarının Farklı Akış Koşullarında Sediment Taşınımı ve Su Uygulama Randımanı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi, Samsun.
- Önder S, 1995. Çukurova koşullarında fasıllı (surge) ve sürekli sulama yöntemlerinin karşılaştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Özdemir N, 1997. Toprak ve Su Koruma. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fakültesi Ders notu no:22, 47s, Samsun.
- Öztürk F, Tokgöz MA, Yıldırım O, 1989. Karık sulamada sediment taşınımı. AÜZF Yayınları no:1136, Ankara.
- Sevinç AN, 1993. Havza Sediment Verimi. KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü yayınları, Ankara.
- Temizel KE, 2007. Bafra ovası arazi koşullarında yüzey sulama yöntemlerinden karık, tava ve uzun tava boyutlarının belirlenmesi ve genel ampirik eşitliklerle değerlendirilmesi. 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, Samsun.
- Temizel KE, Apan M. 2010. Bafra ovası arazi koşullarında uygun karık uzunluklarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 84-88.
- Walker WR, 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. *FAO Irrigation and Drainage paper* 45.
- Walker WR, Skogerboe GV, 1987. *Surge flow surface irrigation. in: surface irrigation*. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- USDA, 2013. *National soil survey handbook*, Natural Resources Conservation Service 430-VI.
- Trout T, 1996. Furrow irrigation erosion and sedimentation: on-field distribution. *Trans. ASAE* 39, 1717-1723.
- USEPA 2012. *Construction General Permit – NPDES General Permit for Discharges from Construction Activities*. USEPA NPDES Publications.

Antep Fıstığı İşleme Sanayi Atıksularının Sürekli Elektrokoagülasyon Prosesi ile Arıtımına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi

Alper Erdem YILMAZ¹, Zuhâl KÖKSAL¹

ÖZET: Antep fıstığı işleme sanayi atıksularının sürekli sistem elektrokoagülasyon prosesiyle arıtım verimini etkileyen parametreler incelenmiştir. Anot elektrot malzemesi olarak elektrokoagülasyon prosesinde alüminyum kullanılmıştır. Katot elektrot malzemesi olarak paslanmaz çelikten imal edilmiş elektrokimyasal reaktör kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar sürekli modda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan anot elektrot 5 mm et kalınlığında, 60 mm dış çaplı, 650 mm yüksekliğe sahip boru tipi elektrottur. Katot elektrot olarak 3 mm et kalınlığına, 70 mm iç çapa, 650 mm yüksekliğe sahip paslanmaz çelikten imal edilmiş reaktör kullanılmıştır. Elektrotlar arası mesafe 5 mm olarak seçilmiştir. Giderim verimine etki eden deneysel parametreler olarak, atıksu başlangıç pH değeri ve atıksu debisi seçilmiştir. Elektrokoagülasyon prosesi ile yapılan deneysel çalışmaların optimum şartlarında KOİ ve toplam fenol (TF) giderim verimleri sırasıyla %70 ve %92 olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alüminyum elektrot, atıksu arıtımı, elektrokoagülasyon

The Investigation of Parameters Affecting on Treatment of Pistachio Processing Industry Waste Water by Continuous Electrocoagulation Process

ABSTRACT: The parameters affecting treatment efficiency of pistachio processing industry waste waters was investigated by continuous electrocoagulation process. Aluminum is used as the anode electrode material in the electrocoagulation process. Electrochemical reactor made of stainless steel was used as a cathode electrode material. Experimental studies carried out in continuous mode. The anode electrode used is an electrode which has 5 mm thick, 60 mm outer diameter, a tubular having 650 mm height. A reactor made of stainless steel with 3 mm wall thickness, 70 mm internal diameter, 650 mm height is used as cathode electrode. Distance between the electrodes is chosen as 5 mm. The initial pH value of waste water and waste water flow rate are chosen as the experimental parameters effecting the removal efficiency. In optimum conditions of experimental studies performed by the electrocoagulation process, COD and total phenol (TF) removal efficiencies were obtained respectively 70% and 92%.

Keywords: Aluminum electrodes, electrocoagulation, wastewater treatment

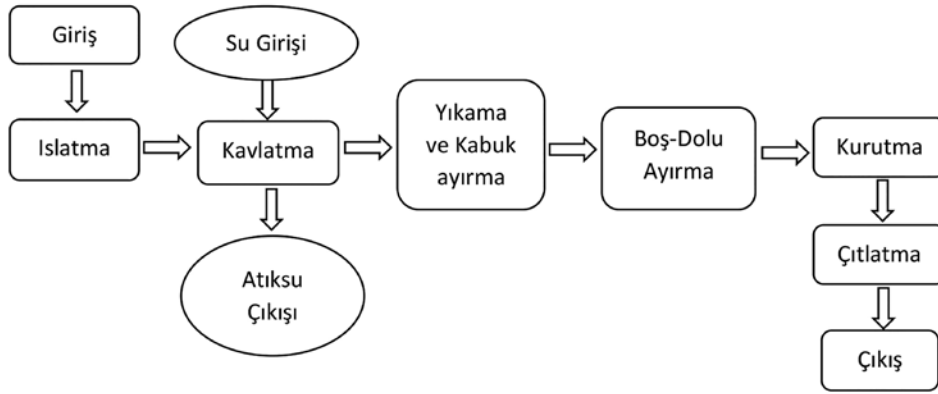
¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Alper Erdem YILMAZ, aerdemy@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Antep fıstığı işleme endüstrisi ülkemizin güneydoğu bölgesinde ve özellikle Gaziantep'te oldukça gelişmiş bir sektördür. Türkiye 2012 yılında, Antep fıstığı üretiminde dünyada üçüncü ülke olmuştur. 2015 yılında, Türkiye'de 144 000 ton Antep fıstığı üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2015). Türkiye'de Antep fıstığı üretimi yaş sistem ile gerçekleştirilmektedir. Antep fıstığının endüstriyel olarak işlenmesinde ton

ürün başına yaklaşık olarak 6 m³ su kullanılmaktadır. Antep fıstığı işleme endüstrisinden ortaya çıkan bu atıksu oldukça yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik karbon (TOK) ve toplam fenol (TF) içeriği ile karakterize edilmektedir (Bayar et.al., 2014).

Antepfıstığının hasattan sonraki işlemler birbirini izleyen 6 ayrı aşamadan oluşmaktadır. Aşağıda bu kademelerde yapılan işlemler Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Fıstık işleme sanayisi akım şeması

Şekilden de görüldüğü gibi kavlatma prosesinde su girişi olmakta ve bu temiz su işlem sonucunda yüksek kirlilik yüküne sahip atıksu olarak açığa çıkmaktadır.

Elektrokimyasal arıtım yöntemleri, kolay kontrol edilebilmeleri, kısa sürede maksimum düzeyde kirliliği azaltmaları, işletmelerinin kolay olması, basit ve düşük maliyetli ekipmanlarla yapılması, kimyasal madde kullanımlarının sınırlı düzeyde olması, buna bağlı olarak da daha az çamur oluşması gibi özelliklerinden dolayı su ve atıksu arıtımında kullanımları da gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Elektrokimyasal atıksu arıtma yöntemleri genellikle yüksek derişime sahip organik ve inorganik kirlitcilerin arıtılmasında, metal iyonların uzaklaştırılması veya geri kazanılmasında

kullanılmaktadır (Deliktaş, 2011).Elektrokoagülasyon (EK), çözünebilir ve pıhtılaştırıcı özelliğe sahip metal (alüminyum ve demir gibi) bir elektrotun kullanıldığı elektrokimyasal atıksu arıtım sürecidir. EK prosesinin kirlitcileri uzaklaştırmadaki prensibi koagülasyon, adsorpsiyon, çöktürme ve flotasyon mekanizmalarının biri veya birkaçına dayanmaktadır. EK'da pıhtılaşma ve çökeltme mekanizmaları, sisteme kimyasal madde ilave etmeden, elektrokimyasal reaktördeki elektrotlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Alüminyum ve demir gibi metal anotlar, anodik çözünmeye uğrayarak hidroliz ile metal hidroksitleri oluşturmaktadır. Elektrot malzemesi olarak alüminyum kullanıldığında elektrot reaksiyonları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Katotta;



Anotta;



ve çözeltideki çözülmüş oksijen ile;



Katottan çıkan hidrojen gazı kabarcıkları, oluşan yumaklara yapışarak onların yüzeye iletilmelerine zorlar ve bu sonuç EK işlemine elektroflotasyonun eşlik ettiğinin bir göstergesidir (Jiang et al., 2002).

Literatürde, elektrokimyasal arıtım prosesleri ile arıtılabilecek kirletici türü yağ ve emülsiyonlardan, organik maddelere, inorganik kirleticilerden partiküler maddelere ve mikroorganizmalara kadar geniş bir aralık içerdiğinden dolayı endüstriyel atıksu arıtımı için elektrokimyasal arıtım prosesleri uygun arıtım yöntemi olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel atıksu arıtımında kullanılan EK prosesi için literatürde belirtilen seçilmiş çalışmalar incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir; EK prosesi KOİ (Can et al. 2006; Hernandes et al., 2010; Melhem and Smith, 2012; Hariz et al., 2013; Un and Özel, 2013), BOİ (Diaz et al., 2014), bulanıklık (Zodi et al., 2010), fosfor (Tran et al., 2012), bor (Isa et al. 2014; Yılmaz et al. 2008; Sayiner et al. 2008; Vasudevan et al. 2013), arsenik (Balasubramanian et al., 2009; Lakshminathiraj et al., 2010; Kobya et al. 2011), boya (Yıldız, 2008; Parsa et al., 2011; Pajootan et al., 2012; Zodi et al., 2013), yağ gres (Fouad, 2014), ağır metal (Aji et al., 2012) giderimleri incelenmiş ve belirtilen kirleticilerin yüksek verimlerle giderildiği görülmüştür. Belirtilen literatür çalışmaları ışığında aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

* Yapılan literatür araştırmasında fıstık sanayi atıksuları için yapılmış sürekli mod elektrokimyasal

arıtım çalışması bulunmamaktadır. Bu açıdan bakıldığında bu çalışma ilgili atıksu için yapılacak laboratuvar ölçekli ilk çalışma olacaktır.

* Endüstriyel atıksu arıtımında EK prosesinde sık kullanılan elektrot türü Al ve Fe'dir.

* EK prosesi birçok endüstriyel atıksu arıtımı için uygun bir prosestir.

* EK ile atıksu özelliğine bağlı olarak eş zamanlı flotasyon işlemi gerçekleştirilebilir.

* EK prosesi ile farklı atıksu özellikleri için yüksek giderme verimlerine ulaşılabilir.

Bu çalışmanın amacı, yüksek konsantrasyonlarda organik kirlilik içeren fıstık işleme sanayi atıksularından EK prosesi ile KOİ ve Toplam Fenol (TF) giderimi verimine etki eden atıksu başlangıç pH'sı ve atıksu debisi parametrelerinin belirlenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Atıksuyun Temini ve Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmalarda kullanılan atıksu, Gaziantep ilinde fıstık işleyen bir sanayi tesisinden temin edilmiştir. Bu tesiste oluşan atıksu tesiste herhangi bir fiziksel, biyolojik ve kimyasal arıtım uygulanmadan kanalizasyona deşarj edilmektedir. Numune kavlatma prosesinde oluşan atıksudan alınmıştır. Çizelge 1'de atıksuyun karakterizasyonu verilmiştir.

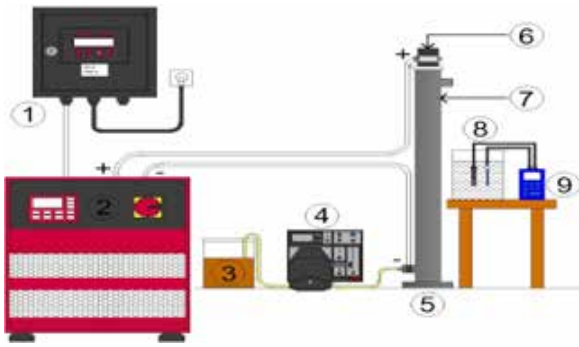
Çizelge 1. Antep fıstığı işleme atıksuyunun özellikleri

PARAMETRELER	DEĞERLER
İletkenlik, ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	5.200
Bulanıklık, (NTU)	176.6
pH	5.2
KOİ, (mg L^{-1})	16.500
TOK, (mg L^{-1})	5.300
TF, (mg L^{-1})	4.000
Cl, (mg L^{-1})	602

Elektrokoagülasyon Denemelerinin Yapıldığı Düzenek

EK denemelerinde 500 mL'lik ST 316 paslanmaz çelikten yapılmış bir reaktör kullanılmıştır. Denemeler için gerekli olan elektrik akımı bir adet dijital kontrollü doğru akım güç kaynağı kullanılmıştır. Reaksiyon başlangıcında atıksuyun pH, iletkenlik ve sıcaklık değerlerini ayarlayabilmek ve reaksiyon süresince bu değerleri okuyabilmek

için bir adet WTW marka multimetre sisteme monte edilmiştir. Bu denemelerde arıtma parametreleri olarak, atıksu debisi ve başlangıç pH değerinin etkisi incelenmiştir. Deneysel düzenek Şekil 2'de verilmiştir. KOİ analizleri standart metotlarda belirtilen kapalı sistem (reflux) spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. TF madde tayini Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yöntemi kullanılarak (Obanda and Owuor, 1997) gerçekleştirilmiştir.



- (1: kumanda paneli
- 2: güç paynağı
- 3: atıksu giriş haznesi
- 4: peristaltik pompa
- 5: reaktör
- 6: alüminyum anot elektrot
- 7: paslanmaz çelik katot elektrot
- 8: atıksu çıkış haznesi
- 9: pH kontrol hücresi)

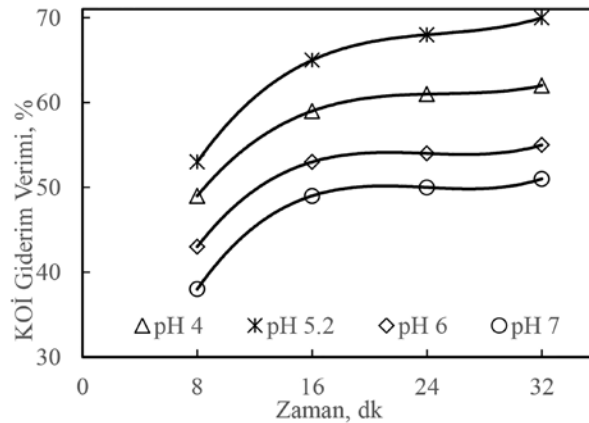
Şekil 2. Deneysel düzenek şematik görünüşü

BULGULAR VE TARTIŞMA

Atıksu başlangıç pH değerinin giderim verimine etkisi

EK prosesinde ortamın pH değeri, elektrokimyasal olarak çözünen anot elektrot materyalinin ortamda bulunduğu formu etkilediğinden dolayı fıstık işleme sanayi atıksularının arıtılmasını etkileyen önemli bir parametredir. Atıksu başlangıç pH değerinin atıksudan KOİ ve TF giderim verimi üzerine etkisi alüminyum anot için incelenmiştir. Bunun için atıksuyun başlangıç pH değerleri 4, 5.2, 6 ve 7 olarak ayarlanmış ve reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Atıksuyun başlangıç pH

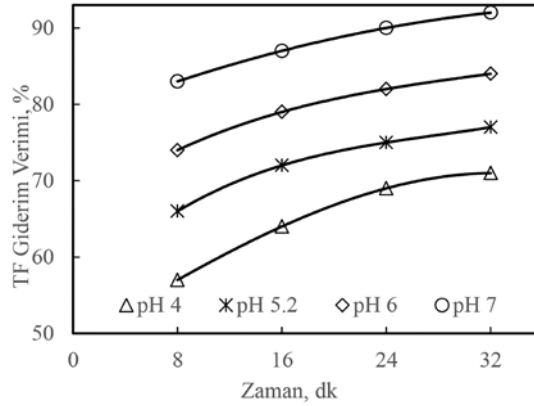
değerinin giderim verimine etkisi incelenirken, 25 ml dk⁻¹'lık akış hızı değerlerinde, farklı akım şiddetlerinde ve destek elektrolitsiz ortamda 500 mL'lik reaktör hacminde araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3-4'de grafiksel olarak gösterilmiştir. KOİ ve TF değerlerinin bütün pH aralıklarındaki giderim verimleri incelendiğinde ortalama olarak en yüksek giderim veriminin KOİ giderim verimi için atıksuyun doğal pH değerinde olduğu söylenebilir. Atıksuyun başlangıç pH değeri 4'den kendi doğal pH değeri olan 5.2'ye çıkarıldığında KOİ ve TF giderim verimleri sırasıyla %60 ve %71'den %70 ve %77'e yükselmiştir.



*Atıksu debisi: 25 ml dk⁻¹, akım şiddeti: 25 A, Destek elektrolit: yok

Şekil 3. KOİ giderim verimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi

Ancak atıksuyun başlangıç pH değeri doğal pH değerinden 7'ye yükseltildiğinde KOI giderme verimi %50'ye kadar azalırken, TF giderim verimi %92'ye kadar artmıştır.



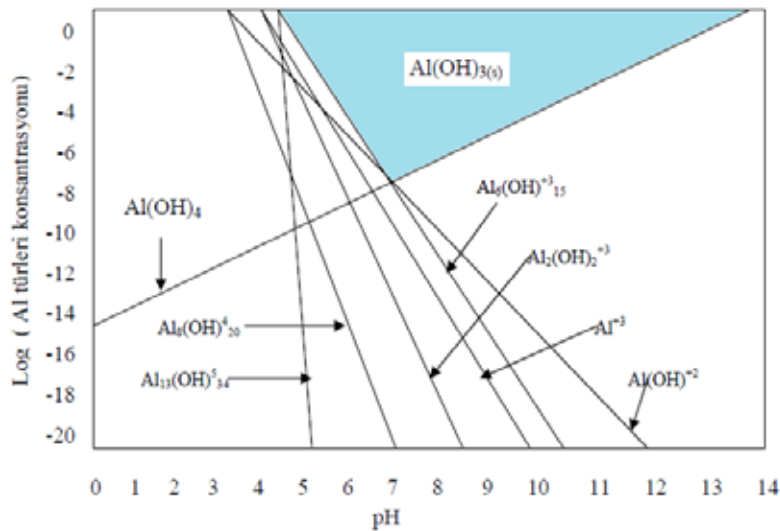
* Atıksu debisi: 25 ml dk⁻¹, akım şiddeti: 25 A, Destek elektrolit: yok

Şekil 4. TF giderim verimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi

Şekil 3 ve 4 incelendiğinde KOI ve TF giderim verimlerinin aynı eğilimde olmadıkları görülür. Sabit akım şiddeti altında gerçekleştirilen denemelerde, başlangıç pH değerinin KOI ve TF giderim verimlerine farklı şekilde etki etmesinin temel sebebinin, elektrooksidasyon prosesinin doğası gereği organik maddeyi tam olarak nihai ürünlere çeviremeye bile ara organik ürünlerin oluşmasına yol açması olduğu düşünülmektedir. Atıksuda bulunan fenol elektrooksidasyon mekanizması ile nihai ürünlere değil

ara ürünlere dönüştüğü için aynı deneysel şartlarda, TF giderim verimi KOI giderim veriminden daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.

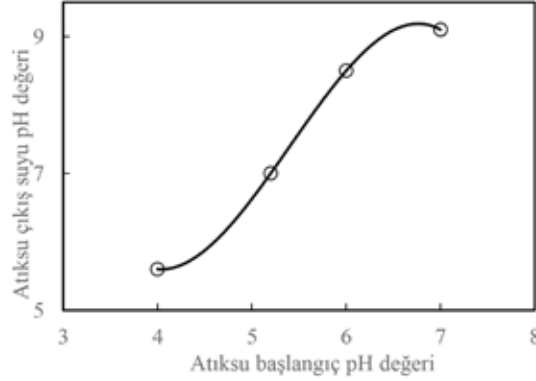
Atıksuyun doğal pH değerinin en iyi sonucu vermesinin sebebi, Şekil 5'te verilen ortam pH değerine bağlı olarak alüminyumun çözünme diyagramı ve Şekil 6'da verilen sabit akım şiddeti ve sabit atıksu debisinde farklı başlangıç pH değerlerine sahip atıksuların reaktör çıkışı pH değerlerini gösteren grafiksel sonuçlar incelendiğinde daha iyi anlaşılacaktır.



Şekil 5. Alüminyumun ortam pH'sına bağlı olarak çözünme diyagramı (Jiang et al. 2002)

$Al(OH)_3$ 'ün çözünürlüğünün en düşük olduğu pH aralığı Şekil 5'ten 5.5-7.5 olarak görülmektedir. Şekil 6'da ise bu değer aralığında olan atıksu

başlangıç değerinin atıksuyun doğal pH değerleri ile gerçekleştirilen deneme sonuçları olduğu görülmektedir.



*Atıksu debisi: 25 ml dk⁻¹, Akım şiddeti: 15 A, Destek elektrolit: yok

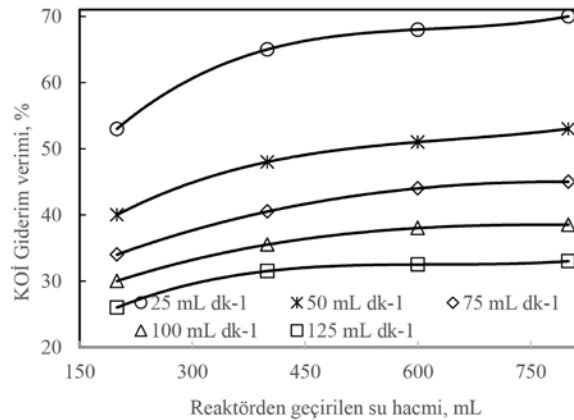
Şekil 6. Atıksu başlangıç pH değerinin reaksiyon boyunca değişimi

Yukarıdaki değerler dikkate alındığında daha sonra incelenecek parametreler için gerçekleştirilecek denemelerde atıksu başlangıç pH değeri olarak atıksuyun kendi doğal pH değerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Atıksu debisinin giderim verimine etkisi

Atıksu debisinin KOİ ve TF giderim verimi üzerine etkisinin incelendiği denemelerde debi 25, 50, 75, 100 ve 125 ml dk⁻¹ aralıklarında seçilmiştir. Atıksuyun reaktöre besleme debisinin giderim verimine etkisi incelenirken, atıksu doğal pH değerinde incelenmiş, elektrokimyasal

reaktöre 20 Amper akım şiddeti uygulanmış ve destek elektrolitsiz ortamda 500 mL'lik reaktör hacminde araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 7-8'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil 7-8 incelendiğinde, atıksu debisinin artması KOİ giderim veriminin azalmasına sebep olmuştur. Atıksu debisinin artması, reaktör içerisinde atıksuyun hidrolik kalış süresini azaltacağından dolayı sabit akım şiddeti altında elektrokimyasal olarak çözünen alüminyum iyonlarının organik madde ile reaksiyon hızını azaltmakta ve bunun sonucu olarak çıkış suyunda daha yüksek miktarlarda organik madde bulunmaktadır.



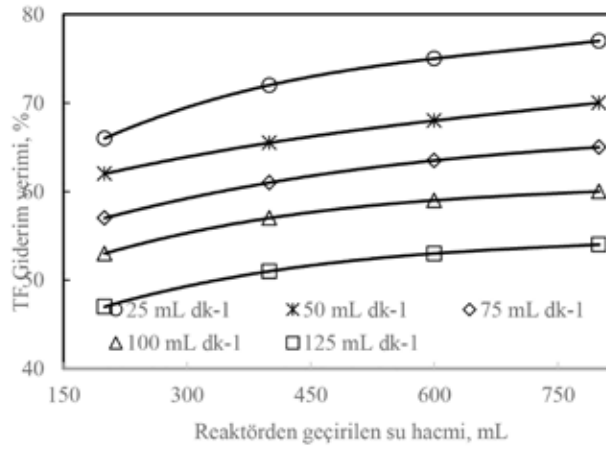
*Atıksu pH_i: 5.2, akım şiddeti: 20 A, Destek elektrolit: yok

Şekil 7. KOİ giderim verimi üzerine atıksu debisinin etkisi

Fıstık sanayi atıksularının elektrokoagülasyon prosesi ile arıtımına akış hızının etkisi incelenirken eş zamanlı olarak alınan çıkış suyu numunelerinde toplam fenol (TF) analizi yapılmış ve TF gideriminin de KOI giderimine benzer eğilim gösterdiği anlaşılmıştır. Artan atıksu debisi TF giderim veriminin azalmasına sebep olmuştur. Bu durumun KOI giderim veriminin azalmasına sebep olan etkenlerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

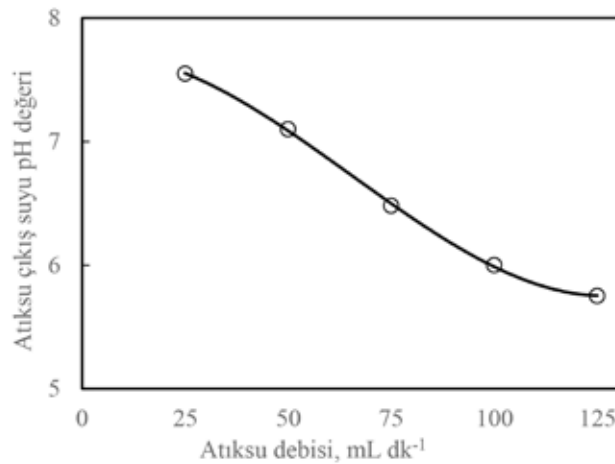
Atıksu debisinin artırılması Şekil 9'dan da görüldüğü gibi çıkış suyu pH değerlerinin değişmesine

sebeptir. Artan akış hızı atıksuyun reaktördeki hidrolik kalış süresini azalttığından dolayı, aynı akım şiddeti altında reaktör içerisinde daha az alüminyum iyonlarının çözünmesine ve dolayısıyla daha az $Al(OH)_3$ oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sebeptendir ki EK prosesinin doğası gereği genellikle reaksiyon sonrası artan pH değeri yüksek akış hızlarında veya düşük hidrolik kalış süresinde baskı altına alınmaktadır. Bu durum da atıksuyun reaktör içerisindeki hidrolik kalış süresinin azalması ile açıklanabilir.



*Atıksu pH_i: 5.2, akım şiddeti: 20 A, Destek elektrolit: yok

Şekil 8. TF giderim verimi üzerine atıksu debisinin etkisi



*Atıksu pH_i: 5.2, Destek elektrolit: yok

Şekil 9. Atıksu debisinin reaktör çıkış suyu pH değişimine etkisi

SONUÇ

Bu çalışmada, Gaziantep ilinde bulunan ulusal bir fıstık işleme tesisinden temin edilen atıksudan organik kirleticilerin elektrokoagülasyon prosesleri ile arıtımına etki eden parametreler incelenmiş ve sistem parametrelerinin giderim verimleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Sistem performansı KOİ ve TF parametreleri ölçülerek belirlenmiştir. Bütün denemeler, sürekli modda gerçekleştirilmiştir. EK prosesinde KOİ ve TF giderim verimlerini etkileyebileceği düşünülen; atıksuyun başlangıç pH'sı ve atıksu debisi değişken parametre olarak seçilmiştir.

Fıstık işleme sanayi atıksularının elektrokoagülasyon prosesi ile arıtımına etki eden önemli parametrelerden biri atıksuyun başlangıç pH değeridir. Bu parametre atıksuyun doğal pH değeri olan 5.2 değerinin altında ve üstünde seçilen değerler ile incelenmiştir. Atıksuyun doğal pH değeri ile gerçekleştirilen denemelerde elde edilen KOİ ve TF giderim verimi sonuçları, bu pH değerinin altında ve üstündeki pH değerleri ile gerçekleştirilen denemelerden elde edilen sonuçlardan çok daha yüksektir. Bu durumun anot elektrot olarak kullanılan alüminyumun elektrokimyasal olarak çözünmesi sonucu oluşturacağı alüminyum hidroksit/oksidhidroksit türleri için en uygun pH aralığının olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Reaksiyon boyunca düşük başlangıç pH değerlerinde (pH:4) $Al(OH)_3$ 'ün çözünürlüğünün en düşük olduğu pH aralığının altında kaldığı ve yüksek başlangıç pH değerlerinde ise bu aralığın üzerinde olduğu görülmüştür. Belirtilen sebeplerden dolayı elektrokoagülasyon ile alüminyum anot elektrot kullanılarak gerçekleştirilen denemelerde atıksuyun başlangıç pH değerinin doğal pH değeri olan 5.2 olması gerektiği anlaşılmıştır.

Atıksuyun elektrokimyasal reaktöre besleme hızı, reaktörde hidrolik kalış süresini dolayısı ile atıksuyun elektrokimyasal reaksiyonlara maruz kalma süresini tespit ettiği için kirleticilerin giderimini etkileyen önemli bir parametredir. Fıstık işleme sanayi atıksularının arıtımının incelendiği çalışmalarda EK prosesi için atıksu debisinin etkilerinin incelendiği denemelerde, destek elektrolit kullanılmadan, atıksuyun reaksiyon süresince sıcaklığına müdahale edilmeden, atıksuyun doğal pH değerinde ve 20 A'lık akım şiddeti değerlerinde farklı debilerde incelemeler

yapılmıştır. Atıksu debisinin artması, hem KOİ giderim veriminin hem de TF giderim veriminin azalmasına sebep olmuştur. Atıksu debisinin artması, kirleticilerin reaktörde kalış sürelerini azalttığından EK prosesinde sabit akım şiddeti altında oluşan $Al(OH)_3$ flokları ile yeterli süre temas etmelerini engellemiştir.

KAYNAKLAR

- Aji, B A, Yavuz, Y, Koparal, A S, 2012. Electrocoagulation of heavy metals containing model wastewater using monopolar iron electrodes. *Separation and Purification Technology*, 86: 248–254.
- Anonim, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.
- Balasubramanian, N, Kojima, T, Basha, C A, Srinivasakannan, C, 2009. Removal of arsenic from aqueous solution using electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 167: 966–969.
- Bayar, S, Boncukcuoğlu, R, Yılmaz, A E, Fil, B A, 2014. Pre-Treatment of Pistachio Processing Industry Wastewaters (PPIW) by Electrocoagulation using Al Plate Electrode, *Separation Science and Technology*, 49: 1008–1018.
- Can, O, Kobyas, M, Demirbas, E, Bayramoglu, M, 2006. Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation. *Chemosphere*, 62: 181–187.
- Deliktaş, E, 2011. Kağıt Endüstrisi Atıksularının Elektro-Fenton Prosesi İle Arıtılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi.
- Diaz, C B, Uribe, B F, Bilyeu, B, 2014. Removal of organic pollutants in industrial wastewater with an integrated system of copper electrocoagulation and electrogenerated H_2O_2 , *Chemosphere*, 105: 160–164.
- Fouad, Y O, 2014. Separation of cottonseed oil from oil–water emulsions using electrocoagulation technique. *Alexandria Engineering Journal* (2014) 53: 199–204.
- Hariz, I B, Halleb, A, Adhoum, N, Monser, L, 2013. Treatment of petroleum refinery sulfidic spent caustic wastes by electrocoagulation. *Separation and Purification Technology*, 107: 150–157.
- Hernandez, I L, Díaz, C B, Bilyeub, B, Rojas, P J G, Medinac, E. C., 2010. A combined electrocoagulation–electrooxidation treatment for industrial wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 175: 688–694.
- Isa, M H, Ezechi, E H, Ahmed, Z, Magram, S F, Kutty, S R M, 2014. Boron removal by electrocoagulation and recovery. *Water Research*, 51: 113–123.
- Jiang, J Q, Graham, N, André, C, Kelsall, G H, Brandon, N, 2002. Laboratory Study Of Electro-Coagulation–Flotation For Water Treatment. *Water Research*, 36(16): 4064–4078.
- Kobyas, M, Gebologlu, U, Ulu, F, Oncel, S, Demirbas, E., 2011. Removal of arsenic from drinking water by the electrocoagulation using Fe and Al electrodes, *Electrochimica Acta*, 56: 5060–5070.

- Lakshmiathiraj, P, Prabhakar, S, Raju, G B, 2010. Studies on the electrochemical decontamination of wastewater containing arsenic. *Separation and Purification Technology*, 73: 114–121.
- Melhem, H B Smith, E, 2012. Grey water treatment by a continuous process of an electrocoagulation unit and a submerged membrane bioreactor system. *Chemical Engineering Journal*, 198–199: 201–210.
- Obanda, M Owuor P O, 1997. Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74: 209–215.
- Pajootan, E, Arami, M Mahmoodi, N M, 2012. Binary system dye removal by electrocoagulation from synthetic and real colored wastewaters. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43: 282–290.
- Parsa, J B, Vahidian, H R, Soleymani, A R, Abbasi, M, 2011. Removal of Acid Brown 14 in aqueous media by electrocoagulation: Optimization parameters and minimizing of energy consumption. *Desalination*, 278: 295–302.
- Sayiner, G, Kandemirli, F, Dimoglo, A, 2008. Evaluation of boron removal by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes, *Desalination*, 230: 205–212.
- Tran, N, Drogui, P, Blais, J F, Mercier, G, 2012. Phosphorus removal from spiked municipal wastewater using either electrochemical coagulation or chemical coagulation as tertiary treatment, *Separation and Purification Technology*, 95: 16–25.
- Un, U T Ozel, E, 2013. Electrocoagulation of yogurt industry wastewater and the production of ceramic pigments from the sludge, *Separation and Purification Technology*, 120: 386–391.
- Vasudevan, S, Lakshmi, J, Sozhan, G, 2013. Electrochemically assisted coagulation for the removal of boron from water using zinc anode, *Desalination*, 310: 122–129.
- Yıldız, Y Ş, 2008. Optimization of Bomaplex Red CR-L dye removal from aqueous solution by electrocoagulation using aluminum electrodes, *Journal of Hazardous Materials*, 153: 194–200.
- Yılmaz, A E, Boncukcuoğlu, R, Kocakerim, M M, Kocadağistan, E, 2008. An empirical model for kinetics of boron removal from boron containing wastewaters by the electrocoagulation method in a batch reactor, *Desalination*, 230: 288–297.
- Zodi, S, Potier, O, Lapicque, F, Leclerc, J P, 2010. Treatment of the industrial wastewaters by electrocoagulation: Optimization of coupled electrochemical and sedimentation processes. *Desalination*, 261: 186–190.
- Zodi, S, Merzouk, B, Potier, O, Lapicque, F, Leclerc, J P, 2013. Direct red 81 dye removal by a continuous flow electrocoagulation/flotation reactor. *Separation and Purification Technology*, 108: 215–222.

Atık Katalitik Konvertörden Safsızlıkların Giderilmesinde Kullanılan Parametrelerin Optimizasyonu

Muhammet Yunus PAMUKOĞLU¹, Nilüfer GÖNEN¹

ÖZET: Katalitik konvertörler araçların egzoz emisyonlarındaki yanmamış hidrokarbonları azaltmak, oluşan azot oksitleri parçalamak için kullanılmaktadır. Fosil yakıtların önemli bir oranda tüketildiği araç motorlarında egzoz emisyonlarının kontrolü ve sınır değerlerini aşan araçların gerekli sistemleri değiştirmeleri çevresel problemlerden biri olan hava kirliliğini azaltmak için son derece önemlidir. Bu çalışmada, benzinli araçlardan elde edilen katalitik konvertörlerinden safsızlıkların giderilmesinde kullanılan parametreler optimize edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, benzinli araç atık katalitik konvertörünün sülfürik asit ile gerçekleştirilen safsızlık giderimi işleminde katı/sıvı oranını, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu ve liç süresinin etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar tespit edilmiştir. 10 N asit konsantrasyonunda, 2 saatlik liç süresinde, 300 dev dk⁻¹ karıştırma hızında, 1/10 katı/sıvı oranında ve 90 °C sıcaklıkta yaklaşık % 30-35 gibi bir safsızlık giderimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çevresel etkiler, hava kirliliği, katalitik konvertör, safsızlıkların giderimi.

Optimization of The Parameters Used in Removing Impurities from Used Catalytic Converter

ABSTRACT: Catalytic converters are used to decrease the amount of unburned or partially oxidized hydrocarbons and nitrous oxides in vehicles' exhaust emissions. It is vitally important to control and to alter the catalytic systems of the vehicles having an exceeding exhaust emissions by usage of fossil fuels in large quantities. In this study, the parameters used in removing the impurities of the used catalytic converter has been optimized derived from gasoline-powered vehicles. In this study, the effects of solid/liquid ratio, stirring rate, acid concentration, and leaching time were investigated and optimum conditions for the removal of base metals (impurities) from the waste catalytic converter obtained from gasoline using vehicle were determined. The impurity removal of 30-35% by weight was obtained using the 10 N acid concentration, 2 hours of leaching time, 300 rpm mixing rate, 1/10 solid/liquid ratio and at 90 °C.

Keywords: Environmental impacts, air pollution, catalytic converters, removal of impurities.

¹ Süleyan Demirel Üniversitesi, Mühendislik, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Muhammet Yunus PAMUKOĞLU, yunuspamukoglu@sdu.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde artan araç sayısı hava kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir. Bu süreç özellikle büyük şehirlerde daha yoğun hissedilen bir durumdur. Hem benzinli hem de dizel araçlarda egzoz emisyonlarındaki yanmamış hidrokarbon (UHC), karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) miktarlarını minimize etmek için katalitik konvertörler kullanılması yeni üretilen araçlarda bir yasal zorunluluk haline gelmiştir. Katalitik konvertörde tam yanmamış hidrokarbonların ve CO'nin tam yanmasını sağlamada; NO_x gibi azot oksitlerin de azot ve oksijene parçalanmasında Platin (Pt) paladyum (Pd) ve Rodyum (Rh) metalleri katalizör olarak bulunmaktadır. 1970 yıllarda sadece karbonmonoksit ve hidrokarbon oksidasyonunda kullanılan iki yollu konvertörler; 1980'lerde NO_x emisyonlarını azaltmak için kullanılmaya başlanan üç yollu konvertörler ilk defa Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya tarafından zorunlu hale getirilmiş ve günümüzde kullanımları daha da artmıştır (Kuczynski et al., 1995; Fornalczyk and Saturnus, 2009; Davis Recycling Inc., 2011). Ülkemizin de mevzuat olarak uyum sağlamaya çalıştığı Avrupa Birliğinde 1993 yılında çıkan direktif (94/12/EEC) ile bu konuda bir düzenleme getirilmiştir (Aberasturi et al., 2011).

Bu yasal düzenlemeler hava kirliliğine neden olan bu gazların miktarlarının azalmasında önemli rol oynamıştır. 1974 yılında ilk katalitik konvertörün kullanılmaya başlanmasından bugüne yaklaşık 12 milyar ton tehlikeli gazın oluşumu engellenmiştir (Davis Recycling Inc., 2011). Günümüzde dünyada 500 milyonun üzerinde araçta katalitik konvertör bulunmaktadır. Dolayısı ile ömürlerini tamamlamış konvertörlerin yapısındaki değerli metallerin geri kazanımı hem sürdürülebilirlik hem de ekonomik açıdan bir zorunluluktur. Ülkemizde işlevlerini yitirmiş katalitik konvertörler piyasadan toplanmakta ve bazı fiziksel işlemlerden geçirilerek yurtdışına satılmaktadır.

Katalitik etkiye sahip metallerin doğada eser miktarlarda bulunmasından dolayı bu ürünlerin geri kazanımında bir zorunluluk oluşturmuştur. Bu geri kazanım aşamasında ise en önemli problem teşkil eden kısım ise atık konvertör yapısındaki ana taşıyıcı faz olarak korderit yapısında bulunan Al, Mg metallerinin ve konvertör yapısında oksijen sağlayıcı olarak bulunan Ce metalinin ayrıştırılması işlemleridir. Bu çalışmada, benzinli araç atık katalitik konvertörünün sülfürik asit ile gerçekleştirilen safsızlık giderimi işleminde katı/sıvı

oranını, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu ve liç süresinin etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneylerde kullanılan atık katalitik konvertörler Isparta'da yerel sanayi sitesinde egzozculardan satın alınmıştır. Atık katalitik konvertörlerden safsızlıkların giderilmesi için uygulanan liç işleminde en uygun parametreler belirlenirken öğütülüp 106 mikron altına elenen benzinli araçtan çıkan atık konvertör örnekleri kullanılmıştır. Katalitik konvertörlerin liç işleminde sülfürik asit (H_2SO_4 hacimce %96, Merck); işlem sonunda fazla asitliği nötralize etmek ve pH ayarlamak için sodyum karbonat (Na_2CO_3 ağırlıkça %99, Tekkim) ile sodyum hidroksit (NaOH ağırlıkça %99, Tekkim) kullanılmıştır. Katalitik konvertör tozlarının karakterizasyonunda X-ışını toz difraktometresi (XRD), ICP OES ve termal gravimetrik analiz (TGA) kullanılmıştır. Deneylerdeki tartım işlerinde analitik terazi (Precisa XB 220A) kullanılmıştır. Ayrıca laboratuvardaki mevcut olan cam malzemeler, ekipmanlar vs. kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Literatürdeki çalışmalar doğrultusunda (Moldovan et al., 1999; Angelidis, 2001; Aberasturi et al., 2011; Nicol and Nikoloski, 2011) belirlediğimiz yöntemle göre atık konvertör yapısındaki ana taşıyıcı faz olarak korderit yapısında bulunan Al, Mg metallerinin ve konvertör yapısında oksijen sağlayıcı olarak bulunan Ce metalinin ayrıştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda katı/sıvı oranı, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu, ve liç süresi değiştirilerek uygun parametreler belirlenmiştir.

Katı/Sıvı Oranının Etkisi

Atık katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde ilk olarak katı/sıvı oranının etkileri araştırılmıştır. Katı/sıvı oranının 1/5 ile 1/20 arasında olacak şekilde 4 farklı oran denenmiştir. Bu liç işlemlerinde sıcaklık 90°C , karıştırma hızı 300 dev dk^{-1} , kullanılan asit konsantrasyonu $10\text{ N H}_2\text{SO}_4$ ve liç süresi 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı Katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilen safsızlıkların miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.

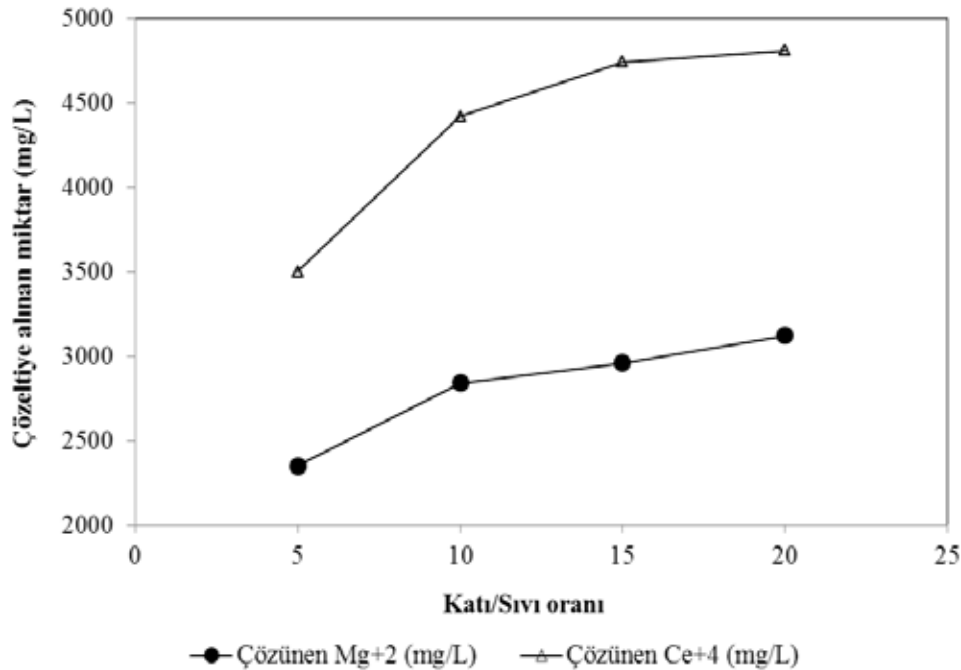
Çizelge 1. Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan safsızlıkların miktarları

Katı/Sıvı Oranı	Çözünen Al ³⁺ (mg L ⁻¹)	Çözünen Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Çözünen Ce ⁴⁺ (mg L ⁻¹)	Toplam Kütle Kaybı (%)
1/5	21000	2540	3500	27
1/10	25900	2840	4420	32
1/15	26940	2960	4740	35
1/20	27540	3120	4810	37

Çizelge 1’de görüldüğü üzere katı/sıvı oranının artırılması ile çözünen Al³⁺, Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ metallerinin konsantrasyonları da artmıştır. Katı/sıvı oranının 1/5’ den 1/20’ye artırılması ile çözünen Al³⁺ konsantrasyonu sırası ile 21 000 mg L⁻¹’ den 27 540 mg L⁻¹’ ye artmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %27’ den %37’ ye çıkmıştır.

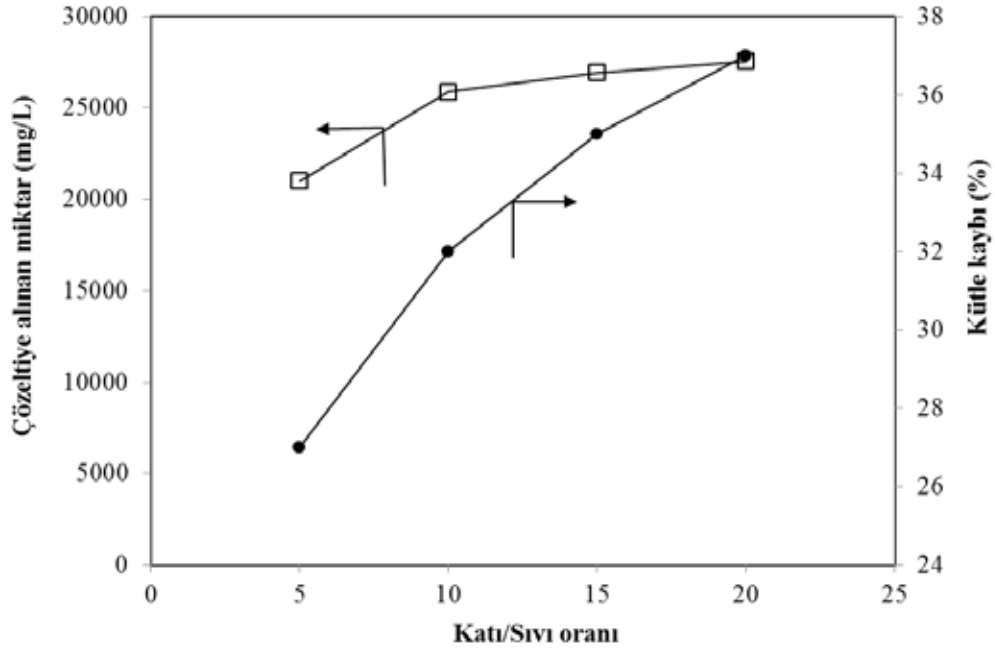
Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan safsızlıkların

miktarlarının değişimleri Şekil 1’de verilmiştir. Katı/sıvı oranının artırılması ile çözeltilmeye alınan Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ miktarları da artmıştır. Katı/sıvı oranının 1/10’ un üzerinde olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış göstermemektedir. Bununla birlikte oranın artırılması ile hem kullanılan asit maliyeti hem de atık asit miktarları artacağından optimum katı/sıvı oranı 1/10 olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu oran kullanılmıştır.

Şekil 1. Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı Katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan Al³⁺ ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Katı/sıvı oranının artırılması ile çözeltilmeye alınan

Al³⁺ ve yüzde kütle kayıpları da artmaktadır. Katı/sıvı oranı 1/10 olduğunda çözünen Al³⁺ ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 26 000 mg L⁻¹ ve %32 olarak ölçülmüştür.



Şekil 2. Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{3+} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Sıcaklığın Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde bir diğer parametre olan sıcaklığın etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla çözelti sıcaklıkları 60, 75, 90 ve 105 °C arasında olacak şekilde 5 farklı

sıcaklıkta değiştirilmiştir. Bir önceki bölümde bulunan optimum katı/sıvı oranı 10, karıştırma hızı 300 dev dk^{-1} kullanılan asit konsantrasyonu 10 N H_2SO_4 ve liç süresi 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

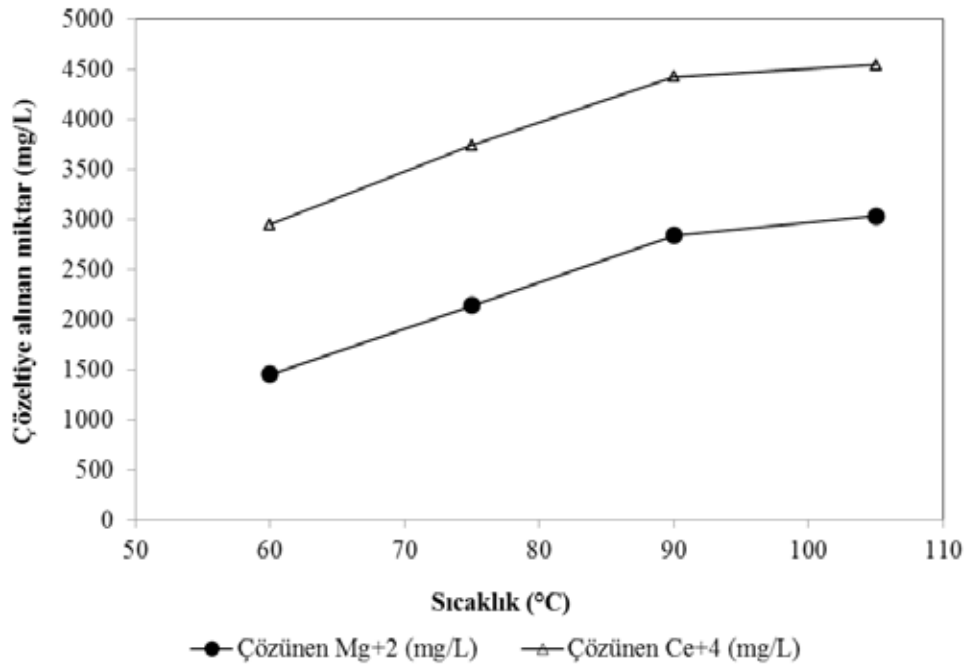
Sıcaklık (°C)	Çözünen Al^{3+} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Mg^{+2} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Ce^{+4} ($mg L^{-1}$)	Toplam Kütle Kaybı (%)
60	13420	1450	2945	18
75	19450	2140	3740	24
90	25900	2840	4420	32
105	27940	3030	4540	35

Çizelge 2'te görüldüğü üzere sıcaklığın artırılması ile çözünen Al^{3+} , Mg^{+2} ve Ce^{+4} metallerinin konsantrasyonları da artmıştır.

Sıcaklığın 60 °C'den 105 °C'ye artırılması ile çözünen Al^{3+} konsantrasyonu sırası ile 13 420 $mg L^{-1}$ 'den 27 940 $mg L^{-1}$ 'ye artmıştır.

Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %18' den %35'e artmıştır.

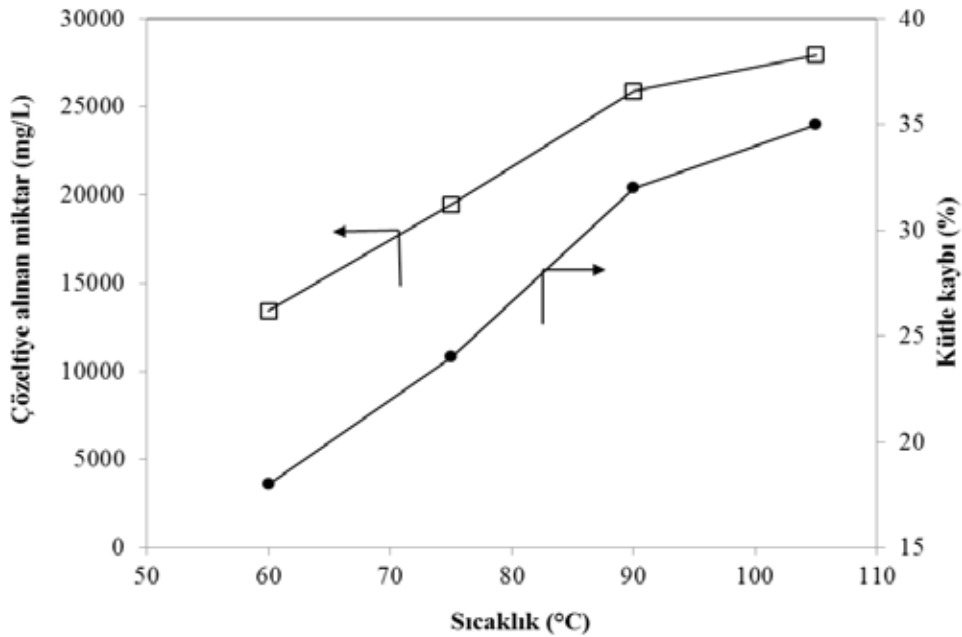
Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarlarının değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. Sıcaklığın artırılması ile çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} miktarları da artmıştır. Sıcaklık 90 °C'nin üzerinde olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış göstermemektedir. Bununla birlikte sıcaklığın artırılması ile ısıtmadan kaynaklı maliyet artacağından optimum sıcaklık 90 °C olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu sıcaklık kullanılmıştır.



Şekil 3. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiye alınan Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiye alınan Al³⁺ ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 4’ de gösterilmiştir. Sıcaklığın artırılması ile çözeltiye alınan Al³⁺ ve yüzde kütle

kayıpları da artmaktadır. Sıcaklık 90 °C olduğunda çözünen Al³⁺ ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 25 900 mg L⁻¹ ve %32 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiye alınan Al³⁺ ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Karıştırma Hızının Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde bir diğer parametre olan karıştırma hızının etkileri araştırılmıştır. Karıştırma hızları 100, 200, 300 ve 400 dev dk⁻¹ olacak şekilde 4 farklı karıştırma hızları denenmiştir. Bir önceki bölümde

bulunan optimum katı/sıvı oranı ve sıcaklık değerleri sırası ile 1/10 ve 90 °C, kullanılan asit konsantrasyonu 10 N H₂SO₄ ve liç süresi 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 3’de verilmiştir.

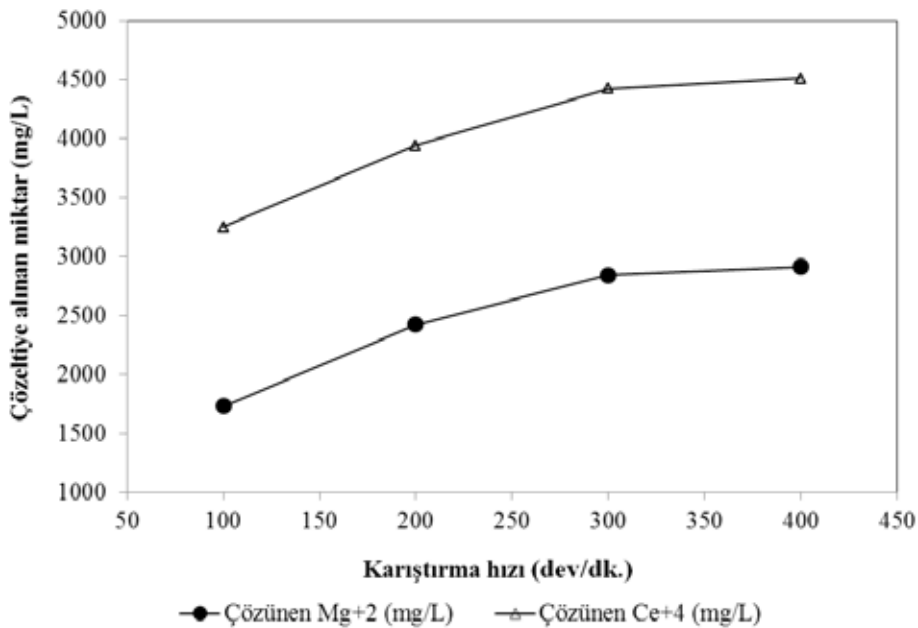
Çizelge 3. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

Karıştırma Hızı (dev dk ⁻¹)	Çözünen Al ⁺³ (mg L ⁻¹)	Çözünen Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	Çözünen Ce ⁺⁴ (mg/L ⁻¹)	Toplam Kütle Kaybı (%)
100	16400	1730	3250	21
200	21400	2420	3940	27
300	25900	2840	4420	32
400	26400	2910	4510	33

Çizelge 3’de görüldüğü üzere karıştırma hızının artırılması ile çözünen Al⁺³, Mg⁺² ve Ce⁺⁴ metallerinin konsantrasyonları da artmıştır. Karıştırma hızının 100 dev dk⁻¹’ dan 400 dev dk⁻¹’ ya artırılması ile çözünen Al⁺³ konsantrasyonu sırası ile 16 400 mg L⁻¹’den 26 400 mg L⁻¹’ye artmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %21’ den %33’ e artmıştır.

Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların

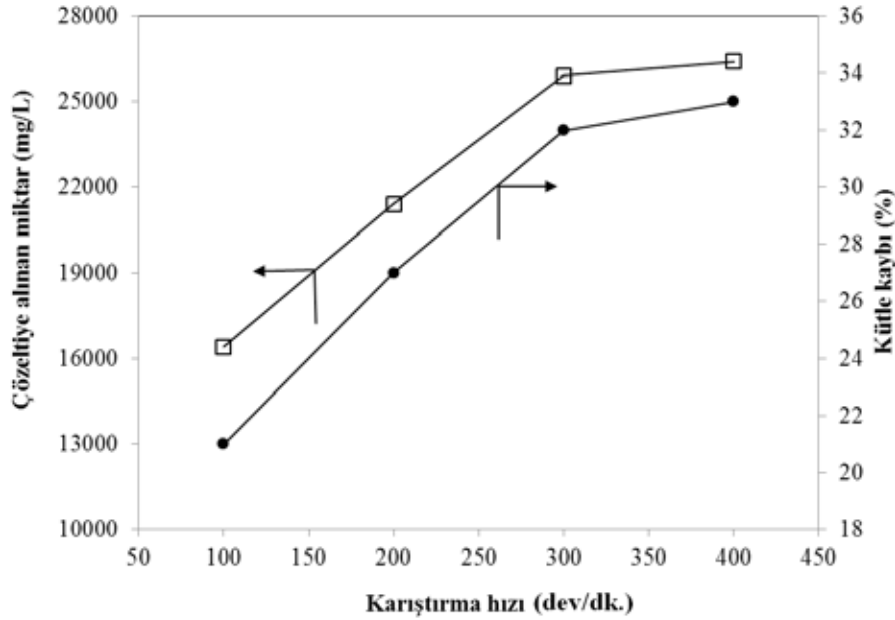
miktarlarının değişimleri Şekil 5’de verilmiştir. Karıştırma hızının artırılması ile çözeltiliye alınan Mg⁺² ve Ce⁺⁴ miktarları da artmıştır. Karıştırma hızının 300 dev dk⁻¹’in üzerinde olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış göstermemektedir. Bununla birlikte karıştırma hızının artırılması ile enerji kaynaklı maliyet artacağından optimum karıştırma hızı 300 dev dk⁻¹ olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu karıştırma hızı kullanılmıştır.



Şekil 5. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Mg⁺² ve Ce⁺⁴ iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Karıştırma hızlarının artırılması ile çözeltilmeye alınan

Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları da artmaktadır. Karıştırma hızı 400 dev dk^{-1} olduğunda çözünen Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 26400 mg L^{-1} ve %33 olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde değiştirilen diğer bir parametre olan asit konsantrasyonunun etkileri araştırılmıştır. Kullanılan asit konsantrasyonları 6, 10, 14, 18 N olacak şekilde 4 farklı H_2SO_4 konsantrasyonunda gerçekleştirilmiştir.

Bir önceki bölümde bulunan optimum katı/sıvı oranı, sıcaklık, karıştırma hızı değerleri sırası ile 1/10, $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ve 300 dev dk^{-1} ve liç süresi ise 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan safsızlıkların miktarları

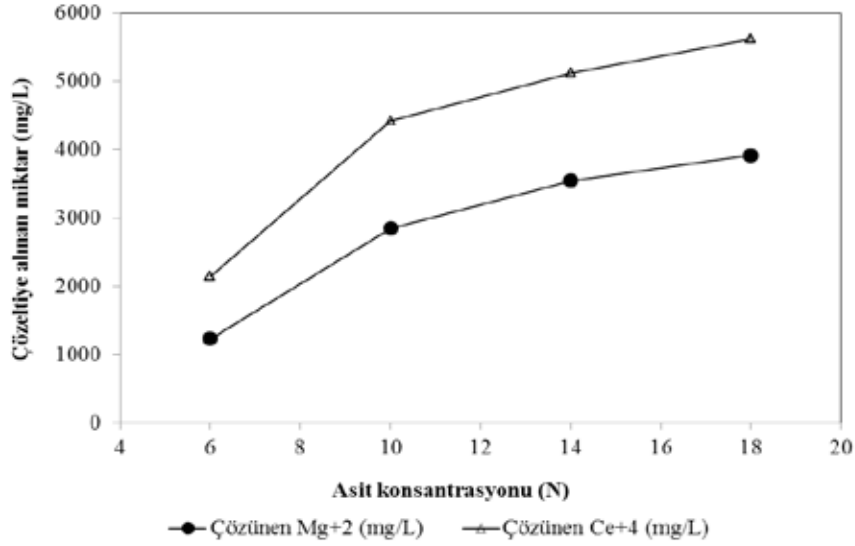
Asit Konsantrasyonu (Normalite)	Çözünen Al^{+3} (mg L^{-1})	Çözünen Mg^{+2} (mg L^{-1})	Çözünen Ce^{+4} (mg L^{-1})	Toplam Kütle Kaybı (%)
6	11200	1230	2140	14
10	25900	2840	4420	32
14	29750	3540	5120	37
18	33250	3910	5620	43

Çizelge 4'te görüldüğü üzere asit konsantrasyonunun artırılması ile çözünen Al^{+3} , Mg^{+2} ve Ce^{+4} metallerinin konsantrasyonları da artmıştır. Asit konsantrasyonunun 6 N' den 18 N'e

arttırılması ile çözünen Al^{+3} konsantrasyonu sırası ile 11200 mg L^{-1} ' den 33250 mg L^{-1} 'ye artmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %14' den %43'e artmıştır.

Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarlarının değişimleri Şekil 7’de verilmiştir. Sıcaklığın artırılması ile çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} miktarları da artmıştır. Asit konsantrasyonunun 10 N’ in üzerinde olması çözünen madde miktarında ciddi bir artış göstermiştir. Fakat literatürde

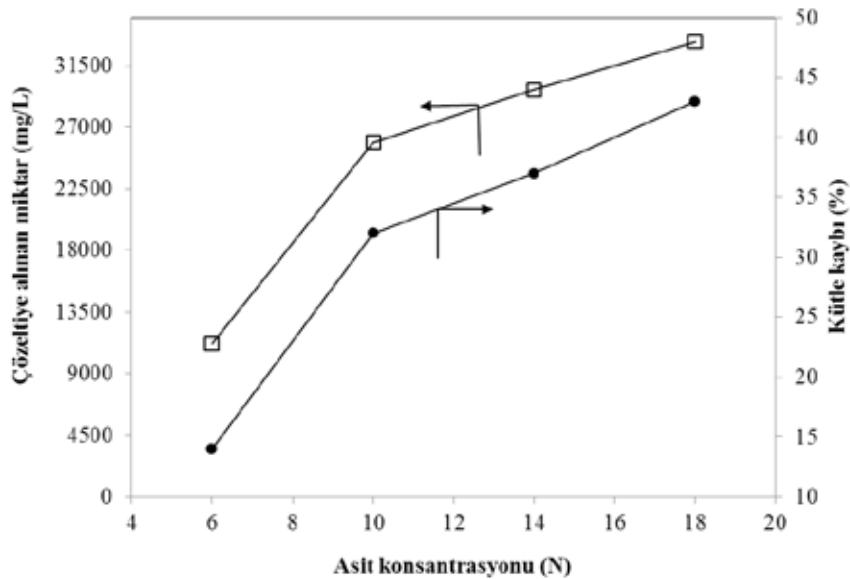
yapılan çalışmalar göstermektedir ki H_2SO_4 konsantrasyonunu 10 N’ in üzerine çıkarıldığında özellikle Pd ve az miktarda da olsa Pt çözünmektedir. Bu sonuç yaptığımız ölçümlerle de doğrulanmıştır. Bu yüzden optimum asit konsantrasyonu 10 N olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu asit konsantrasyonu kullanılmıştır.



Şekil 7. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 8’de gösterilmiştir. Asit konsantrasyonunun artırılması ile çözeltiliye alınan

Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları da artmaktadır. Asit konsantrasyonunu 10 N olduğunda çözünen Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları sırası ile $25\ 900\ mg\ L^{-1}$ ve %32 olarak ölçülmüştür.



Şekil 8. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Liç Süresinin Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde son olarak araştırılan parametre ise liç süresinin etkilerinin incelenmesidir. Liç süresi 60, 120, 180, 240, 300 dk. olacak şekilde 5 farklı liç süresinde

gerçekleştirilmiştir. Bir önceki bölümde bulunan optimum katı/sıvı oranı, sıcaklık, karıştırma hızı, H_2SO_4 konsantrasyonu değerleri sırası ile 10, 90 °C, 300 dev dk^{-1} 10 N olarak sabit tutulup, liç süreleri değiştirilmiştir. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

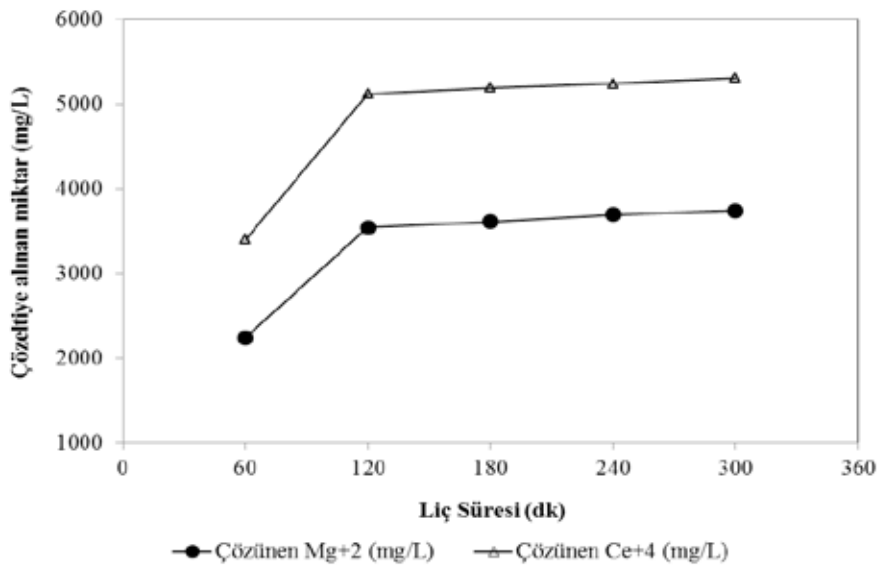
Liç Süresi (dakika)	Çözünen Al^{+3} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Mg^{+2} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Ce^{+4} ($mg L^{-1}$)	Toplam Kütle Kaybı (%)
60	14250	2240	3400	19
120	29750	3540	5120	37
180	31240	3610	5190	39
240	32210	3690	5240	40
300	32610	3740	5305	41

Çizelge 5’de görüldüğü üzere liç süresinin artırılması ile çözünen Al^{+3} , Mg^{+2} ve Ce^{+4} metallerinin konsantrasyonları da artmıştır.

Liç süresinin 60 dk.’ dan 300 dk.’ ya artırılması ile çözünen Al^{+3} konsantrasyonu sırası ile 14 250 $mg L^{-1}$ ’den 32 610 $mg L^{-1}$ ’ ye artmıştır.

Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %19’ dan %41’ e artmıştır.

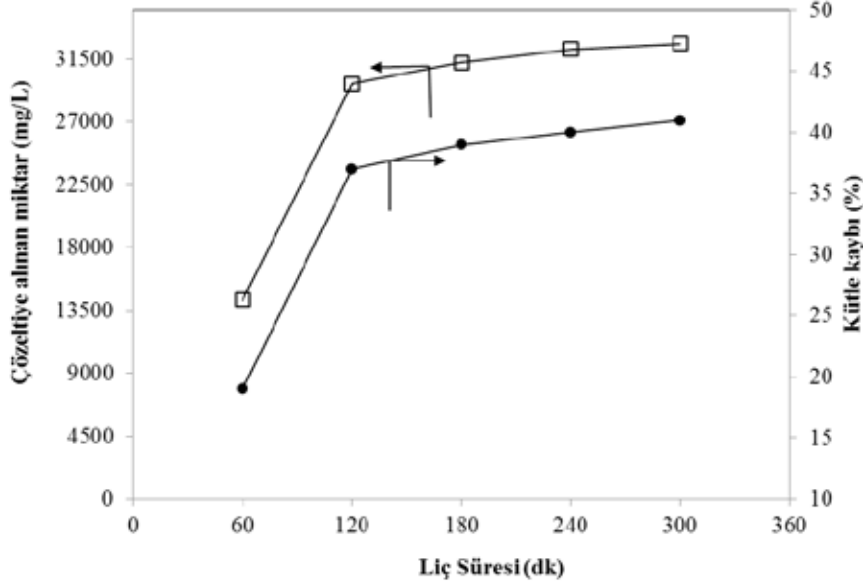
Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarlarının değişimleri Şekil 9’da verilmiştir. Liç süresinin artırılması ile çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} miktarları da artmıştır. Liç süresinin 120 dk.’ nın üzerine çıkarılması ile olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış gözlenmemiştir. Liç süresinin artırılması proses maliyetini arttıracığından optimum liç süresi 120 dk. olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 10'da gösterilmiştir. Liç süresinin artırılması ile çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle

kayıpları da artmaktadır. Liç süresi 120 dk. olduğunda çözünen Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 23 750 $mg L^{-1}$ ve %37 olarak ölçülmüştür.



Şekil 10. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

SONUÇ

Benzinli araç atık katalitik konvertörünün sülfürik asit ile gerçekleştirilen safsızlık giderimi işleminde katı/sıvı oranının, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu ve liç süresinin etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar tespit edilmiştir. 10 N asit konsantrasyonunda, iki saatlik liç süresinde, 300 dev dk^{-1} karıştırma hızında, 1/15 katı/sıvı oranında ve 90 °C sıcaklıkta yaklaşık %30-35 gibi bir safsızlık giderimi gerçekleştirilmiştir. Safsızlık giderimi işleminde katalitik konvertör yapısında ciddi miktarlarda seryum (Ce) varlığı tespit edilmiştir. Hidrometalurjik yöntem çevreci bir yöntem olarak görünmemesine karşın pirometalurjik yöntem sonrasında elde edilen Platin Grubu Metal (PGM) alaşımlarının saflaştırılmasında kullanılmaktadır. Uygun çözücü ve şartlarda bu yöntem atık konvertörlerden PGM liç işleminde de kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Birimi tarafından 3533-YL1-13 kodlu desteklenen proje kapsamında

yapılmıştır. Desteği sağlayan Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aberasturi JD, Pinedo R, Ruiz L, Ruiz JI, Rojo T, 2011. Recovery by hydrometallurgical extraction of the platinum-group metals from car catalytic converters, *Minerals Engineering*, 24: 505-513.
- Angelidis, TN, 2001. Development of Laboratory Scale Hydrometallurgical Procedure for Recovery of Pt and Rh from Spent Automotive Catalyst, *Topics in Catalysis*, 16: 1-4.
- Davis Recycling Inc., 05.11.2011 <http://davisconverters.com/catalyticconverters.shtml>, USA.
- Fornalczyk A, Saternus M, 2009. Removal of Platinum Group Metals from the Used Auto Catalytic Converter, *META-BK*, 48: 133-136.
- Kuczynski RJ, Atkinson GB, Dolinar WJ, 1995. Recovery of Platinum Group Metals from Automobile Catalysts — Pilot Plant Operation, In: *Third International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials*. (ed. Queneau P.B. and Preston R.D.), The Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, Pennsylvania: 527-541.
- Moldovan M, Gómez M, Palacios M, 1999. Determination of platinum, rhodium and palladium in car exhaust fumes, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 14: 1163-1169.
- Nicol M, Nikoloski A, 2011. Recovery of Platinum Group Metals from Metal-Containing Materials, *World Intellectual Property Organization*, WO2011/140593 A1

Görüntü Sıkıştırma Kod Vektör Listesi Üretimi İçin Yeni Bir Bölme Tabanlı LBG Algoritması

İlker KILIÇ¹, Yücel KOÇYİĞİT¹, Mustafa NİL¹

ÖZET: Linde-Buzo-Gray (LBG) algoritması, görüntü sıkıştırma Vektör Nicemleme (VN) tekniği için kullanılan, performansı büyük oranda başlangıç kod vektör listesine bağlı, kararlı, yerel optimum sonuç veren bir tekniktir. Bölme tabanlı LBG algoritmasında görüntüyü oluşturan vektörlerin ortalaması başlangıç olarak seçilir. Merkezler 2ⁿ kez ikiye bölünüp güncellenerek yerel optimum kod listesi oluşturulur. Önerilen yeni teknikte (YLBG), LBG algoritması geliştirilmiş ve algoritma içerisindeki bölme işlemi tüm bölgelere uygulanmayıp sadece hatası en fazla olan bölge tespit edilip o bölgenin merkezi ikiye bölünerek merkez artırması sağlanmıştır. Böylece mevcut standart LBG'den farklı olarak merkezler teker teker artırılıp kod vektör listesinin performansı global olarak artırılmıştır. Bu çalışmada önerilen yeni teknik standart görüntülere uygulanmış, K-Ortalamlar (KO), LBG ve Bulanık C-Ortalamlar (BCO) ile karşılaştırılmış, ortalama karesel hata (OKH) ölçütüne göre üstün olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulanık C-ortalamlar, K-ortalamlar, LBG, vektör nicemleme

A New Splitting LBG Algorithm for Codebook Generation in Image Compression

ABSTRACT: Linde-Buzo-Gray (LBG) algorithm is used in image processing for Vector Quantization (VQ). LBG technique is robust, performs locally best but depends on the initial codebook. In the splitting based VQ, the first center is defined as average of all vectors. The rest of 2ⁿ centers are calculated by splitting and updated procedure. In the proposed new technique (NLBG) the LBG is improved and instead of splitting all centers into two new areas, the worst area that has highest mean square error splitted and updated into to new areas. Therefore, the number of codevectors is increased one by one apart from the classical LBG. Consequently, the performance of the codebook is increased globally. In this paper, the new technique is applied to the standard images, compared to the FCM(Fuzzy C-Means), K-Means (K – Ortalamalar) and LBG. As a result, it is seen that the proposed new technique performs better according to the criteria of MSE.

Keywords: Fuzzy C-means, K-means, LBG, vector quantization

¹ CBU, Mühendislik, Elektrik-Elektronik Müh., Manisa, Türkiye
*Sorumlu yazar/Corresponding Author: İlker KILIÇ, ilkerkilic71@gmail.com

GİRİŞ

Video ya da görüntü çekim uygulamaları ile onları saklamak günümüz teknolojisinde en çok başvurduğumuz araçlardır. Çekilen resmin kalitesi hafızada kapladığı alan ile doğru orantılıdır. Kalite atırıldığında hafızada kapladığı alan da artar. Bu durum sınırlı depolama alanına sahip uygulamalarda karşımıza sorun olarak çıkmaktadır. Literatürde, Dalgacık, Fourier ve Kosinüs Dönüşüm tabanlı dönüşümler ile görüntüyü frekans uzayına taşıyarak veya doğrudan görüntü üzerinde entropi tanımını kullanarak ya da görüntüyü alt kümelere ayırarak birçok kayıplı ya da kayıpsız sıkıştırma algoritması geliştirilmiştir. Bunlardan Huffman veya Aritmetik Kodlama gibi kayıpsız olanlar görüntü kalitesinden ödün vermezler fakat çok ciddi oranda sıkıştırma gerçekleştiremezler. Bunların yerine görüntüde bir miktar kayıp ile yüksek oranda sıkıştırma daha çok tercih edilmektedir. Bu tekniklerden en popüler olanları LBG ile vektör nicemleme (Linde et al., 1980; Gray, 1984; Lin and Tai, 1998; Patane and Russo, 2001; Tsai et al., 2009; Pan et al., 2011, Ku et al., 2014, Khan et al., 2015), Bulanık C-Ortalamlar (BCO) (Dunn, 1973; Bezdek et al., 1984; Ya-zhong et al., 2011; Kang et al., 2009), K-Ortalamlar (KO) (Lloyd, 1982; Bagirov et al., 2011; Bai et al., 2013; Tzortzis and Likas, 2014) algoritmalarıdır. Klasik LBG algoritması iyi bir başlangıç kod vektör listesi hesaplanıp algoritma başlangıcında kullanılarak geliştirilmiştir (Patane, 2001). Klasik bölme tabanlı LBG algoritmasında her bir küme ikiye bölünerek çoğaltılmata iken önerilen yeni teknikte (YLBG) herbir iterasyonda ortalama karesel hatası en büyük olan küme ikiye bölünmüş ve hatanın sürekli minimize edilmesi amaçlanmıştır. Sonuçta

aynı sıkıştırma oranlarında diğer algoritmalarından daha düşük ortalama karesel hata değerlerine sahip sonuçlar elde edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Vektör nicemleme ve LBG algoritması

Vektör nicemleme kayıplı bir görüntü sıkıştırma algoritmasıdır. Bu algoritmanın temeli Linde-Buzo-Gray tarafından geliştirilen LBG kod vektör listesi üretim mekanizmasına dayanmaktadır. Algoritma daha sonra birçok kez geliştirilmiştir. LBG algoritmasında ilk önce $N \times N$ piksel boyutuna sahip dijital bir $Y = \{x_{ij}\}$ görüntüsü $m \times m$ boyutlarına sahip alt vektörlere ayrılır.

Böylece tüm görüntü $N_b = \left(\frac{N}{m} \times \frac{N}{m}\right)$ adet alt bloklardan oluşan vektörler ile temsil edilmiş olur;

$X = \{x_i, i = 1, 2, \dots, N_b\}$. L değişkenini $m \times m$ boyutunda bir vektör olarak kabul ettiğimizde görüntü içerisindeki her bir x_i vektörü, L Euclidean uzayına ait olup $x_i \in L$ şartını sağlamalıdır. Kod vektör listesi içerisinde resmi en iyi temsil eden N_c adet kod vektöründen oluşmaktadır. Orijinal görüntü vektörleri bir satır vektörü ile ifade edilirken, i . kod vektörü şeklinde tanımlanabilir. Vektör nicemlemede her bir görüntü bloğu kod vektör listesi içerisindeki hatası en az olan vektör ile temsil edilir. Böylece orijinal görüntü bloğu yerine onun kod vektör listesindeki numarası ile temsil edilip kayıplı bir sıkıştırma işlemi yapılmış olur. C kod vektör listesinin belirlenmesi için aşağıdaki ortalama karesel hata kriterinin sağlanması gerekir Eşitlik(1-3).

$$OKH(C) = OKH(C) = \frac{1}{N_b} \sum_{j=1}^{N_c} \sum_{i=1}^{N_b} \mu_{ij} \|x_i - c_j\|^2 \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{N_c} \mu_{ij} = 1, \quad i \in \{1, 2, \dots, N_b\} \quad (2)$$

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } x_i \text{ j. küme içerisinde ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3)$$

Burada $\|x_i - c_j\|$ terimi x_i orijinal görüntü bloğu ile c_j kod vektörü arasındaki Euclidean uzaklığı, μ_{ij} kümeye aidiyet katsayısını ifade

etmektedir. Yerel optimum kod vektör listesinin oluşturulabilmesi için aşağıdaki kriterlerin sağlanması gerekmektedir.

a) $R_j, j=1,2,\dots,N_c$ vektör grubu aşağıdaki koşulu sağlamalıdır;

$$R_j = \{x \in X : d(x,c_j) < d(x,c_k), k \neq j\} \quad (4)$$

b) R_j vektör grubunun merkezi c_j aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$c_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} x_i, x_i \in R_j \quad (5)$$

Burada N_j, R_j vektör grubuna ait toplam eleman sayısını ifade eder.

Orijinal görüntüye ait vektörler $x_i, i = 1,2, \dots, N_b$, algoritmanın lokal optimum kod vektör listesini oluşturabilmesi için aşağıdaki üç kuralı sırası ile Euclidean uzaklığı d ve başlangıç kod vektör listesinin $c_j(0), j = 1, 2, \dots, N_c$ olduğunu kabul edersek, LBG işletmesi gerekmektedir;

a) Orijinal görüntüye ait tüm vektörlerin ortalaması ilk merkez olarak kabul edilir.

$$c_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_b} x_i}{N_b} \quad (6)$$

b) Görüntüdeki tüm merkezlere $\pm e$ ilave edilerek merkezler ikiye bölünür.

$$c_{ia} = c_i + e, i=1,2,\dots,N_c \quad (7)$$

$$c_{ib} = c_i - e, i=1,2,\dots,N_c \quad (8)$$

c) c_{ia} ve c_{ib} merkezleri Eşitlik(4,5) yardımı ile merkezlerin değerleri sabit kalıncaya kadar işletilir.

Bulanık C-Ortalamalar Algoritması

Bulanık C-Ortalamalar (BCO) algoritması, ilk olarak (Dunn, 1973) tarafından bulunmuş ve daha sonra (Bezdek et al., 1984) tarafından genelleştirilmiştir. İlerleyen yıllarda algoritma, kümeleme üzerine çalışan değişik araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Kang et al., 2009; Ya-zhong et al., 2011).

Basit olan bu sınıflama yöntemi, sınır değişkenliği yüksek olan sınıflara ait problemlerin çözümü için etkili

bir yöntemdir. Bu yöntemde uzaklık ölçütü karar verme fonksiyonudur ve en küçük olması istenir. Uzaklık hesabı, bir işaret vektörünün o sınıfın merkezine ait vektörden çıkarılarak yapılır.

Klasik sınıflama algoritmaları göz önüne alındığında $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, bir işaret kümesi; n , öznitelik sayısı; p , öznitelik vektörlerinin boyutu; c sınıf veya öbek sayısı; $V=\{v_1, v_2, \dots, v_c\}$ sınıf veya öbek merkezleri kümesi; U ise üyelik matrisini göstermek üzere, öbek merkezi ifadesi

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik} x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}} \quad ; i = 1, 2, \dots, c \quad (9)$$

şeklindedir. d_{ik} , k ncı vektörün i nolu sınıftan Euclidean uzaklığı

$$d_{ik} = \|x_k - v_i\| = \sqrt{\sum_{j=1}^p |x_{kj} - v_{ij}|^2} \quad (10)$$

şeklindedir.

X kümesinin en iyi öbekteştiği dağılımı

$$J_w(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik} d_{ik}^2 \quad (11)$$

hedef fonksiyonunu minimum yapan değerdir. Klasik küme kavramı için verilen bu ifadede

üyelik değerleri 1 ya da 0 değerini alır. BCO fonksiyonlarında

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m d_{ik}^2 \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir. d_{ik} uzaklığı (10) denklemden tanıma uygun şekilde ifade edilmektedir. Burada u_{ik} üyelik değeri 0 ile 1 arasında sonsuz sayıda değer alabilmektedir.

Hedef fonksiyonundaki m değeri, 1 ile sonsuz arasında bir değer alan bulanıklığı artıran bir

kontrol parametresidir. Literatürde genellikle $m=2$ değeri seçilmektedir. J_m bulanık karesel hata hedef fonksiyon olmak üzere minimum değerinde, öbek merkezlerinin son değerlerine ulaşılır.

Her bir iterasyonda üyelik değerlerinin hesabı,

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (13)$$

ile yapılmaktadır. Bu ifadede u_{ik} , k ncı işaret vektörünün i nci sınıfa ait olma derecesi olan üyelik değerini vermektedir.

Öbek merkezi ifadesi ise keskin küme tanımından farklı olup bu ifadeye bulanık üyelik değerleri girmektedir. Buna göre bulanık öbek merkezi ifadesi ;

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad ; i = 1, 2, 3, \dots, c \quad (14)$$

şeklinde yazılabilir.

BCO algoritmasının takip ettiği adımlar aşağıda verilmiştir :

1. adım : Başlangıç değerlerini belirle (üyelik değerleri, c sınıf (öbek) sayısı, e hata değeri).
2. adım : Bulanık öbek merkezlerini, Eşitlik(14) denklemini kullanarak hesapla
3. adım : Eşitlik(10) denklemini kullanarak her bir işaret vektörü için Euclidean uzaklığını hesapla
4. adım : Yeni üyelik değerlerini , Eşitlik(13) ifadesini kullanarak hesapla.
5. adım : Bulanık öbek merkezlerini güncelle

$$J = \arg \min \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i}^{N_i} \|x_i - \mu_i\|^2 \quad (15)$$

Burada m_i , i. kümenin ortalaması, N_i , S_i kümesinin eleman sayısıdır. Algoritmanın adımları;

1.Adım: k adet küme merkezi veri setinden rasgele olarak seçilir.

$$S_i = \{x_p : \|x_p - m_i\|^2 < \|x_p - m_j\|^2 \quad \forall j, 1 \leq j \leq k \quad (16)$$

3.Adım:Herbir kümeye ait yeni küme merkezleri Eşitlik(6) ile belirlenir. 4.Adım: Yeni küme merkezleri ile bir önceki iterasyonda hesaplanan küme merkezleri arasındaki mutlak farkların toplamı önceden belirlenen bir e eşik değerinden büyük ise adım2'ye gidilir aksi durumda algoritma durdurulur.

Yeni Bölme Tabanlı Hata Kontrollü Geliştirilmiş LBG Algoritması

Bölme tabanlı LBG algoritmasında merkez sayısını iki katına çıkaran bölme işlemi bölgelerin hata

K-Ortalamalar Algoritması

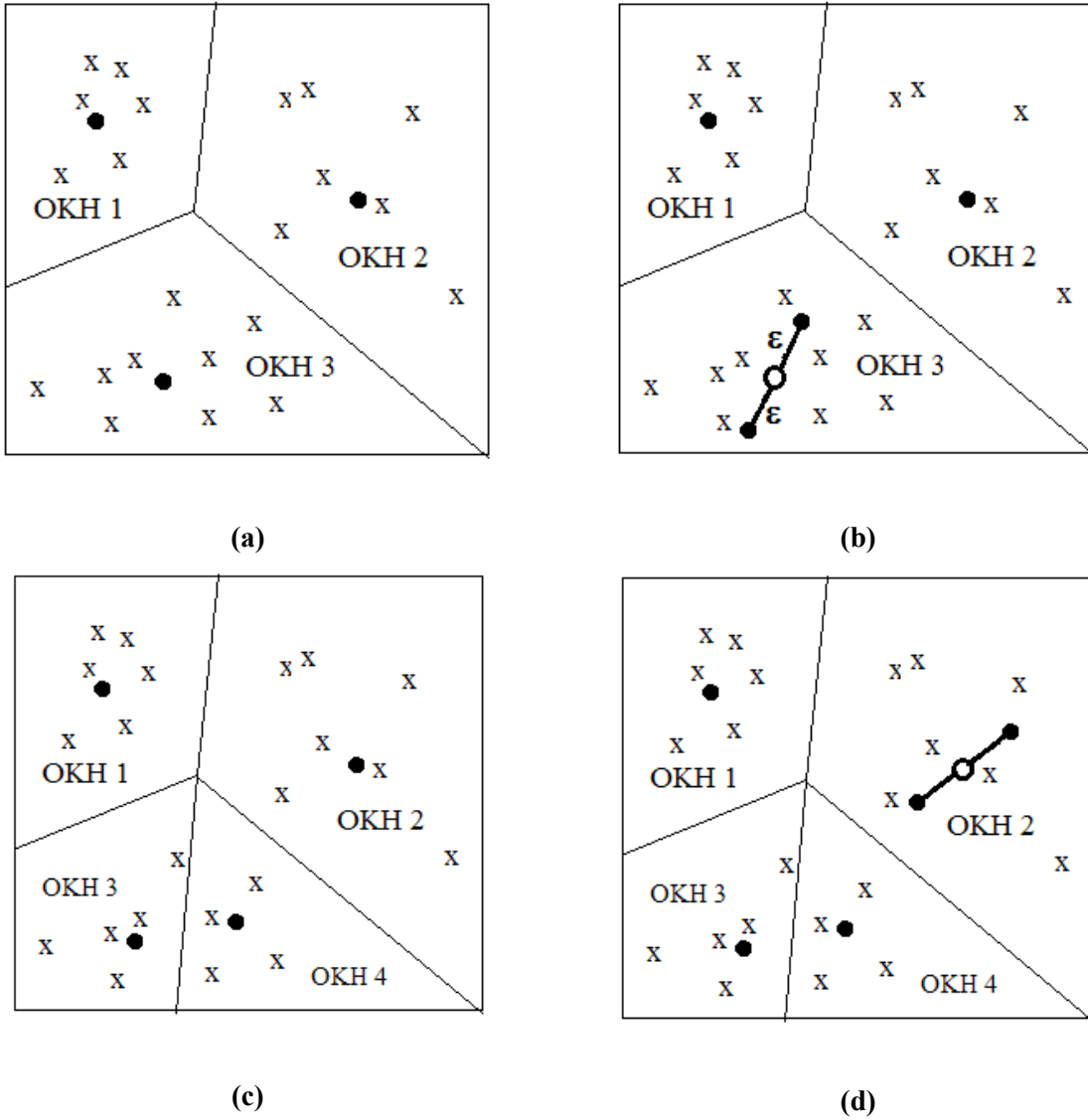
Algoritma ilk olarak Stuart P. Lloyd tarafından geliştirilmiştir (Lloyd, 1982). Algoritmanın basit ve kullanışlı olmasından dolayı birçok araştırmacı bu algoritma üzerinde çalışmış ve algoritmayı daha iyi sonuç verecek şekilde geliştirmişlerdir (Bagirov ve ark., 2011; Bai ve ark., 2013; Tzortzis ve Likas, 2014). Standart K-Ortalamalar algoritması, n adet sayısal veriyi önceden belirlenen k adet kümeye Euclidean uzaklığını kullanarak böler. Bu bölünen kümelere Voronoi hücreleri denir. k, küme sayısı olup algoritmaya dışarıdan girilmektedir. $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ veri içerisinde oluşan k adet kümeyi temsil edip K-Ortalamalar algoritmasında amaç (15) nolu denklemdeki hedef fonksiyonunu minimize etmektir.

2.Adım: Veri setindeki her bir x_p vektörünün k adet küme merkezlerine olan Euclidean uzaklığı hesaplanır. Veri, hesaplanan uzaklıklar içinde en küçük olan kümeye atanır.

miktarlarını dikkate almadan standart uygulanan bir işlemdir.

Herhengi bir bölgenin OKH değeri az ya da çok olmasına bakılmaksızın bölgeye yeni iki merkez atanmaktadır.

Bu da bazen bölgenin ihtiyacı olmamasına rağmen fazladan yeni merkez atanmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. a) YLBG algoritmasında belirlenmiş üç bölge **b)** OKH 3 en büyük hata değeri olarak belirlenmiş ve eski merkeze e uzaklığında iki yeni merkez oluşturulmuştur. **c)** Dört bölge güncellenerek son haline getirilmiştir. **d)** İkinci bölgenin en yüksek OKH değerine sahip olduğu tespit edilmiş ve merkez bölünerek çoğaltılmıştır

Önerilen YLBG tekniğinde ise verilere yeni bir merkez atanacağı zaman tüm bölgelerin ayrı ayrı OKH değerleri hesaplanmakta ve OKH değeri en yüksek olan bölgede eski merkez bölünerek yeni merkez oluşturulmaktadır. Bu yöntem sayesinde resmin tüm bölgelerine ait OKH değerleri oldukça düşük

kalmaktadır. Şekil 1’de YLBG algoritmasına ait bu işlem gösterilmiştir. Önerilen YLBG algoritmasının adımları aşağıda sıralanmıştır.

Adım 1: Görüntüye ait tüm vektörlerin ortalaması ilk merkez olarak kabul edilir.

$$c_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_b} x_i}{N_b} \quad (17)$$

Adım 2: Görüntüde hatası en yüksek merkez tespit edilip $\pm e$ ilavesi ile bölgeye ait iki yeni merkez

oluşturulur. Bölünen eski merkez yok edilir.

$$c_{ia} = c_i + e, \quad i=1,2,\dots,N_c \quad (18)$$

$$c_{ib} = c_i - e, \quad i=1,2,\dots,N_c \quad (19)$$

Adım 3: Tüm merkezler Euclidean uzaklığı kullanılarak sabitleninceye kadar güncellenir. Yeni bir merkez bulunacaksa Adım 4'e gidilir aksi durumda algoritma sonlandırılır.

Adım 4: Tüm merkezlere ait OKH değerleri hesaplanır, Adım 2'ye gidilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Önerilen YLBG algoritması 256x256 piksel boyutuna sahip standart Lena, Peppers, Baboon, sayısal görüntüleri üzerinde uygulanmıştır. Sayısal görüntü 4x4 pixel boyutuna sahip 4096 adet vektöre bölünerek analiz yapılmıştır. Herbir algoritma için 8, 16, 32, 64, 128 adet kod vektör listesi oluşturulup OKH değerleri hesaplanmıştır. Simülasyonlarda YLBG algoritması

standart K-Ortalamlar (KO), LBG ve Bulanık C-Ortalamlar (BCO) ile karşılaştırılmış, ortalama karesel hata(OKH) performans ölçütüne göre üstün olduğu görülmüştür. Algoritmaların zaman açısından performansları incelendiğinde KO'nın en hızlı, daha sonra sırası ile LBG, YLBG ve BCO algoritmalarının geldiği görülmektedir. YLBG algoritmasının LBG algoritmasına göre daha iyi sonuçları makul sayılabilecek bir gecikme ile elde ettiği görülmüştür. Bu gecikmenin nedeni ise YLBG algoritmasında fazladan tüm bölgelerin OKH değerlerinin hesaplanmasından kaynaklı zaman gecikmesidir. Standart görüntülerden Lena, Peppers, Baboon görüntülerine ait sonuçlar sırası ile Çizelge 1-3'de gösterilmiştir. BCO, LBG ve YLBG algoritmalarına ait görsel karşılaştırmalı sonuçlar ise Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Standart 256x256 Lena görüntüsüne ait değişik boyutlardaki kod vektör listesi için OKH / Zaman (sn) performansları

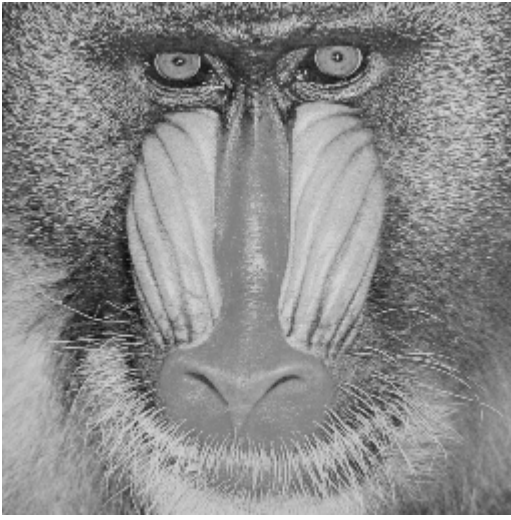
Kod vektör listesi boyutu/ Algoritmalar	OKH/zaman BCO	OKH/zaman K-Ortalamlar	OKH/zaman LBG	OKH/zaman YLBG
8	328.76 / 5.1	329.81 / 1.0	321.56 / 1.0	319.77 / 2.2
16	248.73/11.3	238.14 / 1.7	234.02 / 2.1	231.41/4.4
32	190.29/23.2	181.59/ 2.3	179.09 / 4.7	174.72/ 8.1
64	153.02/51.5	139.64 /5.1	136.03 / 8.6	131.63/17
128	136.92/102.2	106.54/14.8	100.72 / 16.2	97.41/34.1

Çizelge 2. Standart 256x256 Peppers görüntüsüne ait değişik boyutlardaki kod vektör listesi için OKH / Zaman (sn) performansları

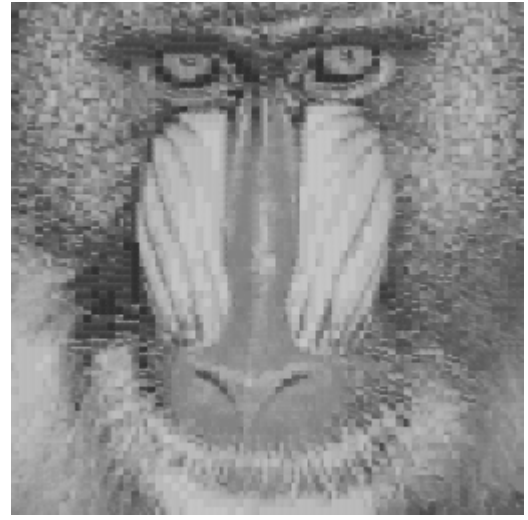
Kod vektör listesi boyutu/ Algoritmalar	BCO	K-Ortalamlar	LBG	YLBG
8	388.82/6.9	372.23/1.1	366.62/1.0	351.14/2.1
16	265.99/12.4	247.97/1.9	241.57/2.2	239.47/4.3
32	222.81/27.1	181.16/2.6	176.84/5.0	171.58/8.8
64	146.61/55.1	135.86/5.2	129.21/8.8	126.15/18.3
128	100.06/104.9	102.17/15.0	98.03/19.1	95.39/36.6

Çizelge 3. Standart 256x256 Baboon görüntüsüne ait değişik boyutlardaki kod vektör listesi için OKH / Zaman (sn) performansları

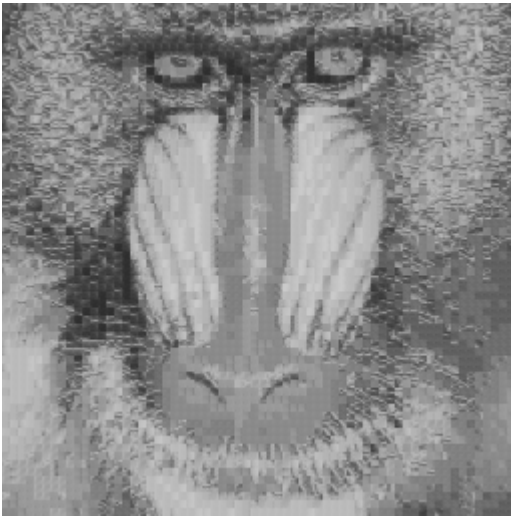
Kod vektör listesi boyutu/ Algoritmalar	BCO	K-Ortalamlar	LBG	YLBG
8	652.53/5.5	642.59/1.1	641.81/1.1	641.47/2.2
16	596.33/11.9	579.737/1.7	577.92/2.1	574.72/4.2
32	544.36/25.5	519.40/2.5	517.06/4.9	511.85/8.5
64	502.63/53.3	464.19/5.5	456.21/8.7	451.54
128	443.02/103.0	404.34/14.8	398.21/17.2	390.88/35.1



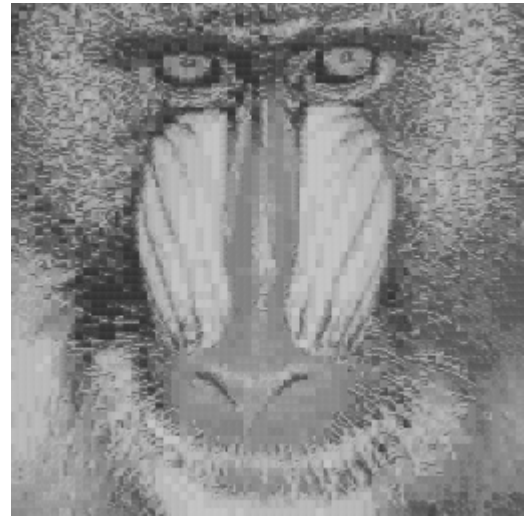
(a) Original 256x256 Baboon



(a) Bulanık C-Ortalamlar, OKH=502.63



(a) LBG, OKH = 456.21



(a) YLBG, OKH = 451.54

Şekil 2. 64 Kod vektör listesi için Orijinal, BCO, LBG, YLBG algoritmalarının OKH performanslarının görsel karşılaştırması

SONUÇ

Bu çalışmada standart görüntü kümeleme algoritması LBG geliştirilmiştir. Önerilen yeni teknikte (YLBG), LBG algoritması içerisindeki var olan tüm kümeleri ikiye bölüp yeni kümeler oluşturma işlemi yerine sadece hatası en fazla olan bölge tespit edilmiş ve o bölgenin merkezi ikiye bölünerek merkez artırması

sağlanmıştır. Böylece mevcut standart LBG'den farklı olarak merkezler teker teker artırılıp kod vektör listesinin performansı global olarak artırılmıştır. Bu çalışmada önerilen yeni teknik standart görüntülere uygulanmış, K-Ortalamlar (KO), LBG ve Bulanık C-Ortalamlar (BCO) ile karşılaştırılmış, ortalama karesel hata (OKH) performans ölçütüne göre üstün olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Gray RM, 1984. Vector Quantization. IEEE ASSP Magazine, 1(2): 4-29.
- Linde Y, Buzo A, Gray RM, 1980. An Algorithm for Vector Quantizer Design. IEEE Transactions on Communications, 28: 84-95.
- Lin YC, Tai SC, 1998. A Fast Linde-Buzo-Gray Algorithm in Image Vector Quantization. IEEE Transactions on Circuits and Systems-II : Analog and Digital Signal Processing, 45: 432-435.
- Patane G, Russo M, 2001. The enhanced LBG algorithm. Neural Networks, 14: 1219 – 1237.
- Tsai CW, Lee CY, Chiang MC, Yang CS, 2009. A fast VQ codebook generation algorithm via pattern reduction. Pattern Recognition Letters, 30: 653–660.
- Pan ZB, Yu GH, Li Y, 2011. Improved fast LBG training algorithm in Hadamard domain. Electronics Letters, 47(8): 488-489.
- Ku NY, Chang SC, Hwang SH, 2014. Binary search vector quantization. AASRI Procedia, 8: 112 – 117.
- Khan MAU, Mousa WA, Khan TM, 2015. Entropy-constrained reflected residual vector quantization: A realization of large block vector quantization. Optik, 126: 888–897.
- Khah SS, Chouakria AD, Gaussier E, 2016. Generalize d k -means-base d clustering for temporal data under weighted and kernel time warp. Pattern Recognition Letters, 75: 63–69.
- Dunn JC, 1973. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters. Journal of Cybernetics, 3: 32-57.
- Bezdek JC, Ehrlich R, Full W, 1984. FCM: The Fuzzy C-Means clustering algorithm. Computers & Geosciences, 10(2-3): 191-203.
- Ya-zhong L, Gan H, Jin-ku GU, 2011. Improved FCM algorithm using difference of neighborhood information. Journal of Computer Applications, 31(2): 375-378.
- Kang J, Min^L, Luan Q, Li^X, Liu J, 2009. Novel modified fuzzy c-means algorithm with applications. Digital Signal Processing, 19(2): 309-319.
- Lloyd Stuart P, 1982. Least squares quantization in PCM. IEEE Transactions on Information Theory, 28 (2): 129–137.
- Bagirov AM, Ugon J, Webb D, 2011. Fast modified global k-means algorithm for incremental cluster construction. Pattern Recognition 44(4): 866-876.
- Bai L, Liang J, Sui C, Dang C, 2013. Fast global k-means clustering based on local geometrical information. Information Sciences, 245: 168–180.
- Tzortzis G, Likas A, 2014. The MinMax k-Means clustering algorithm. Pattern Recognition, 47: 2505–2516.

Effect of Incidence Angle on Capacitance of Vertical Parallel Silicon Solar Cell under Modulation Frequency

Gökhan ŞAHİN¹

ABSTRACT: In this work, the modeling for the capacitance of a vertical parallel silicon solar cell has been carried out with an analytical approach. A theory on the determination of the diffusion coefficient of the excess minority carriers of a silicon solar cell is presented. Based on the continuity equation, excess minority carrier's density, photocurrent density and photovoltage have been determined. Also, this study allows us to determine the influences of incidence angles on the photocurrent density, the photovoltage and the diffusion capacitance (open and short circuit). The objective of this work is to show the effects of incidence angles on the solar cell capacitance with these electrical parameters.

Keywords: Diffusion capacitance, incidence angle, vertical parallel silicon solar cell

Modülasyon Frekansı Altında Geliş Açısının Dikey-Paralel Silisyum Güneş Pili Kapasitansına Etkisi

ÖZET: Bu çalışmada, analitik yaklaşımla dikey paralel silisyum güneş pili kapasitansı için modelleme yapıldı. Silisyum güneş pilinin aşırı azınlık taşıyıcıları difüzyon katsayısının belirlenmesi ile ilgili bir teori sunuldu. Süreklilik denkleminin bağlı olarak aşırı azınlık taşıyıcıların yoğunluğu, foto akım yoğunluğu ve foto gerilim belirlendi. Ayrıca, bu çalışma foto akım yoğunluğu, foto gerilim ve difüzyon kapasitansına (açık ve kısa devre) geliş açısının etkilerini belirlememize olanak sağlar. Bu çalışmanın amacı, bu elektriksel parametreler ile güneş pili kapasitansına geliş açısının etkisini göstermektir.

Anahtar Kelimeler: Difüzyon kapasitansı, dikey paralel silisyum güneş pili, geliş açısı

¹ İğdir üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, İğdir, Türkiye
*Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gökhan ŞAHİN, konyakayseri@hotmail.com

INTRODUCTION

The improvement of the performances and the quality of solar cells is one concern major to which the current research turns. Thus, the basic material for manufacturing solar cells benefit ceaselessly technological progress as well on the mode of the manufacturing and the increase substrates as on the final structure of the solar cell elaborated. For that purpose, many researches are done on conventional solar cells, solar cells with back field or B.S.F (Back Surface Field) (Grove, 1967; Ricoud, 1997), monocrystalline and polycrystalline monofocal silicon solar cells, polycrystalline and monocrystalline bifacial silicon solar cell (Kocyigit, 2012, Topkaya, 2016) vertical junctions solar cells, solar cells with concentration... The purpose of this article is to do a study on a parallel vertical junction silicon solar cell under multispectral illumination in static regime. A theoretical study of the excess minority carriers in the base of the solar cell is produced through continuity equation. With help of the boundary conditions at the junction and at the middle of the base, excess minority carrier's density are studied and lead to the expression of photocurrent

density and photovoltage. From, the well-known I-V characteristic of the solar cell under illumination, electrical equivalent model is established for low and high junction recombination values giving respectively ideal generator source of tension and current.

So many studies have been conducted in order to minimize this recombination and raise the conversion efficiency. Related to the operating conditions, solar cell characterization methods lead to the electrical and recombination parameters (bulk and surfaces) (Ghitani et al, 1989; Nam et al, 1992). Then solar cell is either under steady state condition (Ly et al, 2013) or under dynamic state (Mbodji et al, 2010) (i.e. transient decay and frequency)

Space charge region capacitance is expressed depending on incidence angle and junction recombination velocity.

MATERIAL AND METHOD

Figure 1 represents parallel vertical junction solar cells under monochromatic light, in one dimensional model (Ox), where the studied p-base1 interacts with the two adjacent emitters

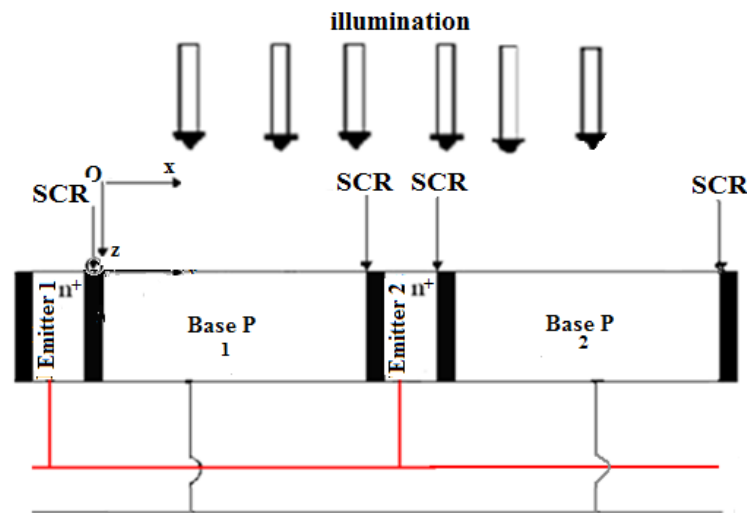


Figure 1: ¶vertical parallel junction silicon solar cells ¶

¶Given that the contribution of the base to the photocurrent is larger than that of the emitter (Samb et al, 2009; Lemrabott et al, 2012) our analysis will only be developed in the base region. Taking into account the generation, recombination and diffusion

phenomena in the base, the equation governing the variation of the minority carriers density $\delta(x,y,z,t)$ under modulation frequency ¶is (Noriaki et al, 1987; Noriaki et al, 1988; Mandelis, 1989; Diallo et al, 2012):

$$D(\omega) \cdot \frac{\partial^2 \delta(x, \theta, t)}{\partial x^2} - \frac{\delta(x, \theta, t)}{\tau} = -G(z, \theta, t) + \frac{\partial \delta(x, \theta, t)}{\partial t} \quad (1)$$

¶ $D(\omega)$ and τ are respectively, the excess minority carrier diffusion constant and lifetime (Dieng et al, 2011).

The excess minority carriers' density can be written as:

$$\delta(x, t) = \delta(x) \exp(-j\omega t) \quad (2)$$

Carrier generation rate $G(z, \theta, t)$ is given by :

$$G(z, \theta, \lambda, t) = g(z, \theta, \lambda) \exp(-j\omega t) \quad (3)$$

Were

$$g(z, \theta, \lambda) = \alpha(\lambda)(1 - R(\lambda)) \cdot \phi(\lambda) \exp(-\alpha(\lambda) \cdot z) \cos(\theta) \quad (4)$$

x is the base depth along x axis, ω is the angular frequency, θ is the incidence angle, z the base depth according to the vertical axis ; S_f is the junction recombination velocity and λ the illumination wavelength. If we replace equation (2) into equation (1), the temporary part is eliminated and we obtain:

$$\frac{\partial^2 \delta(x)}{\partial x^2} - \frac{\delta(x, \theta, t)}{L(\omega)^2} = - \frac{g(z, \theta)}{D(\omega)} \quad (5)$$

The solution of this equation is:

$$\delta(x, \omega, \theta, z, S_f, \lambda) = A \cosh\left(\frac{x}{L(\omega)}\right) + B \sinh\left(\frac{x}{L(\omega)}\right) + \frac{L(\omega)^2}{D(\omega)} \cdot \alpha(\lambda)(1 - R(\lambda)) \cdot \phi(\lambda) \cdot \exp(-\alpha(\lambda) \cdot z) \cdot \cos(\theta) \quad (6)$$

¶ Coefficients A and B are determined through the following boundary conditions (Diallo et al, 2008).

- at the junction ($x = 0$):

$$D(\omega) \cdot \frac{\partial \delta(x, \omega, \theta)}{\partial x} \Big|_{x=0} = S_f \cdot \delta(x, \omega, \theta) \Big|_{x=0} \quad (7)$$

S_f is the excess minority carrier's recombination velocity at each junction (Avraham et al, 1974).

- at the middle of the base ($x = H/2$) :

$$D(\omega) \cdot \frac{\partial \delta(x, \omega, \theta)}{\partial x} \Big|_{x=\frac{H}{2}} = 0 \quad (8)$$

The excess minority carriers in the base will flow to the two junctions by diffusion; the photocurrent

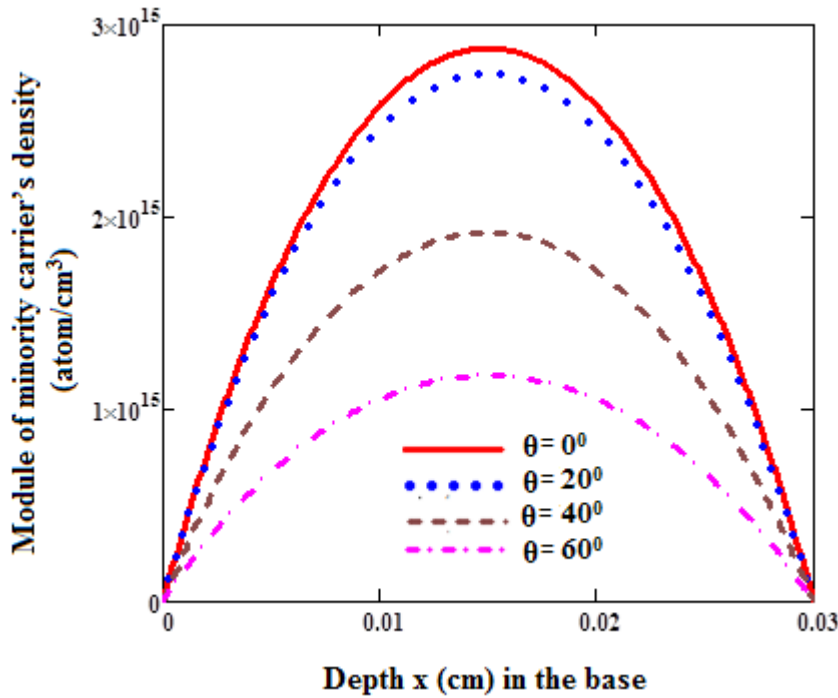
$$J_{ph} = 2 \cdot q \cdot D(\omega) \cdot \left. \frac{\partial \delta(x, \omega, \theta)}{\partial x} \right|_{x=0} \quad (9)$$

where q is the elementary charge.

The expression of the density of minority carriers in excess $\delta(x)$ is thus a dependent function of the depth x in the base of the θ angle, recombination velocities at the junction S_f , diffusion length L and the diffusion coefficient D of the minority carriers.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Figure 3, by cons, the curves have a positive gradient in the immediate vicinity of the junction, which means that the minority carriers located at this level through the junction to participate at producing a photocurrent. In both cases the charge density of minority carriers increases when the incidence angle decreases.



$S_f = 3.10^3 \text{ cm/s}$.

$H = 0.03 \text{ cm}$; $L_o = 0.02 \text{ cm}$, $D_o = 26 \text{ cm}^2/\text{s}$, $z = 0,0001 \text{ cm}$, $l = 0.68 \text{ }\mu\text{m}$, $\omega = 10^3 \text{ rad/s}$.

Figure 2. Module of minority carrier's density versus depth x in the base for various incidence angles

Photovoltage: This part is devoted to the study of the influences of the angle of incidence and rate of recombination at the junction of the photovoltage.

The photovoltage is given, at the emitter / base, according to the Boltzmann relationship by expression (10):

$$V_{ph} = V_T \cdot \ln \left[1 + \frac{Nb}{n_0^2} \cdot \delta(0) \right] \tag{10}$$

with V_T the thermal voltage,

$$V_T = \frac{K_B T}{q} \tag{11}$$

K_B est la constante de Boltzmann et a pour valeur $1,3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$

T is the absolute temperature in Kelvin;

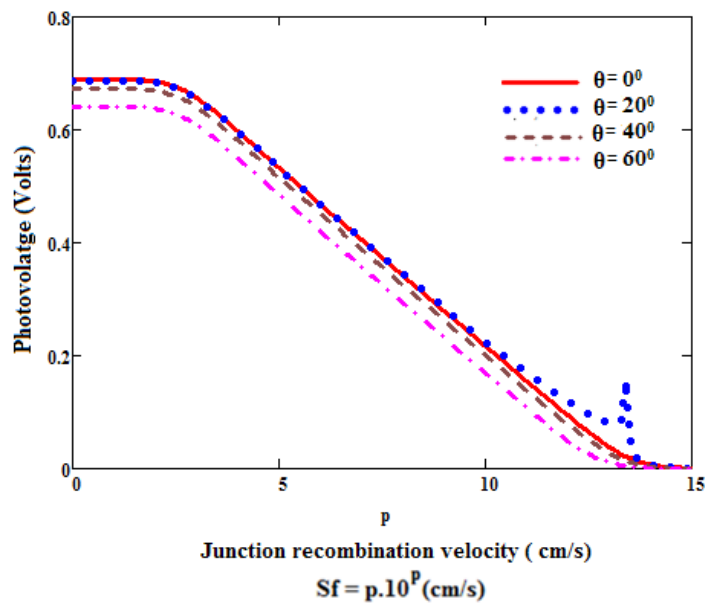
n_i the intrinsic carriers' density cm^{-3} ;

N_b the base doping density cm^{-3} ;

Expression of the picture voltage based on the junction recombination velocity S_f for different values of the incidence angle is given by the relationship (12)

$$V_{ph}(\omega, \theta, z, p, t) := \frac{kb \cdot T1}{q} \cdot \ln \left[1 + \frac{Nb}{n_0^2} \cdot \frac{D(\omega) \cdot \tanh\left(\frac{H}{2L(\omega)}\right)}{Sf(p) \cdot L(\omega) + D(\omega) \cdot \tanh\left(\frac{H}{2L(\omega)}\right)} \cdot \frac{L(\omega)^2}{D(\omega)} \cdot \alpha_t (1 - R_t) \cdot \phi_t \cdot e^{-\alpha_t \cdot z} \cdot \cos(\theta) \right] \tag{12}$$

Figure 3 shows the voltage profile of the image as a function of the recombination rate for different values of the angle of incidence. The curves show that the impact of the angle of incidence on the photo-voltage is low.



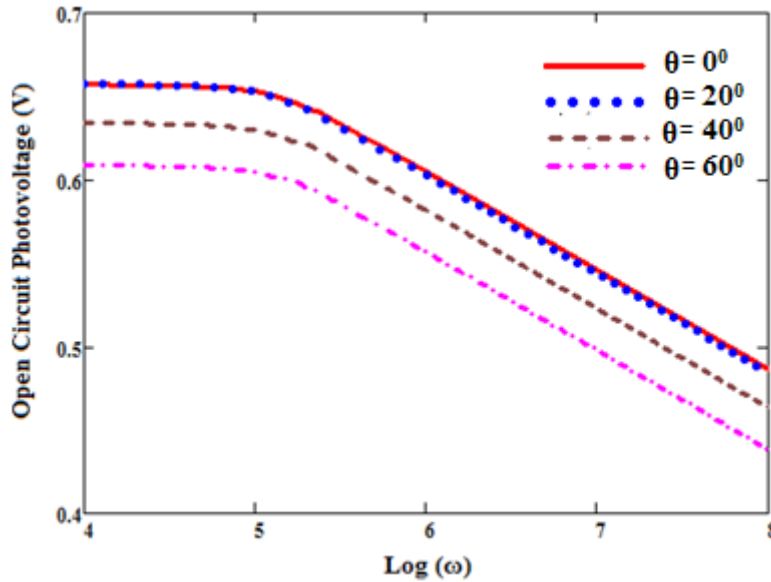
$\omega = 10^3 \text{ rad/s}$, $H = 0.03 \text{ cm}$, $L_0 = 0.02 \text{ cm}$, $D_0 = 26 \text{ cm}^2/\text{s}$, $z = 0.0001 \text{ cm}$, $l = 0.52 \mu\text{m}$

Figure 3. Module of the photo voltage versus the junction recombination velocity for various incidence angles.

The photo voltage generally decreases with angle of incidence, but this reduction is not very significant as that of the photocurrent with the angle of incidence. With tilt, power forward will change and with it the carrier density; but as the dependence of the photovoltage to the carrier density is rather logarithmic, the influence

of the angle of incidence is less noticeable on the photovoltage on the photocurrent density.

Open Circuit Photovoltage: In Figure 4, we represent the profile of the open circuit photovoltage as a function of logarithm of the modulation frequency ω for different angles of incidence:



$S_f = 3.10^3 \text{ cm/s}$; $H = 0,03 \text{ cm}$; $L_o = 0,02 \text{ cm}$; $D_o = 26 \text{ cm}^2/\text{s}$; $z = 0,0001 \text{ cm}$; $l = 0.52 \mu\text{m}$

Figure 4. Open circuit photovoltage versus the logarithm of angular frequency for various incidence angles

This module remains substantially the same for angles $0 \leq \theta \leq 10^\circ$ and decreases for angles $\theta > 10^\circ$. We also note that for the values $0 \leq \theta \leq 10^\circ$, the amplitude of the open circuit photovoltage hardly varies. The open circuit photovoltage is obtained when the junction recombination velocity S_f is very low; for an ideal cell, S_f should be zero ($S_f=0$) and in a real case, it would be the intrinsic junction recombination ($S_{f_0}=0$)

Capacitance

When the photocell is illuminated, there is generation, diffusion and recombination of carrier's minority within the solar cell. The conduction of

carriers across the junction is accompanied by a $-Q$ charge storage in the base and $+Q$ in the transmitter and possibly a recombination of the minority carriers. The presence of charge opposite signs with respect to either side of the junction leads to the establishment of a variable capacitance capacitor according to the operating conditions of the solar cell. Considered as a result of the variation in load during the diffusion process within of the solar cell (Coligne, 2002; Neamen, 2003; Wenham et al, 2007; Mathieu et al, 2009; Hu, 2010; Boer, 2010; Zeghbreeck, 2011; Sane et al, 2014; Sahin et al, 2015), the solar cell capacity can put in the form:

$$C = \frac{dQ}{dV_{ph}} \quad (13)$$

Since the total charge Q can be rewritten as $Q = q\delta(x=0)$, one obtains:

$$C = q \cdot \frac{d\delta(x=0)}{dV_{ph}} \quad (14)$$

We write equation (14) in a form easier to use:

$$C = q \cdot \frac{d\delta(x=0)}{dSf} \cdot \frac{1}{\frac{dV_{ph}}{dSf}} \quad (15)$$

Given the expression of the photo voltage (equation 9) and that of the carrier density, we get the following equation:

$$C = \frac{q \cdot \frac{n_0^2}{Nb}}{V_T} + \frac{q \cdot \delta(0)}{V_T} \quad (16)$$

The first term in equation (16) is the intrinsic capacity C_0 ; she depends essentially the nature of the material (that is to say, the semiconductor substrate used) to through the intrinsic concentration (n_i), doping of the final material through the impurity concentration (Nb) and the operating temperature of the junction to the Thermal photovoltage V_T .

As for the second term, it depends mainly on the temperature through (V_T), the doping material and its nature through the coefficient D and the diffusion length L from the point of operation through the recombination rate at the junction (Sf) and the dimension the solar cell through its thickness (H).

The capacity of the solar cell is the sum of the transition ability and the ability to diffusion; depending

on the mode of operation of the solar cell that is to say when the latter is direct or reverse bias, one of two capacitors predominates.

Under reverse bias, diffusion phenomena are non-existent. The junction is characterized by two charges of opposite signs motionless; there is a capacitor whose predominant ability is called transition or capacity C_t barrier capacity. This capacity is directly dependent on the reverse bias voltage of the solar cell and can 300pF reach.

Under illumination (forward bias), the phenomenon of diffusion is dominant and it is the diffusing capacity becomes the most important. If we return to equation (16), we can rewrite it and we get:

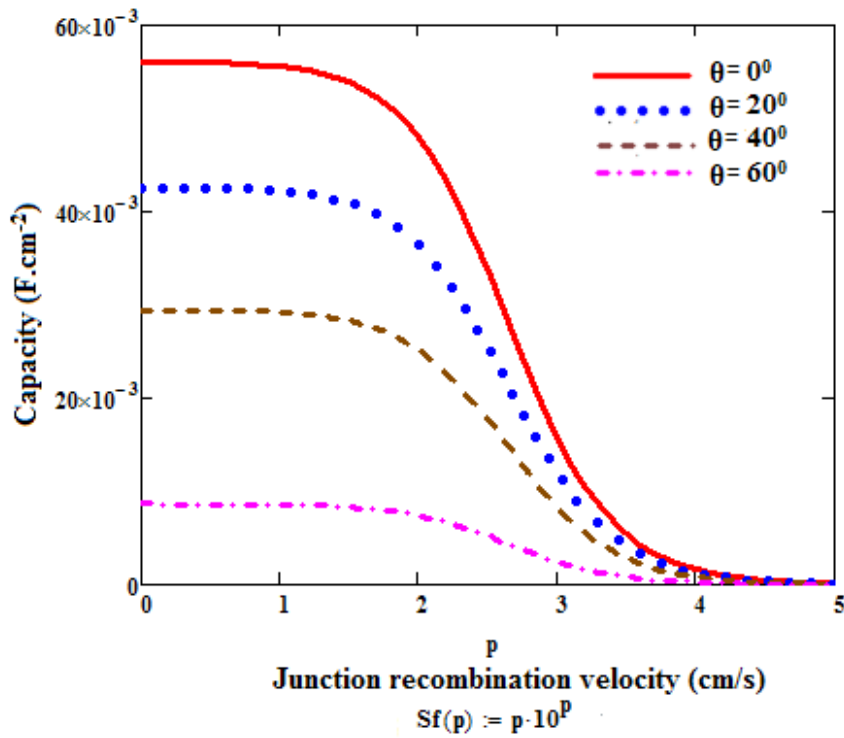
$$\frac{C}{C_0} = 1 + \frac{Nb \cdot \delta(0)}{n_0^2} = \exp\left(\frac{V_{ph}}{V_T}\right) \quad (17)$$

Either:

$$\ln(C) = \ln(C_0) + \left(\frac{V_{ph}}{V_T} \right) \quad (18)$$

We now present the evolution of the solar cell diffusion capacity based the operating point defined through the junction recombination velocity Sf. Figures

(5) present the solar cell capacitance versus junction recombination velocity.



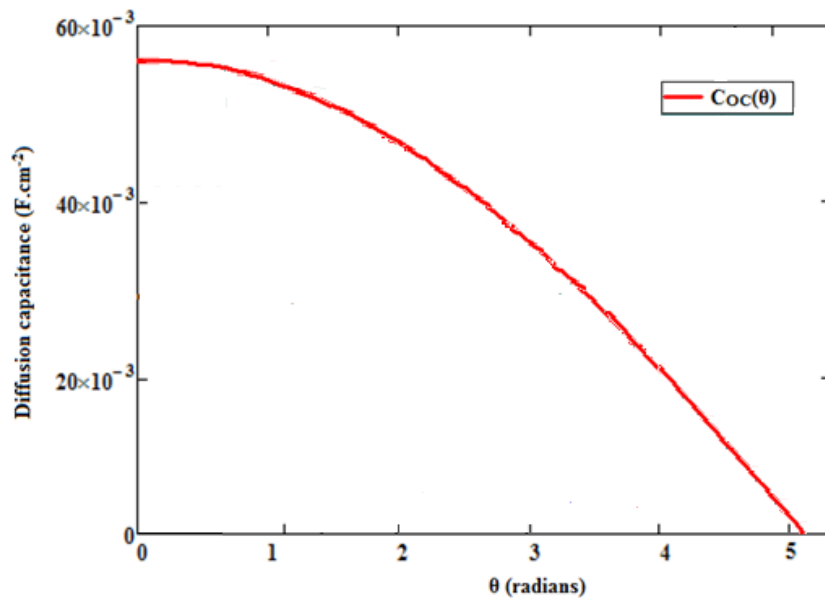
$$w = 10^3 \text{ rad/s}, H = 0.03 \text{ cm}, L_0 = 0.02 \text{ cm}, D_0 = 26 \text{ cm}^2/\text{s}, z = 0.0001 \text{ cm}, l = 0.52 \mu\text{m}$$

Figure 5. Module of SCR (space charge region) capacitance versus junction recombination velocity for various incident angles

The open circuit situation when the junction recombination velocity Sf is low, the maximum capacity is remaining practically constant: there is little mobility of the minority carriers thus substantially all of such holders are found stored in the vicinity of the junction. For Sf values greater than $2 \cdot 10^2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, we note a progressive decrease in the ability of the solar cell tends to a capacitance value corresponding to the short circuit condition since the base vacuum photogenerated minority carriers

For high values of Sf diffusion capacity is low reflecting a destocking of charge carriers in the immediate vicinity of the emitter-base junction.

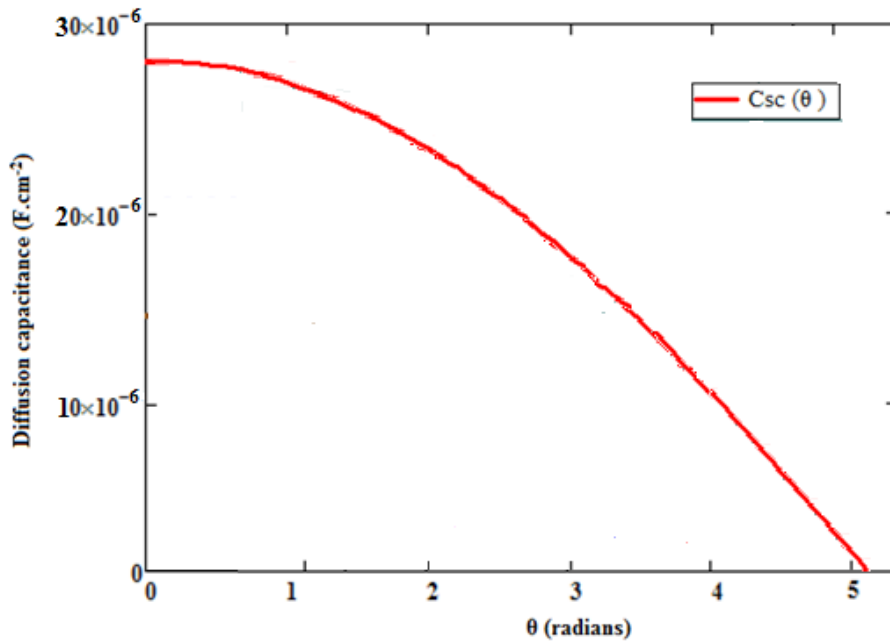
Figure 6 shows the profile of the diffusing capacitance for low values of Sf ($Sf < 100 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$) corresponding an open circuit condition of the solar cell. This figure clearly shows the effect of incidence angle on the diffusion capacitance. Although this capability is seen decreases as the incidence angle increases.



$S_f = 10 \text{ cm s}^{-1}$

Figure 6. Diffusion capacity characteristics in function of incidence angle

Figure 7 shows the profile of the diffusing capacitance for high values of S_f ($S_f = 10^6 \text{ cm s}^{-1}$) corresponding a short-circuit situation of the solar cell. Note that this capability is significantly lower than the open circuit condition.



$S_f = 10^6 \text{ cm s}^{-1}$

Figure 7. Diffusion capacitance characteristics in function of incidence angles

CONCLUSION

A theoretical study has been made on a silicon solar cell under the frequency modulation for various incidence illumination angles. Electrical parameters such as the photocurrent and the photo voltage are studied and the influence of the modulation frequency and incidence angle on these parameters is presented. Excess minority carrier's density, photocurrent density, photovoltage and open-circuit photovoltage have been

studied. The diffusion capacitance following two operating points (open circuit situation and short-circuit situation) versus junction recombination velocity for various incidence angles values has been studied. After than we can work the capacitance of the space charge region using the Bode and Nyquist diagrams while the solar cell remained either under open circuit or short circuit condition and illuminated with different incidence angles.

REFERENCES

- Avraham G, Paul S, 1974. Vertical Multijunction Solar-Cell One-Dimensional Analysis; IEEE transactions on electron devices, vol. ed-21, no 6, 351-356.
- Turgut G, Kocyyigit A, Sonmez E, 2015. Influences of Pr and Ta doping concentration on the characteristic features of FTO thin film deposited by spray pyrolysis, Chinese Physics B, Volume: 24 Issue: 10 Article Number: 107301.
- Boer KW, 2010. Introduction to space charge effects in semiconductor, third edition, Springer-Verlag, 242 p.
- Colinge JP et Colinge CA, 2002. Physics of semiconductor devices, sixth edition, Kluwer Academic Publishers, 311p
- Diallo HL, Dieng B, Ly I, Dione MM, Ndiaye M, Lemrabott OH, Bako ZN, Wereme A and Sissoko G, 2012. Determination of the Recombination and Electrical Parameters of Vertical Multijunction Silicon Solar Cell. Res.J. Appl. Sci. Engineering Technol. Maxwell Scientific Organization, 3(7): 602-611, ISSN: 2040-7467.
- Dieng A, Zerbo I, Wade M, Maiga AS and Sissoko G, 2011. Three-dimensional study of a polycrystalline silicon solar cell: the influence of the applied magnetic field on the electrical parameters, Semicond. Sci. Technol.9, 26 095023.
- Diallo HL, Wereme A, Maiga AS and Sissoko G, 2008. New approach of both junction and back surface recombination velocities in a 3D modelling study of a polycrystalline silicon solar cell, Eur. Phys. J. Appl. Phys. 42 203–11.
- Grove AS, 1967. Physics and Technology of Semiconductor Devices, First Edition, Wiley, New York. 174 p.
- Ghitani HE and Martinuzzi S, 1989. Influence of dislocations on electrical properties of large grained polycrystalline silicon cells, J. App. Phys. 66(4), 1989, pp 1717-1726.
- Hu CC, 2010. Modern semiconductor devices for integrated circuits, fifth edition, Pearson/prentice Hall, New Jersey, 216p.
- Ly I, Ndiaye M, Wade M, Thiam N, Gueye S, Sissoko G, 2013. Concept of recombination velocity S_{fec} at the junction of a bifacial silicon solar cell, in steady state, initiating the short-circuit condition, Research Journal Of Applied Sciences, Engineering And Technology 5(1): 203-208.
- Lemrabott Z, Bako N, Wereme A and Sissoko G, 2012. Determination of the Recombination and Electrical Parameters of Vertical Multijunction Silicon Solar Cell, Res.J. Appl. Sci. Engineering Technol. Maxwell scientific Organization, 3(7): 602-611.
- Mathieu H et Fanet H, 2009. Physique des semiconducteurs et des composants électroniques, sixth edition Dunod, 158p.
- Mbodji S, Maiga AS, Dieng M, Wereme A and Sissoko G, 2010. Removal charge technique applied to a bifacial solar cell under constant magnetic field", global journal of pure and applied sciences vol 16, N° 4, 469- 477.
- Mandelis A, 1989. Coupled ac photocurrent and photothermal reflectance response theory of semiconducting p-n junctions; J. Appl. Phys. 66(11), 5572-5583.
- Nam LQ, Rodot M, Nijs J, Ghannam M and Copppe J, 1992. Réponse spectrale de photopiles de haut rendement au silicium multicristallin. J. Phys. III France 2, 1992, pp 1305-1316.
- Noriaki H and Munakata C, 1987. Sample thickness dependence of minority carrier Lifetimes Measured using an ac photovoltaic Method; japanese journal of applied physics vol.26,no 12,pp. 233-236.
- Noriaki H, Chusuke M and Hirofimi S, 1988. Calibration of minority carrier lifetimes measured with an ac photovoltaic method; japanese journal of applied physics vol.27,no 7, pp. 1322-1326.
- Neamen DA, 2003. Semiconductor physics and devices: basic principles, Third edition, McGraw-Hill, 234p.
- Topkaya R ,Güngüneş H, Eryiğit Ş, Sagar E,Shirsath A,Yıldız., Baykal A, 2016. Effect of bimetallic (NiandCo) substitution on magnetic properties of MnFe2O4 nano particles, doi:10.1016/j.ceramint.2016.05.177
- Ricaud A, 1997. Photopiles Solaires, Physique des photopiles. First Edition. Lausanne, 148-155p.
- Samb ML, Dieng M, Mbodji S, Mbow B, Thiam N, Barro FI, Sissoko G, 2009. Recombination parameters measurement of silicon solar cell under constant white bias light, Proceedings of the 24th European photovoltaic solar energy conference and exhibition, Hamburg, Germany (sept), 469 – 472.
- Sane M , Sahin G, Barro FI, Maiga AS, 2014.Incidence angle and spectral effects on vertical junction silicon solar cell capacitance, Turk J Phys 38: 221 – 227.
- Sahin G, Moustapha D, Mohamed AOEM, Moussa I N, Amary T, Grégoire S, 2015. Capacitance of Vertical Parallel Junction Silicon Solar Cell under Monochromatic Modulated Illumination, Journal of Applied Mathematics and Physics, 3: 1536-1543.
- Wenham S R, Green MA, Watt ME et Corkish R, 2007. Applied Photovoltaic, 2nd edition, ARC Centre for Advanced Silicon Photovoltaic and Photonics, 316p.
- Zeghbroeck BV, 2011. Principles of Semiconductor Devices, Third Edition Lausanne 147 p.

Porfirin İnce Filmlerin Organik Buhar ile Etkileşim Mekanizmasının Belirlenmesi

Murat EVYAPAN¹

ÖZET: Bu çalışmada Langmuir-Schaefer (LS) ince film üretim tekniği ile 5,10,15,20-tetrakis[3,4-bis(2-ethylhexyloxy)phenyl]-21H,23H-porphine (EHO) porfirin molekülü ve poly(methyl methacrylate) (PMMA) molekülü kullanılarak çeşitli tabaka sayılarında ince filmler üretilmiştir. Üretilen ince filmlerdeki duyarlı bölgeyi EHO molekülü oluştururken, PMMA tabakası bir çeşit bariyer olarak kullanılmıştır. PMMA molekülü polimer yapısından dolayı ince film olarak transfer edildiğinde birbirine çok yakın bir düzende film oluşturmaktadır. Dolayısıyla PMMA tabakasının gaz moleküllerinin EHO tabakalarına ulaşmasını engelleyen bir bariyer özelliği göstermesi beklenir. Beklenen bu bariyer etkisini incelemek amacıyla asetik asit buharı kullanılarak ince film buhar etkileşimleri UV-görünür spektroskopisiyle kaydedildi. EHO ince filmler çok tabakalı üretilerek PMMA tabakasının konumuna bağlı olarak sensör tepkileri ölçüldü. Bu sayede ince film ile gaz molekülleri arasında gerçekleştiği düşünülen farklı etkileşim aşamaları aydınlatılmaya çalışıldı. PMMA tabakasının farklı konumlarının tepki süresini, hızını ve şiddetini etkilediği görüldü. Teorik olarak varsayıldığı gibi gaz moleküllerinin öncelikle ince film yüzeyi ile etkileşimleri daha sonra filmin içerisine girerek difüzyon etkileşiminin gerçekleştiği deneysel sonuçlar ile kanıtlandı.

Anahtar kelimeler: Langmuir-Schaefer, organik sensör, porfirin, pmma

Determination of Interaction Mechanism between Porphyrin Thin Film and Organic Vapor

ABSTRACT: Langmuir-Schaefer (LS) films of a free base porphyrin 5,10,15,20-tetrakis[3,4-bis(2-ethylhexyloxy)phenyl]-21H,23H-porphine (EHO) are used in conjunction with a poly(methyl methacrylate) PMMA molecule deposited as a various layer configuration thin films. EHO is the active sensing layer and PMMA is a barrier layer for gas molecules. PMMA molecules stick each other when they transferred on a solid substrate so they can stop vapor molecules before they reach to EHO layers. In order to investigate the gas sensing behaviors acetic acid was chosen for analyte vapor and UV-visible spectrometer was used for sensing system. The layer order of multilayered LS films was varied in order to investigate the sensing characteristics and vapor dynamics. It was observed that the place of PMMA layer effects the response time, speed and intensity. As it is expected from the theoretical studies, the interaction between thin film and vapor molecules starts from the surface of thin film and then vapor molecules starts to penetrate into film structure. The experimental results obtained from this study prove this dynamic diffusion effect between thin film and vapor molecules. Thus the interaction kinetics between thin film molecules and vapor molecules were demonstrated using the barrier layer affect.

Keywords: Langmuir-Schaefer, organic sensor, porphyrin, pmma

¹ Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat, Fizik, Balıkesir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat EVYAPAN, mevyapan@gmail.com

GİRİŞ

Hava kirliliğinin gittikçe arttığı son yıllarda gaz sensörleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalar yoğunluk kazandı (Özmen ve ark., 2014; Silva et al., 2015). Bu çalışmaların en önemli kısmını duyarlı (aktif) bölge araştırmaları oluşturmaktadır. Çünkü duyarlı bölge tespit edilmesi istenilen gazla etkileşerek sensör sistemini harekete geçiren bileşendir. Zararlı gaz ortama girdiğinde duyarlı bölge tarafından yakalanır ve bu bölgeyi oluşturan malzemenin çeşitli özelliklerinde (fiziksel, kimyasal, elektriksel vb.) değişimler meydana getirir (Kılınç et al., 2012; Banimuslem et al., 2015). Meydana gelen değişimlerin şiddeti, duyarlı bölgenin o gaza ne kadar tepki verdiğinin bir ölçüsüdür. Minimum gaz miktarında bile ölçülebilir değişimler kaydedilmesi duyarlı bölgenin kalitesinin bir göstergesidir.

Sensör sisteminin geri kalan bileşenleri ise duyarlı bölgedeki değişimleri ölçmek ve kaydetmekle görevli olan elektronik bileşenlerdir. Dolayısıyla kullanılan duyarlı bölge sensörün kalitesini doğrudan etkilediği için en önemli eleman olarak düşünülmektedir.

Organik malzemelerin düşük maliyetleri, kimyasal yapılarının kontrol edilebilir olması ve ince film üretimine uygunlukları sayesinde organik gaz sensörü araştırmalarına literatürde sıklıkla rastlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan organik malzemeler arasında porfirinler (Wang et al., 2014), polimerler (Hyodo et al., 2012), calixarenler (Koshets et al., 2005) ve ftalosiyaninler (Kılınç et al., 2012) gibi birçok farklı tür molekül sayılabilir. Bu moleküllerin katı bir yüzeye transfer işlemlerinde, Langmuir-Blodgett (Giancane and Valli, 2012), Langmuir-Schaefer (Manera et al., 2012), döner kaplama (spin coating) (Spadavecchia et al., 2004) ve kendiliğinden birikme (self-assembly) (He et al., 2016) gibi birçok tekniğin kullanılabilir olması organik molekülleri bir adım öne çıkarmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan organik molekül 5,10,15,20-tetrakis[3,4-bis(2-ethylhexyloxy)

phenyl]-21H,23H-porphine (EHO) olarak isimlendirilen, porfirin sınıfına ait bir moleküldür. Porfirinler konjuge π -elektron sistemine sahiptir (Dunbar et al., 2006) ve bu sayede gelişmiş optik özellikleri bulunmaktadır (Richardson et al., 2002; Richardson et al., 2005). Ayrıca UV-görünür bölgesinde yüksek soğurma eğilimi göstermektedir (Sandrino et al., 2013).

Bu nedenle porfirin molekülü optik ölçüm tekniklerinin kullanıldığı gaz sensör çalışmalarında duyarlı bölge için uygun bir malzemedir. Bu çalışma kapsamında sensör ölçümleri için EHO porfirin maddesinin çeşitli tabaka sayılarında Langmuir-Schaefer (LS) filmleri hazırlandı. PMMA tabakası hazırlanan filmlerin farklı tabakalarına konumlandırılarak gaz molekülleri ile film tabakaları arasındaki etkileşim incelendi. Zararlı gaz olarak asetik asit buharı kullanıldı ve sensör tepkileri UV-görünür spektroskopisi yardımıyla kaydedildi.

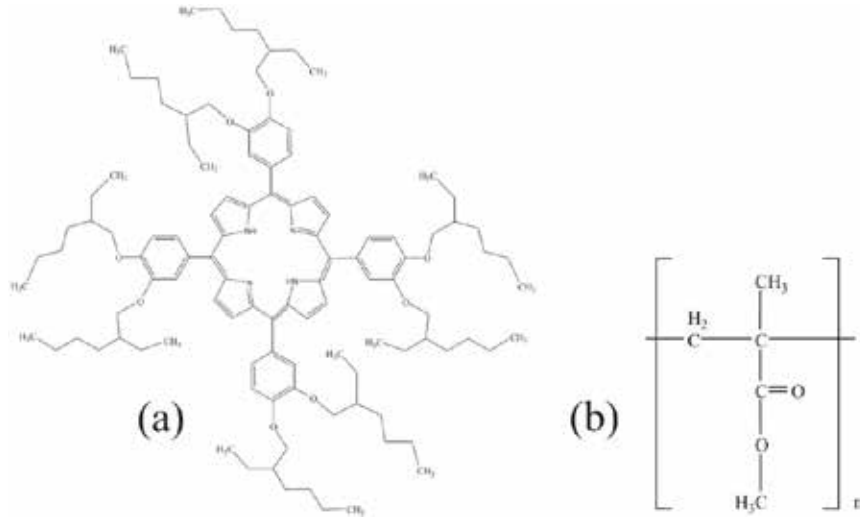
MATERYAL VE YÖNTEM

Langmuir-Schaefer İnce Film Üretimi

Kullanılan porfirin maddesinin (EHO) sentezi ve yapısı daha önceki çalışmalarda açıklanmıştır (Dooling et al., 2001). Ayrıca EHO filmlerinde farklı tabakaların arasına poly(methyl methacrylate) (PMMA) tabakası ekleyerek gaz moleküllerinin geçişinin sınırlandırıldığı çalışmalar mevcuttur (Evyapan and Dunbar, 2015; Evyapan and Dunbar, 2016). Kullanılan moleküllerin kimyasal formülleri Şekil 1'de görülebilir.

Bu çalışmadaki LS ince filmlerin üretimi ve maddelerin su yüzeyindeki davranışlarını incelemek amacıyla NIMA Model 611 Langmuir teknesi kullanıldı.

Üretim ve karakterizasyon aşamalarının her birinde saf su (Elga PURELab Option >15 M Ω cm) kullanılarak olup bütün deneysel ölçümler oda sıcaklığında (~18°C) temiz-odada (clean-room) gerçekleştirildi.



Şekil 1: İnce film üretiminde kullanılan moleküllerin kimyasal yapıları; (a) EHO, (b) PMMA

LS filmleri, birkaç saat izopropil alkol ile yıkanan cam slaytlar üzerine transfer edildi. Daha önce yapılan çalışmada EHO ve PMMA molekülleri için uygun transfer basınç değerlerinin sırasıyla 5 mNm^{-1} ve 10 mNm^{-1} olduğu görülmektedir (Evyapan and Dunbar, 2016). Bu çalışmada üretilen filmlerde de bu değerler sabit tutularak transfer işlemleri gerçekleştirildi.

Optik Gaz Ölçüm Sistemi

UV-görünür sistemi Ocean Optics USB2000 spektrometre ve Mikropack MiniD2 UV-vis-IR ışık kaynağından oluşmaktadır. Hazırlanan örnek filmlerin

soğurma spektrumları 350–800 nm dalga boyu aralığında asetik aside (CH_3COOH) maruz kalmadan önce ve sonra kaydedildi.

Tüm sensör ölçümleri Şekil 2’de gösterilen yalıtılmış gaz hücresi içinde bilgisayar kontrolünde gerçekleştirildi.

Gaz sensör ölçümlerinin gerçekleştirildiği deneysel sistemin yapısı ve özellikleri daha önceki bir çalışmada detaylı olarak ele alınmaktadır (Dunbar et al., 2006).



Şekil 2: Optik gaz ölçümlerinin gerçekleştirildiği yalıtılmış gaz hücresi

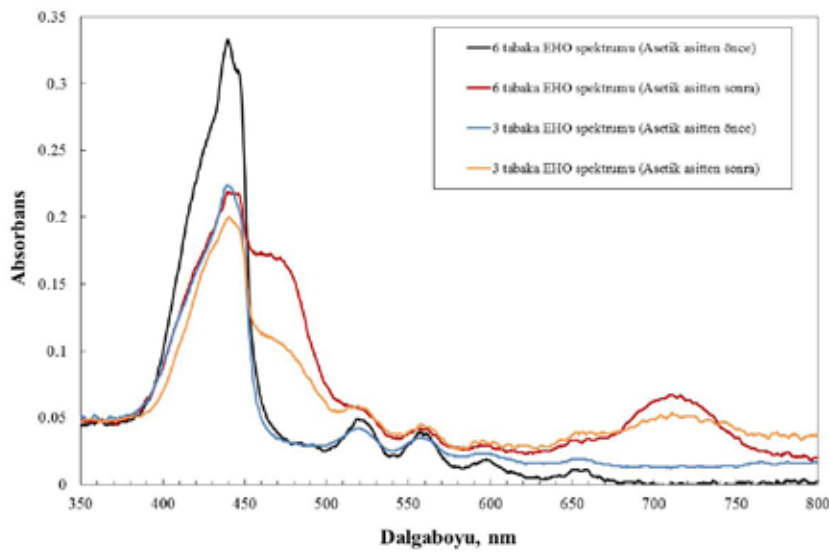
Sensörün kinetik çalışması, soğurmanın zamana karşı olan değişimini ifade etmektedir. Gaz hücresine 10’ar dakikalık sürelerde asetik asit buharı ve azot gazı gönderilerek filmin

tepkisi kaydedildi. Deneyde azot gazı kullanımı, asetik asit buharını uzaklaştırıp sensörün eski haline geri dönüşünü kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 3’de 3 ve 6 tabaka EHO filmlerine ait soğurma spektrumları ve bu spektrumlardaki asetik asit buharına maruz kaldıktan sonraki değişim görülmektedir. EHO filminin 440 nm civarında kendine özgü olan Soret bandı ve daha uzun dalga boylarında zayıf Q-bandları bulunmaktadır (Dunbar et al., 2006). Asetik asit buharına maruz kalan EHO filmlerinde bazı spektral değişiklikler gözlenmektedir. Bu değişikliklerden en belirgin olanı 440 nm’deki Soret pikin kaybolup

onun yerine 470 nm’de yeni bir pikin oluşumudur. Bir diğer değişiklik ise Q-bandlarının zayıflayıp 720 nm civarında yeni bir soğurma gözlenmesidir. Asetik asit moleküllerinin EHO filmine bağlanması sonucu EHO enerji seviyelerinde kaymalar meydana gelir, dolayısıyla bu da soğurma spektrumunda değişim olarak gözlenir (Dooling et al., 2001). Asetik aside maruz bırakılan iki filmde de görüldüğü gibi Soret bandı tamamen kaybolmamıştır. Bu da porfirin moleküllerinin hala tamamının gaz molekülleriyle etkileşime girmediğinin göstergesidir.

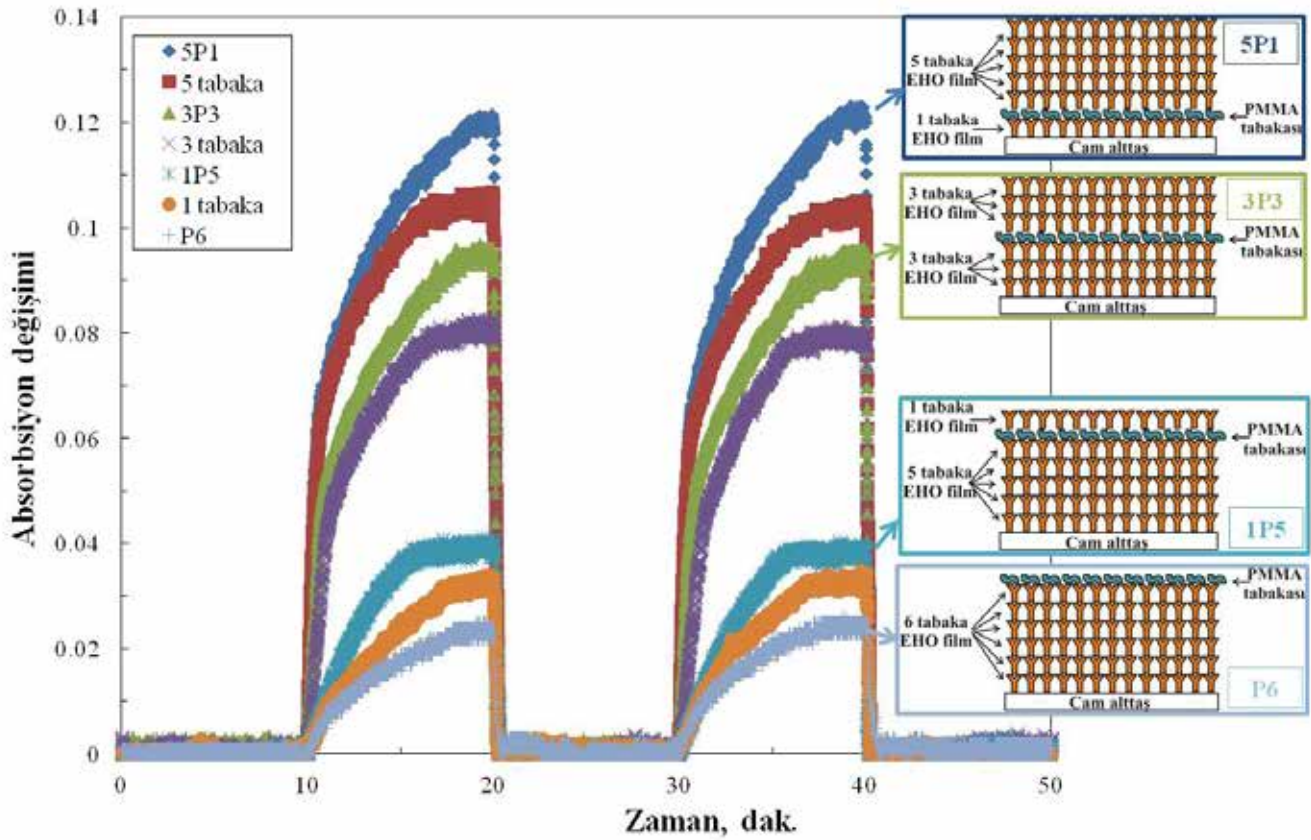


Şekil 3: 3 ve 6 tabaka EHO filmlerinin asetik asit buharına maruz kalmadan önce ve sonraki UV-görünür spektrumları

Çok tabakalı organik filmler ile gaz molekülleri arasındaki etkileşimler birkaç farklı aşamada gerçekleşmektedir. Gaz molekülleri filmin üzerine gönderildikten sonraki ilk etkileşim film yüzeyi ile başlar. Gaz moleküllerinin yüzeydeki film moleküllerine erişimi daha kolay ve hızlı olduğundan yüzey etkileşimi ilk gerçekleşen ve hızı yüksek olan bir etkileşimdir. Bu etkileşim sensör sisteminde ani değişim olarak gözlenir. Yüzey etkileşiminin ardından gaz molekülleri film tabakalarının içlerine doğru hareket etmeye başlarlar. İç tabakalara ilerleyen gaz molekülleri oradaki film molekülleriyle etkileşime başlar ancak bu etkileşim yüzey etkileşimine oranla nispeten daha yavaştır. Çünkü gaz moleküllerinin kat etmeleri gereken bir yol vardır ve bu yol üzerinde engeller mevcuttur. Dolayısıyla bu etkileşim süreci kinetik bir süreç olup gaz moleküllerinin bazıları film tarafından tutulurken (adsorption), bazıları serbest kalabilir (desorption).

Tutulan ve bırakılan gaz moleküllerinin sayısı eşit olduğunda ise sensör doyuma ulaşmış olur ve ölçülen sensör tepkisi sabitlenir.

Şekil 4’de PMMA moleküllerinden oluşan bariyer tabakasının EHO filmleri arasındaki konumları ve filmlere verilen kısa isimler gösterilmektedir. Ayrıca bu grafiklerde EHO filmlerinin asetik asit buharına karşı kinetik çalışması da görülebilir. Sensörün kinetik tepkisi 470 nm sabit dalga boyunda zamana göre soğurmadaki değişim kaydedilerek elde edilir. Kinetik ölçümün ilk 10 dakikası gaz hücresinin içine 20°C’ta azot gazı gönderilir. Bunu takip eden 10 dakikalık periyotta film 855 ppm asetik aside maruz bırakılır. Sonraki 10 dakikalık adım sensörün geri dönüşümünün ölçüldüğü adımdır ve tekrar gaz hücresine azot gazı gönderilirken film yavaşça ısıtılarak zararlı gazın ortamdaki uzaklaşması gözlenir. Sensörün tekrar kullanılabilirliğini ölçmek amacıyla bu adımlar birkaç kez tekrarlanabilir.



Şekil 4: Farklı tabaka sayılarına sahip EHO filmlerinin asetik asit buharına karşı sensör tepkisi

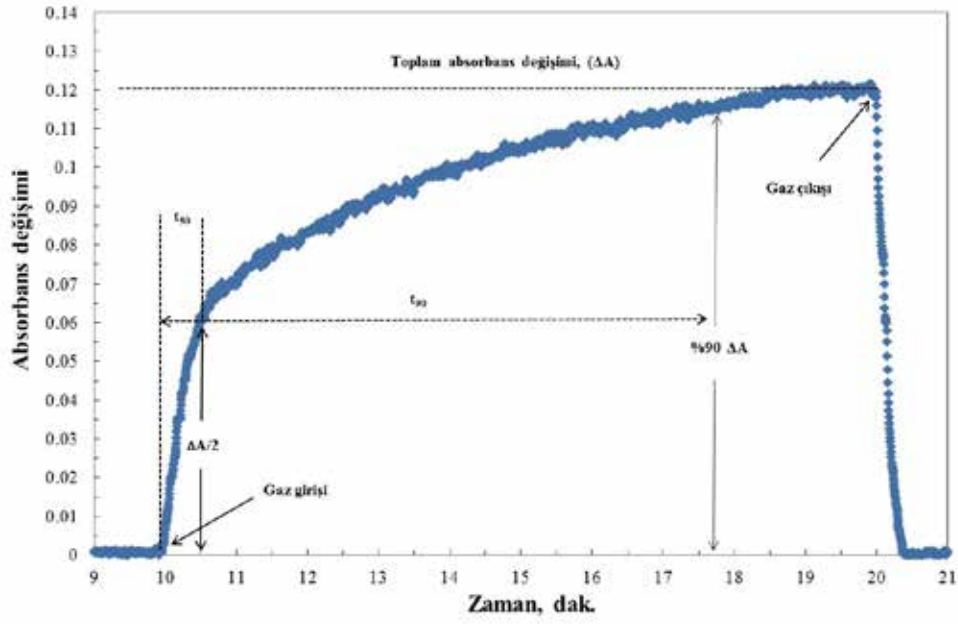
Şekil 4’de görüldüğü gibi PMMA tabakası filmin yüzeyi de dahil olmak üzere film içerisine dört farklı şekilde yerleştirildi. Bu işlem sonucunda EHO tabakalarının bir kısmı PMMA bariyer tabakası üzerinde kalırken, altında kalan kısmının bu tabaka tarafından bloke edilmesi planlandı. Kinetik ölçümün başlatılmasından 10 dakika sonra gaz hücresine gönderilen asetik asit buharının tüm filmlerin soğurma bandında değişiklik meydana getirdiği Şekil 4’den görülebilir. 5P1 filminde 5 EHO tabakasını üstte, 1 tabakayı altta bırakacak şekilde PMMA tabakası bulunmaktadır ve en yüksek tepki bu filmde ölçülmektedir. Bu filmde minimum sayıda EHO molekülü PMMA tarafından bloke edilir. Diğer filmlerin tepkileri incelendiğinde, PMMA tabakasının EHO filminin üst bölgelerine doğru kaydırılması sensör tepkisinin azalmasına neden olmaktadır.

Gaz sensörünün çalışma performansı ile ilgili nicel bilgi elde edebilmek amacıyla tepki süresi

(t_{50}) ve duyarlılık parametreleri incelenebilir. t_{50} ile gösterilen tepki süresi, maksimum sensör tepkisinin yarısına ulaşıncaya kadar geçen süreyi ifade eder ve tespit edilmek istenilen numuneye karşı sensörün ne kadar hızlı olduğunu bir ölçüsüdür. Bu değer küçük olması sensörün o numuneye karşı hızlı tepki verdiğini gösterir. Ayrıca toplam tepkinin %90’ına ulaşıncaya kadar geçen süre olan t_{90} ise duyarlılıkları karşılaştırma açısından kullanılan bir diğer parametredir.

Şekil 5’de sensör tepkisinin zamana bağlı aşamaları ve t_{50} , t_{90} parametreleri gösterilmektedir. Görüldüğü gibi başlangıçta hızla artan tepkiyi daha sonra yavaşlayan ve sonunda doyum noktasına ulaşan aşamalar takip etmektedir.

Sensör tepkisindeki bu yavaşlama eğiliminin sebebi, yüzey etkileşimi ve gaz difüzyonunun farklı mekanizmalara sahip olmasıdır. Çizelge 1’de her bir sensör sistemi için hesaplanan t_{50} ve t_{90} değerleri verilmiştir.



Şekil 5: Zamana bağlı kinetik gaz grafiğinin aşamaları

Çizelge 1: İnce film tabaka düzeninin sensör hızına etkisi

Sensör tepki süreleri (s)	Çok tabakalı ince film tabaka düzenleri						
	5P1	5 tabaka	3P3	3 tabaka	1P5	1 tabaka	P6
t_{50}	30	26	45	54	116	165	133
t_{90}	325	273	338	276	289	371	380

Gaz difüzyonunu ve bu kinetik etkileşimi açıklamak üzere geliştirilen modellerden biri Elovichian modelidir (Richardson et al., 2005).

$$\frac{d\Theta}{dt} = A \exp\{-\beta\Theta\} \quad (1)$$

Burada A ve B sabitlerdir. Bu denklem integre edilirse:

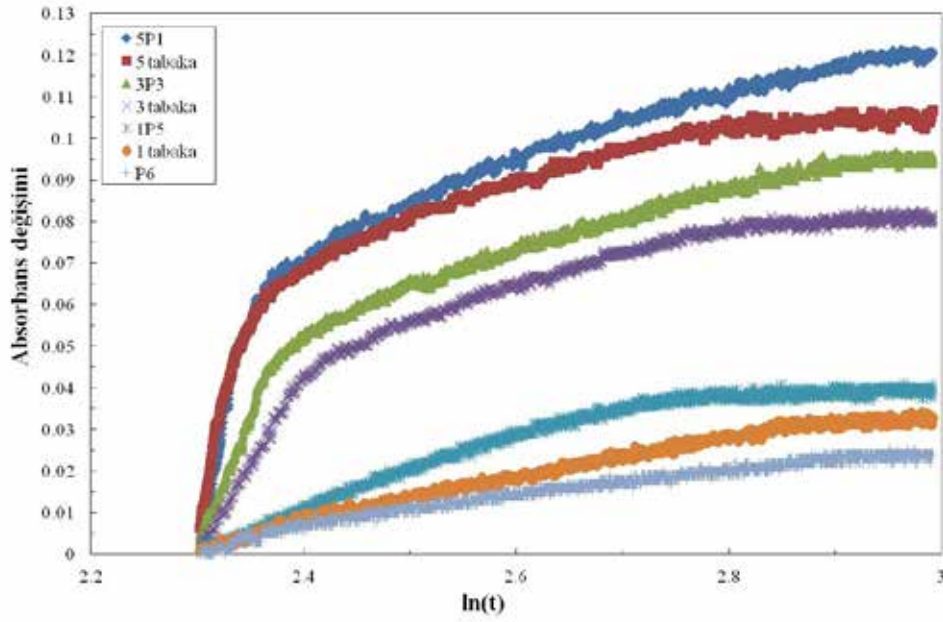
$$\Theta = \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln(t) + K \quad (2)$$

Eşitliği elde edilir ve burada K sabittir. Eşitlik 2'de görüldüğü gibi zamanla tutulan gaz moleküllerinin sayısı artmakta ancak bu artış etkileşim hızını eksponansiyel olarak azaltmaktadır.

Bu modele göre, gaz soğurma oranı ($d\Theta/dt$) yüzeyde tutulan gaz moleküllerinin sayısı arttıkça eksponansiyel olarak azalmaktadır.

Bu nedenle soğurmanın $\ln(t)$ 'ye bağlı değişimi incelendiğinde etkileşim hakkında bilgi edinilebilir.

Şekil 6'da üretilen tüm filmlerin Elovichian modeline göre grafikleri verilmiştir.



Şekil 6: Bariyer tabakası kaplanmış EHO filmlerinin Elovich kinetik grafikleri

Grafiklerden görüldüğü gibi yüzey etkileşimi nedeniyle hızla artan sensör tepkisi daha sonra yavaşlamakta ve doyuma ulaşmaktadır. Bu nedenle grafiklerin iki farklı bölge olarak ele alınması daha doğru olacaktır. Tüm incelenen filmler arasında sadece PMMA bariyer tabakasının en üst katmanda bulunduğu film (P6) yaklaşık tek bir eğime sahiptir. Buda bariyer tabakasının yüzey etkileşimini engellediğinin bir kanıtıdır. Ayrıca PMMA bariyer tabakasının en üstte olduğu film en düşük sensör tepkisini göstermektedir. Çünkü sadece boşluklardan sızan nispeten daha az miktardaki gaz molekülü EHO ile etkileşime girebilir. Buda gaz moleküllerinin difüzyonunu ve dolayısıyla etkileşim hızını sabit bir değerde tutmaktadır.

Şekil 4 ve Şekil 6'da görüldüğü üzere en yüksek tepki 5P1 filmine aittir. Bunu takip eden 5 tabaka EHO filmi bulunmaktadır. Bu iki filmden kaydedilen tepkiler karşılaştırıldığında ilk bölgelerinin yaklaşık aynı olduğu dikkat çekmektedir. Yüzeylerini yaklaşık özdeş olarak düşünebileceğimizden dolayı yüzey etkileşimlerinin de birbirine yakın olması beklenen bir sonuçtur. Ancak etkileşim devam ettikçe 5P1 filminin 5 tabaka

EHO filminden daha yüksek tepkiye ulaştığı görülmektedir. Bunun sebebi, 5P1 filminde her ne kadar arada PMMA tabakası olsa da 1 tabaka EHO

film fazlalığıdır. 5 tabaka EHO filmi doyum noktasına yaklaşırken 5P1 filminde bulunan fazladan 1 tabakanın etkisi sensör tepkisinde artışın devam etmesini sağlamaktadır. Fazladan 1 tabakanın etkisi Çizelge 1'deki t_{90} değerlerinden de görülmektedir. 5P1 filmi doyum noktasına daha geç ulaştığı için t_{90} değeri 5 tabaka filme göre daha fazladır. Benzer bir etki 3P3 filmi ile 3 tabaka EHO filmi arasında da gözlenmektedir.

Sensör tepkileri karşılaştırıldığında 3P3 filminin 3 tabaka EHO filminden daha yüksek bir tepki verdiği görülmüştür. Bu tepkiler arasındaki farkın 5P1 ve 5 tabaka filmler arasındaki farktan daha fazla olduğu görülebilir. Bunun sebebi 3P3 filminde fazladan 3 tabaka EHO bulunmasıdır.

Gaz molekülleri PMMA tabakasının altında kalan tabakalara sınırlı bir oranda difüz etmeye devam eder. PMMA bariyer tabakasının sınırlama etkisinin ölçüsü P6 ve 1 tabaka EHO filmlerinin tepkileri karşılaştırıldığında görülebilir.

P6 filminde bariyer tabakası altında 6 tabaka EHO filmi olmasına rağmen 1 tabaka EHO filmi sensör tepkisi bu filmde daha yüksektir. Bu da PMMA bariyer tabakasının 6 kattan daha fazla miktarda EHO molekülünü bloke edebildiğini göstermektedir.

Çizelge 2: İnce film gaz etkileşim aşamalarına bağlı eğimler

Eğimler	Çok tabakalı ince film tabaka düzenleri						
	5P1	5tabaka	3P3	3tabaka	1P5	1tabaka	P6
k_1	1.29	1.21	0.63	0.44	0.10	0.08	0.05
k_2	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.04

Elovichian modeline göre çizdirilen Şekil 6'daki grafiklerin eğimleri iki ayrı bölge için ayrı ayrı hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir. Grafiklerine eğimi bize ince film ile gaz molekülleri arasındaki etkileşimin hızı hakkında bilgi vermektedir. Bu eğimlerden k_1 etkileşimin başladığı andan grafiğin dönüm noktasına kadar, k_2 ise dönüm noktasından doyum noktasına kadar olan bölgeleri kapsamaktadır. Dolayısıyla k_1 yüzey etkileşimi, k_2 ise gaz moleküllerinin difüzyonuna bağlı etkileşim hızlarını ifade eder. 5P1 filmi ile 5 tabaka EHO filmi karşılaştırıldığında k_1 değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Benzer şekilde 3P3 ve 3 tabaka EHO filmlerinin de yakın k_1 değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Daha önceki sonuçlarda da görüldüğü gibi yüzey özellikleri birbirine yakın filmler ilk gaz etkileşimi dikkate alındığında benzer sonuçlar verirken, difüzyon özelliklerini bariyer tabakasının konumu etkilemektedir. Elde edilen sonuçlar ince film ile gaz etkileşimlerinde yüzey ve difüzyon olmak üzere iki farklı etkileşim mekanizmasının gerçekleştiğini göstermektedir.

SONUÇ

Elde edilen sonuçlar öncelikle ince filmler ile gaz moleküllerinin iki temel etkileşim içine girdiğini göstermiştir. Tespit edilmek istenen gaz ile ince filmin ilk karşılaşması filmin yüzeyinde olmakta ve bu da

sensör tepkisinde hızlı bir değişimle gözlenmektedir. Bu çalışma kapsamında alınan ölçümlerde yüzey etkileşimin ilk ve hızlı olarak gerçekleştiği sensör tepkilerinde kaydedilmiştir.

5P1 ile 5 tabaka EHO filmi yüzey etkileşimi olarak birbirine özdeş sonuçlar vermiştir. Benzer bir sonuç 3P3 ile 3 tabaka EHO filmlerinde de görülmüştür. Ancak etkileşimin ilerleyen aşamalarında 5P1 ve 3P3 filmlerinin tepkileri bariyer tabakasız filmlerden ayrılmaktadır. Bu ayrışma 3P3 filminde 5P1 filminden daha çabuk gerçekleşmiştir. Çünkü bariyer tabakası yüzeye daha yakındır ve gaz moleküllerinin bu tabakaya ulaşması daha az zamanda gerçekleşir. Elde edilen tüm sonuçlar teoride varsayılan yüzey ve difüzyon etkileşimlerinin bir kanıtıdır. Bu çalışma ile ince film ile gaz molekülleri arasındaki etkileşim aşamaları bariyer tabakası kullanılarak gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde büyük katkıları bulunan Sheffield Üniversitesi'nden Alan Dunbar'a ve porfirin molekülünü sentezleyen Profesör Chris Hunter ve Jordan Hutchinson'a teşekkür ederim. Ayrıca YÖK'e doktora sonrası burs programı ile İngiltere Sheffield Üniversitesi'nde bu çalışmanın yapılmasına olanak sağladığı için teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Silva LF, Mastelaro VR, Catto AC, Escanhoela CA, Bernardini S, Zilio SC, Longo E, Aguir K, 2015. Ozone and nitrogen dioxide gas sensor based on a nanostructured SrTi_{0.85}Fe_{0.15}O₃ thin film. *J. Alloys and Compounds* 638: 374-379.
- Özmen M, Özbek Z, Buyukcebe S, Bayrakci M, Ertul S, Ersoz M, Capan R, 2014. Fabrication of Langmuir-Blodgett thin films of calix[4]arenes and their gas sensing properties: Investigation of upper rim para substituent effect. *Sens. Actuators B: Chem.* 190: 502-511.

- Kılınc N, Ozturk S, Atilla D, Gurek A, Ahsen V, Ozturk ZZ, 2012. Electrical and NO₂ sensing properties of liquid crystalline phthalocyanine thin films. *Sens. Actuators B* 173: 203-210.
- Banimuslem H, Hassan A, Basova T, Esenpınar AA, Tuncel S, Durmus M, Gürek AG, Ahsen V, 2015. Dye-modified carbon nanotubes for the optical detection of amines vapors. *Sens. Actuators B* 207: 224-234.
- Wang B, Zhang L, Li B, Li Y, Shi Y, Shi T, 2014. Synthesis, characterization, and oxygen sensing properties of functionalized mesoporous silica SBA-15 and MCM-41 with a Pt(II)-porphyrin complex. *Sens. Actuators B: Chem.* 190: 93-100.

- Hyodo T, Ishibashi C, Matsuo K, Kaneyasu K, Yanagi H, Shimizu Y, 2012. CO and CO₂ sensing properties of electrochemical gas sensors using an anion-conducting polymer as an electrolyte. *Electrochimica Acta* 82: 19-25.
- Koshets IA, Kazantseva ZI, Shirshov YM, Cherenok SA, Kalchenko VI, 2005. Calixarene films as sensitive coatings for QCM-based gas sensors. *Sens. Actuators B* 106: 177-181.
- Giancane G, Valli L, 2012. State of art in porphyrin Langmuir-Blodgett films as chemical sensors. *Adv. Colloid Interface* 171-172: 17-35.
- Manera MG, Vila EF, Cebollada A, Martín JMG, Martín AG, Giancane G, Valli, Rella R, 2012. Ethane-Bridged Zn Porphyrins Dimers in Langmuir-Schafer Thin Films: Spectroscopic, Morphologic, and Magneto-Optical Surface Plasmon Resonance Characterization. *J. Phys. Chem. C* 116: 10734-10742.
- Spadavecchia J, Ciccarella G, Siciliano P, Capone S, Rella R, 2004. Spin-coated thin films of metal porphyrin-phthalocyanine blend for an optochemical sensor of alcohol vapors. *Sens. Actuators B: Chem.* 100: 88-93.
- He M, Peng H, Wang G, Chang X, Miao R, Wang W, Fang Y, 2016. Fabrication of a new fluorescent film and its superior sensing performance to N-methamphetamine in vapor phase. *Sens. Actuators B* 227: 255-262.
- Dunbar ADF, Richardson TH, McNaughton AJ, Cadby A, Hutchinson J, Hunter CA, 2006. Optical changes induced in Zn porphyrin solutions and LB films by exposure to amines. *J. Porphyrins Phthalocyanines* 10: 978-985.
- Richardson TH, Dooling CM, Jones LT, Brook RA, 2005. Development and optimization of porphyrin gas sensing LB films. *Adv. Colloid Interface* 116: 81-96.
- Richardson TH, Dooling CM, Worsfold O, Jones LT, Kato K, Shinbo K, Kaneko F, Tregonning R, Vysotsky MO, Hunter CA, 2002. Gas sensing properties of porphyrin assemblies prepared using ultra-fast LB deposition. *Colloid Surf. A* 198-200: 843-857.
- Sandrino B, Clemente C, Oliveira T, Ribeiro F, Pavinatto F, Mazzetto S, Neto P, Correia A, Pessoa C, Wohnrath K, 2013. Amphiphilic porphyrin-cardanol derivatives in Langmuir and Langmuir-Blodgett films applied for sensing. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 425: 68-75.
- Dooling CM, Worsfold O, Richardson TH, Tregonning R, Vysotsky MO, Hunter CA, Kato K, Shinbo K, Kaneko F, 2001. Fast, reversible optical sensing of NO₂ using 5,10,15,20-tetrakis[3,4-bis(2-ethylhexyloxy)phenyl]-21H,23H-porphine assemblies. *J. Mater. Chem.* 11: 392-398.
- Evyapan M, Dunbar ADF, 2015. Improving the selectivity of a free base tetraphenylporphyrin based gas sensor for NO₂ and carboxylic acid vapors. *Sens. Actuators B: Chem.* 206: 74-83.
- Evyapan M, Dunbar ADF, 2016. Controlling surface adsorption to enhance the selectivity of porphyrin based gas sensors. *Applied Surface Science* 362: 191-201.
- Dunbar ADF, Richardson TH, McNaughton AJ, Hutchinson J, Hunter CA, 2006. Investigation of Free Base, Mg, Sn, and Zn Substituted Porphyrin LB Films as Gas Sensors for Organic Analytes. *J. Phys. Chem. B* 110: 16646-16651.
- Dunbar A, Richardson TH, McNaughton AJ, Barford W, Hutchinson J, Hunter CA, 2006. Understanding the interactions of porphyrin LB films with NO₂. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 284-285: 339-344.

Preparation of Manganese (II) Complexed with 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone, Identification of Molecular Structure with the Help the Infrared and Raman Spectra and Theoretical Calculations of Vibration Bands

Kani ARICI, Mehmet Fatih KAHRAMAN²

ABSTRACT: Manganese(II) complex of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone ((2HNQ)₂Mn) (Mn: Manganese) have been prepared for the first time, elemental analysis of this complex prepared was obtained, infrared and Raman spectra were recorded in 4000-30 cm⁻¹ range and molecular structure were estimated. However, the experimentally observed vibrational bands and intensity was calculated at HF using the 6-31G (dp) basic function. The obtained experimental and theoretical values were compared one-to-one.

Keywords: Hf, infrared, raman, 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone



Mangan(II) ile 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone Kompleksinin Hazırlanması, Infrard ve Raman Spektrumları Yardımıyla Moleküler Yapının Aydınlatılması ve Titreşim Bantlarının Teorik Olarak Hesaplaması

ÖZET: 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone molekülü ile Mn(II) kompleksi ((2HNQ)₂Mn) ilk kez hazırlandı. Hazırlanan bu kompleksin elemental analizleri yapıldı, infrared ve Raman spektrumları 4000-30 cm⁻¹ aralığında kaydedildi ve yapısı hakkında tahminde bulunuldu. Yine Deneysel olarak gözlenen titreşim bantları ve şiddetleri, teorik olarak, HF metoduyla 6-31G(dp) temel fonksiyonu kullanılarak hesaplandı. Deneysel ve teorik olarak elde edilen değerler bire-bir karşılaştırıldı.

Anahtar kelimeler: Hf, infrared, raman, 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone

¹ Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik, Kilis, Türkiye

² Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Hashahane, Radyo Onkoloji Kliniği, Ankara, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Kani ARICI, arici@kilis.edu.tr

INTRODUCTION

Naphthoquinones which have been widely used in diverse cultures such as colorants for cosmetics, foods, and for medicinal purposes, including antitumor, anti-inflammatory, and antimicrobial agents are largely found in plants, microorganisms and some animals (Thomson, 1971; Masuda et al., 1987; Papageorgiou et al., 1999). It is well-known that the much of the compound where the quinone functionality is present possesses important biological activities, involving mechanism where the reduced species play role as an electron transfer mediator (González et al., 1991; Ferraz et al., 2001). The oxine ligand plays an important role in some biological systems, and its function is related at least in part to its chelating ability with metals (Chabereck and Martell 1959). The detailed crystal data of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone were reported by Dekkers, et al.(1996) and Todkary et al. (2004). Copper complex, structural, spectroscopic and magnetic properties of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone were reported (Salunke-Gawali et al., 2004) and also iron(II) complex and structural properties of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone were studied (Garge et al., 1990). Ab initio and semi empirical study of structure and electronic spectra of hydroxy substituted naphthoquinones were reported by Khan and Khan (2005). The structures and harmonic

force fields of 1,4-naphthoquinone and naphthalene were calculated with DFT theory (Nonella 1996). Up to our best literature survey, there is no report on the transition $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone and its HF calculation. In the present study, the spectroscopic and structural properties of synthesized $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ complex with 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone were reported and furthermore, the infrared and Raman vibrations of $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ complex were calculated with HF

MATERIAL AND METHODS

Experimental

All chemicals were reagent grade and were used without further purification. Manganese $\text{Mn}(\text{AcO})_2$ (1 mmol) was dissolved in absolute ethyl alcohol (10 ml). To this, solution (2 mmol) of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone(2HNQ) solution in 25 ml ethanol was added. The mixture was stirred magnetically at room temperature at 2 hours. The precipitated complex was filtered, washed with ether and dried.

The freshly prepared compound was analyzed for C and H by a Leco CHNS-932 and for Mn by a ICPS-OES analyzer (Table 1.) but single crystal of the $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound could not be obtained.

Table 1. Analytical data for the compound prepared

Compound	Calculation/Found (%C)		Calculation/Found (%H)		Calculation/Found (% Mn)	
$(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$	57.02	56.03	2.51	2.65	13.65	13.02

Infrared spectra of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone and the compound prepared were recorded between 4000-400 cm^{-1} and 700-30 cm^{-1} with ATR technical by Perkin Elmer Spectrum 400 FT-IR/FT-FIR spectrometer. Also, Raman spectra of the compound prepared were analyzed and recorded between 4000-450 cm^{-1} with Bruker FRA 106/S spectrometer at Middle East Technical University lab.)

Computational Details

We have performed quantum mechanical calculations of the optimize parameters of compound

$(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ by using the HF/6-31G(dp) basis set to provide complete information regarding the structural characteristic and the fundamental vibrational modes. We have used the optimized parameters to calculate the vibrational spectra of the compound by taking the same basis set and computational methods.

Thus, our calculations make sure that there are not imaginary frequencies at the lowest energy state. The incomplete incorporation of electron correlation and the use of finite basis set in the HF calculations lead to some systematic errors. Therefore, all the calculated

vibrational frequencies are scaled by 0.9024 for HF/6-31G(dp) basis set (Kral et al., 2005) in order to determine the vibrational spectra of the molecule accurately.

Molecular structure was optimized at C_1 symmetry (no symmetry constraint) and was not restricted. All the calculations were performed by using Gauss View molecular visualization program (Frisch et al., 2009) and GAUSSIAN09 program package on the personal computer (Gaussian 09 and Revision 2009).

The values of the vibrational modes corresponding to the optimized geometry of the compound $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ by performing based on HF method with the basis set of 6-31G(dp) are given in Table 2., along with the available experimental data.

RESULTS AND DISCUSSION

The ligand molecule 2HNQ consists of 19 atoms, suggesting that it has 51 normal vibrational modes. The geometry of the molecule is planar and belongs to point group C_s . In this case, OH molecule group as point mass is present within the molecular plane. The 51 fundamental modes of vibrations are distributed into the irreducible representations under C_s symmetry as 34 in-plane vibrations of a' species and 17 out of plane vibrations of a'' species. All vibrations are active in both IR and Raman spectra. All the frequencies are assigned in terms of fundamental, overtone and combination bands. The molecular structure and numbering of the atoms of 2HNQ is shown in Figure 1.

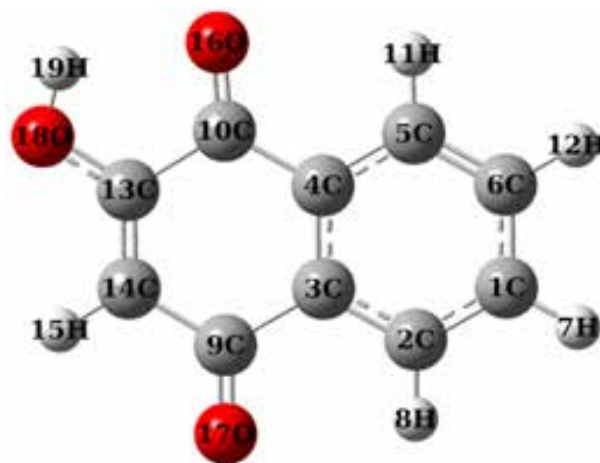


Figure 1. The molecular structure and numbering of the atoms of 2M8Q

The characteristic vibrations and assignments of 2M8Q ligand are described in Table 2. The spectrum of 2M8Q exhibited broad at 3153 cm^{-1} and weak at 3074 cm^{-1} band, this could be attributed to (O-H) stretch band and (C-H) stretch band in aromatic ring respectively. While the strong band at 1676 cm^{-1} which belongs to C=O asymmetric stretch band and the other strong bands belong to the (C=C) and (C-O) stretch band were found at 1458 cm^{-1} and 1283 cm^{-1} respectively (Figure 4).

X-ray diffraction studies were performed on the type $(2\text{M8Q})_2\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2$ and $(2\text{M8Q})_2\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_2$ compounds. The results of these compounds

exhibited that one half on the molecule generated the other half to give a monomeric unit with the Cu(II) or Fe(II) ions lying on the center of inversion. The Cu(II) or Fe(II) ions are hexa-coordinated with two bidentate 2HNQ ligands and two water molecules (Salunke-Gawali et al., 2004; Garge et al., 1990). In that case, molecule has a center of symmetry. In such molecules, the vibrations observed in the infrared spectrum are not observed in the Raman spectrum and vice versa.

For the compound prepared, comparison of the calculated and observed infrared and Raman spectra are shown in Figure 2-3, respectively.

(2HNQ)₂Mn compound was determined to have the center of symmetry (Figure 2-3, Table 2.), suggesting that one half of the molecule generates the other half to give a unit with the Mn ion lying on the center of inversion. The Mn atom

is tetra-coordinated with two bidentate 2HNQ ligands. According to the analytical results of C, H and Mn, the compound was found to consist of two ligands (2HNQ) and one metal (Mn) atoms (Table 1.).

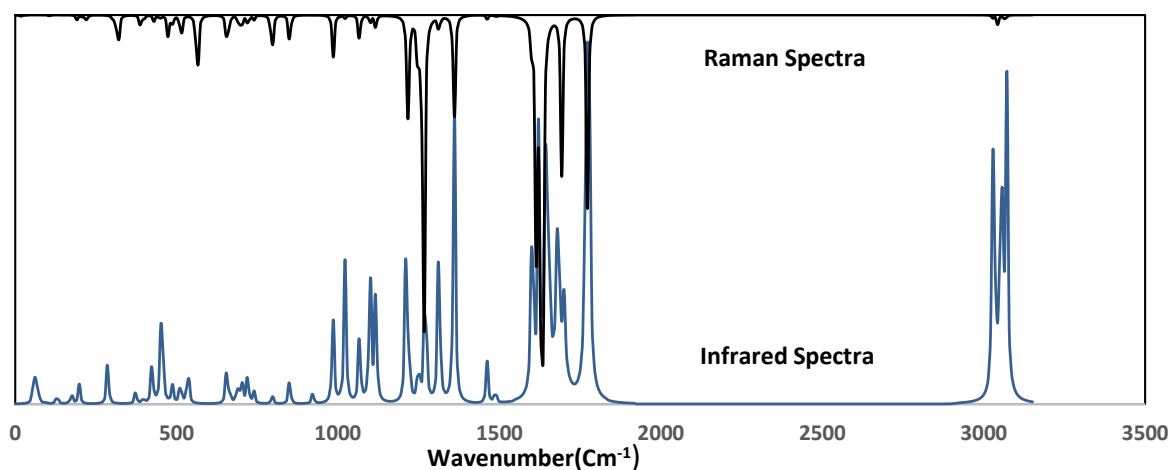


Figure 2. Comparison of calculated infrared and Raman spectrum of prepared compound ((2HNQ)₂Mn)

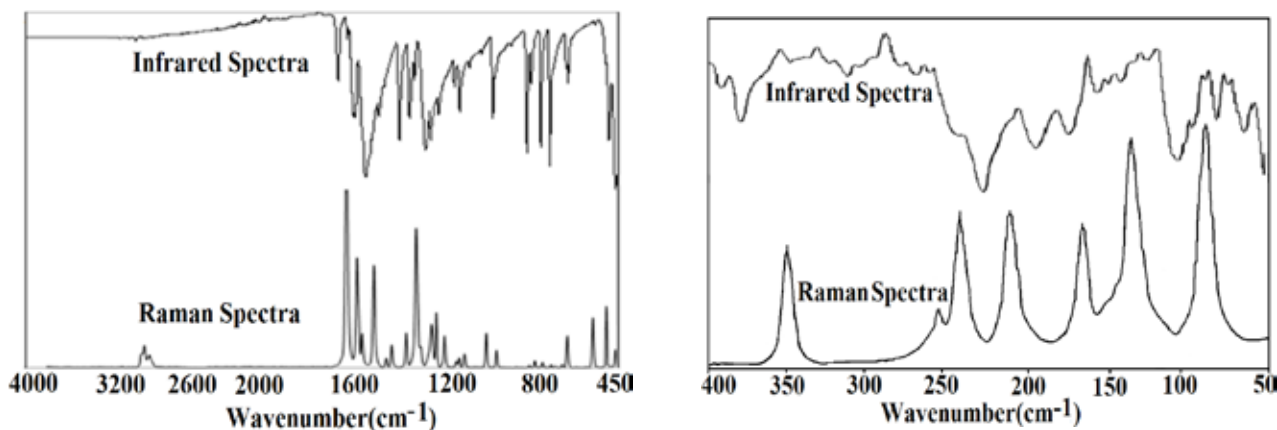


Figure 3. Comparison of observed infrared and Raman spectrum of prepared compound ((2HNQ)₂Mn)

A comparison of the IR spectra at the free ligand 2HNQ and prepared (2HNQ)₂Mn compound was represented in Figure 4. Figure 4. exhibits the OH band appearing at 3158 cm⁻¹ as broad in the free ligand 2HNQ molecule which does not appear in the (2HNQ)₂Mn compound, suggesting that the water molecule is not found in the prepared (2HNQ)₂Mn compound but indicating the presence of Mn-O bond in the prepared compound. The very weak intensity the C-H band

appear at 3068 and 3016 cm⁻¹ in the free ligand 2HNQ molecule. The 3068 cm⁻¹ band shifted to low band 3064 cm⁻¹ at IR spectra and the 3062 cm⁻¹ at Ra spectra. The 3016 cm⁻¹ band does not appear in the (2HNQ)₂Mn compound. The bands 3064 cm⁻¹ at IR spectra and the 3062 cm⁻¹ at Ra spectra were calculated at 3063.672 cm⁻¹ and 3063.666 cm⁻¹. The infrared spectra of the prepared complexes exhibited (C-O) in the IR (1273 cm⁻¹) and Ra (1280 cm⁻¹) which show a shifting to the

lower frequencies by 10-13 cm^{-1} in comparison with ligand (2M8Q), indicating the coordination of ligands with metal ions through the oxygen atoms. The C-O bands in the $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound were calculated at 1265.252 cm^{-1} and 1248.990 cm^{-1} , respectively. In addition, the C=O band appeared at 1676 cm^{-1} as medium in the free ligand 2HNQ molecule which shifted to low band 1654 cm^{-1} at IR spectra and the 1653 cm^{-1} at Ra spectra in the $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound and thereby suggesting that the oxygen atom of ligand 2HNQ molecule are coordinated to the metal ion. The bands 1654 cm^{-1} at Ir spectra and the 1653 cm^{-1} at Ra spectra in the $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound were calculated at 1692.858 cm^{-1} and 1688.069 cm^{-1} respectively.

As presented in Table 2., most vibration modes of coordinated 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone shifted to higher frequency when compared with the free

2-hydroxy-1,4-naphthoquinone values. Analogous shifts upon coordination were observed in pyridine (Lee and Boo 1996), and quinoline complexes (Johnson et al., 1993). In the current study, a few split bands in the vibrational spectra of $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound were observed. The general trend for distorted complexes was ascertained to have a far greater number of split bands in the IR spectra than the non-distorted ones.

The metal ligand bands are helpful for determining the local structure around metal ions. Without metal isotope labeling and X-ray analysis, it is difficult to do this. According to X-ray diffraction studies on transition metal $(2\text{M8Q})_2\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2$ and $(2\text{M8Q})_2\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_2$ compounds, two bidentate 2HNQ ligands coordinate to the metal by forming a trans-planar structure and two water molecules occupy the axial position (Salunke-Gawali et al., 2004; Garge et al., 1990).

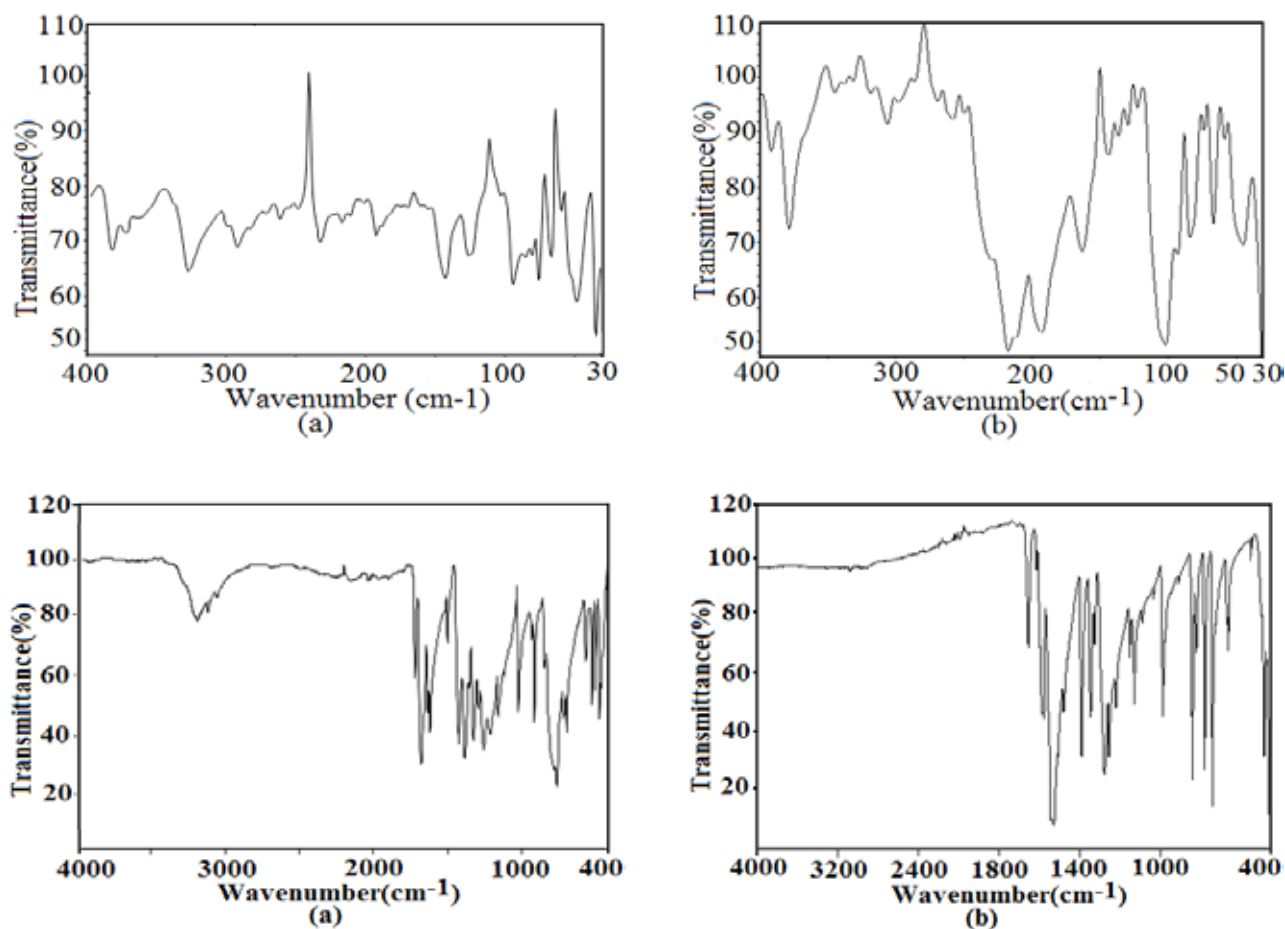


Figure 4. (a) Infrared spectra of free 2HNQ ligand and (b) $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound

Table 2. The observed IR, Raman and calculated frequencies using the HF/6-31G(dp) with scaled frequencies, their intensities and probable assignments for $\text{Mn}(2\text{HNQ})_2$ and 2HNQ

Compound (2HNQ) ₂ Mn					Ligand 2HNQ	Assigned by theoretical calculation
No: Scf*(cm)	Calculated HF/6-31G(dp)		Observed		Observed	Approx. Assig.
	Ir. int.	Ra. int.	Ir.	Ra.	Ir.	
1	7.356	2.3905	0	----	----	Molecule Butterfly
2	19.110	4.3881	0	----	----	Molecule Torsion
3	34.287	1.4665	0	----	----	Molecule twist
4	58.633	0	12.6123	----	----	Molecule fluctuation
5	70.507	0	5.3193	----	87 m	γ (CCO)
6	84.743	0.265	0	84 m	----	γ (CCC)
7	94.004	0	0.3816	----	108 m	γ (CCC)
8	106.725	4.0188	0	102 vs	----	Molecule stress
9	129.717	0	2.9979	----	----	γ (CCC)
10	149.273	0.4794	0	164 s	----	γ (CCC)
11	164.626	0	0.1652	----	----	γ (CCC)
12	174.654	0	3.5547	----	175 m	Sym. ν (O-O)
13	190.396	16.7188	0	191 vs	----	Asym. ν (O-O)
14	198.406	0.0002	6.642	----	198 w	δ ring
15	209.409	10.4387	0	----	----	γ (CCC)
16	222.006	18.8052	0	218 vs	----	γ (CCC) + γ (O-Mn)
17	286.176	0	14.4331	----	----	γ (CCC) + γ (O-Mn)
18	304.016	18.5255	0	----	298 w	δ (CCC)
19	318.516	128.645	0	----	----	δ (CCC)
20	373.232	0	4.2885	----	381 vw	γ (CCC) + γ (C-O)
21	388.434	43.9937	0	379 s	----	γ (CCC) + γ (C-O)
22	396.844	0	1.8079	----	387 w	γ (CCC)
23	399.241	9.349	0	394 m	----	γ (CCC)
24	423.803	0	14.7777	----	----	γ (CCC)
25	429.537	19.9319	0	412 br	----	γ (CCC)
26	446.814	0	0.9922	----	437 vw	δ (CCC)
27	448.229	12.4205	0	452 s	----	433 s
28	453.902	0	43.7338	----	459 m	δ (CCC)
29	474.275	81.0044	0	----	----	461 s
30	486.788	0	6.4329	----	----	δ (CCC)
31	488.332	25.5071	0	484s	----	485 s
32	511.790	0	8.2241	----	509 m	Sym. ν (Mn-O)
33	513.672	85.4172	0	518 w	----	Asym. ν (Mn-O)
34	535.159	0	13.9776	----	----	δ (CCC)
35	564.128	250.618	0	----	----	δ (CCC)
36	654.068	0	11.3847	----	550 m	γ (CCC)
37	656.115	108.446	0	659 m	----	655 s
38	663.615	0.0091	5.2711	----	----	δ (CCC)
39	663.697	18.073	0.0026	667 m	----	675 m
40	687.136	0	6.3336	----	679 m	γ (CCC)
41	693.579	45.1379	0	----	----	γ (CCC)
42	701.365	0	10.6573	----	701vw	δ (CCC)+ δ (C=O)
43	703.415	24.5212	0	----	----	δ (CCC)+ δ (C=O)
44	720.086	0.0008	11.7531	----	----	δ (CCC)
45	720.969	36.2521	0.0003	723 w	----	720 s
46	739.481	15.2272	0.0001	739 vs	----	734 s
47	739.649	0.0003	4.5324	----	----	γ (CCC)
48	794.753	0	0.7389	----	----	γ (C-H)
49	794.972	115.64	0	779 s	----	γ (C-H)
50	796.614	0	2.5292	----	----	γ (C-H)
51	798.840	28.3203	0	819 m	----	805 m

Preparation of Manganese (II) Complexed with 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone, Identification of Molecular Structure with the Help the Infrared and Raman Spectra and Theoretical Calculations of Vibration Bands

52	849.743	0.0001	9.7407	-----	-----	-----	δ(CCC)
53	850.168	102.311	0	840 s	-----	873 s	δ(CCC)
54	922.034	0.4558	0	-----	-----	890 s	γ(C-H)
55	922.055	0	4.5256	-----	-----	-----	γ(C-H)
56	984.441	0	36.1681	-----	989 w	-----	γ(C-H)
57	985.041	142.400	0	986 s	-----	981	γ(C-H)
58	1005.858	2.3859	0.0009	-----	-----	-----	γ(C-H)
59	1005.865	0.0019	1.1965	-----	-----	-----	γ(C-H)
60	1021.899	0	59.549	-----	-----	-----	δ(CCC)
61	1022.133	10.2923	0	-----	-----	-----	δ(CCC)
62	1033.785	0.7561	0.0011	1038 w	-----	-----	δ(CCC)
63	1033.786	0.0044	0.1972	-----	1034 m	-----	δ(CCC)
64	1066.140	87.4029	0	-----	-----	-----	δ(CCC)
65	1066.357	0	30.5141	-----	-----	-----	δ(CCC)
66	1099.201	27.704	0.0001	1087 w	-----	1077 w	δ(C-H)
67	1099.221	0	61.4697	-----	-----	-----	Ring breathing
68	1116.611	44.2496	0	1127 m	-----	1118 s	Ring breathing
69	1116.627	0	48.4454	-----	-----	-----	δ(C-H)
70	1209.750	0	60.1825	-----	-----	-----	δ(C-H)
71	1210.456	27.4029	0	-----	-----	1172 s	δ(C-H)
72	1217.411	355.196	0	1219 m	-----	1214 s	δ(C-H)
73	1219.073	0	27.0687	-----	1221 w	-----	δ(C-H)
74	1248.272	205.128	0	1253 s	-----	1252 m	ν ring(C-C)
75	1248.990	0	18.0111	-----	1270 w	-----	ν ring(C-C)+ ν(C-O)
76	1265.252	1285.55	0	1273 s	-----	1284 s	ν(C-O)
77	1270.133	0	66.3061	-----	-----	-----	ν ring(C-C)
78	1312.258	0	80.0853	-----	1346 s	-----	ν ring(C-C)
79	1312.550	51.1633	0	1322 s	-----	1338 s	ν ring(C-C)
80	1359.837	363.547	0	1343 m	-----	-----	ν ring(C-C)
81	1360.055	0.0001	135.389	1388 s	-----	1381 s	ν ring(C-C)+ν(C-H)
82	1461.664	0	19.6122	-----	1458 w	-----	ν ring(C-C)+δ(C-H)
83	1461.755	13.9585	0	1477 m	-----	1458 w	ν ring(C=C)+δ(C-H)
84	1487.263	0	6.3848	-----	1536 m	-----	ν ring(C-C)
85	1487.435	4.6485	0	1533 vs	-----	1578 m	ν ring(C-C)
86	1599.400	0	57.9001	-----	1590 w	-----	ν ring(C-C)
87	1599.607	81.1417	0	1580 s	-----	1592 m	ν ring(C-C)
88	1614.847	858.865	0	1611 w	-----	-----	ν ring(C-C)
89	1616.154	0	330.904	-----	1611 m	-----	ν ring(C-C)
90	1631.738	2144.82	0	-----	-----	1638 s	ν ring(C-C)
91	1647.611	0	353.998	-----	-----	-----	ν ring(C-C)
92	1688.069	0	634.061	-----	1653vs	-----	Sym. ν(C=O)
93	1692.858	530.029	0	1654 m	-----	1676 m	Asym. ν(C=O)
94	1772.523	648.014	0	-----	-----	-----	ν ring(C-C)
95	1773.222	0	605.604	-----	-----	-----	ν ring(C-C)
96	3027.723	10.0437	0.0811	-----	-----	3016 vw	ν(C-H)
97	3043.386	0.005	163.368	-----	-----	-----	ν(C-H)
98	3043.386	32.1053	0.0009	-----	-----	-----	ν(C-H)
99	3043.386	0.0001	316.180	-----	-----	-----	ν(C-H)
100	3061.518	8.3749	0.0008	-----	-----	-----	ν(C-H)
101	3061.525	0	143.735	-----	-----	-----	ν(C-H)
102	3063.666	0.0001	218.449	-----	3062 w	-----	ν(C-H)
103	3063.672	5.2484	0.006	3064 vw	-----	3068 vw	ν(C-H)
104	3069.823	6.9309	0.0141	-----	-----	-----	ν(C-H)
105	3069.829	0.0004	232.163	-----	-----	-----	ν(C-H)
				-----	-----	3153 br	ν(O-H)

(s.f.): Scaling factor, *s.f.: 0.9024., Scl.: Scaled., int.: intensity, m.: medium, Ir.:infrared, Ra.: Raman, s.: strong, w.: weak, v.: very, br: broad, v:stretching, δ:in-plane bending, γ:out-of plane bending, Scs: scissoring, Assig.: assignment

But the compound is considered to be trans-structured due to lack of OH group. For this structure, four Mn-O in quinone carbonyl group stretches are expected. These Mn-O bands have been identified at 518 cm^{-1} in infrared spectra to be asymmetric stretch and 509 cm^{-1} in Raman spectra to be symmetric stretch. The Mn-O band assigned at 540 cm^{-1} (Kindell and Dawood 2013) and at ($510\text{-}535\text{ cm}^{-1}$) range (Tarek 2005). The bands at 518 cm^{-1} and 509 cm^{-1} were calculated at

513.672 cm^{-1} and 511.790 cm^{-1} . Also, the 218 cm^{-1} band at infrared spectra assigned the combination of the γ (O-Mn) and γ (CCC) vibrations.

Based on the data presented in Figure 4, the structure of $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound is planar and the two 2HNQ ligands are coordinated in trans- geometry and it might be conformationally distorted trans structure. Indeed, it is worthy to note that the X-ray crystal structure analysis is prerequisite for the certain results



Figure 5. The proposed structure of $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound

In order to compare the theoretical data with the experimental data, correlation graphics of the frequencies for the proposed structure of $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound and ligand (2HNQ) based on the calculations were presented (Figure 6.). Accordingly, the experimental fundamentals

were ascertained to be in good agreement with the scaled fundamentals and to possess good correlation with structure of $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ compound and ligand (2HNQ) (Figure 6.)

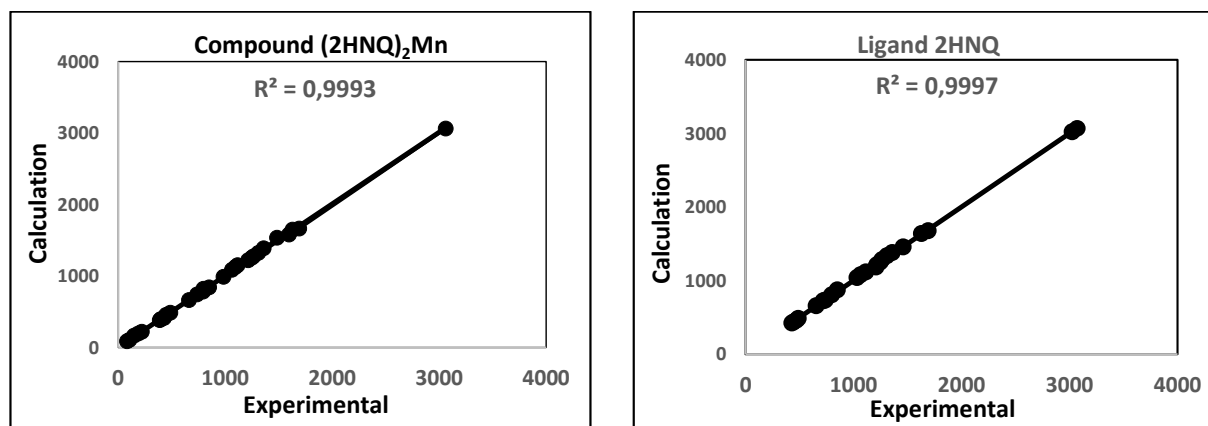


Figure 6. Correlations graphics of frequencies for compound $(2\text{HNQ})_2\text{Mn}$ and ligand (2HNQ)

CONCLUSION

The structure of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone complex with Mn(II) was determined with the help of analyzed for C and H, the observed infrared and Raman spectra. The geometry of ligand and complex were optimized using the HF method with 6-31G(dp) basis set. The metal–ligand binding mode in the complex was confirmed from the calculations. In complex, Mn(II) coordinates through the ring oxygen atom. The HF/6-31+G(dp) was also used for predicting IR and Raman spectra for the complexes.

The 105 fundamentals were assigned in the present work. The HF/6-31G(dp) method gave good results, comparable with the experimental data from the literature for similar compounds.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Kilis 7 Aralık University with BAP projects 2010/02/08 and 2010/04

REFERENCES

- Ashwini VT, Rupali TD, Salunke-Gawali S, Linares J, Varret F, Marrot J, Yakima JV, Bhadbhade M, Srinivas D, Shridhar PG, Rane Y, 2006. SOM assembly of hydroxynaphthoquinone and its oxime: Polymorphic X-ray structures and EPR studies. *Spectrochimica Acta*, 63: 130–138.
- Chabereck S, Martell AE, 1959. *Organic Sequestering Agents*, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA. 325 p.
- Dekkers J, Kooijman H, Kroon J, Grech E, 1996. 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone. *Acta Crystallographica*, 52: 2896-2899.
- Ferraz PAL, Abreu FC, Pinto AB, Glezer V, Tonholo J, Goulart MOF, 2001. Antimicrobial activities of the henna extract and some synthetic naphthoquinones derivatives. *Journal Electroanalytical Chemistry*, 507: 275.
- Frisch A, Frisch MJ, Clemente FR, Trucks GW, 2009. *Gaussian09 User's Reference*, Gaussian Inc., 340 Quinipiac St., Bldg. 40 Wallingford, CT 06492 USA.
- Garge P, Chikate R, Padhye S, Savariault JM, de Loth P, Tuchangues JP, 1990. Iron(II) complexes of ortho functionalized par-naphthoquinones and molecular structure of bis(aqua) bis(lawsone)iron(II) and intermolecular magnetic exchange interactions in bis(3-aminolawsone)iron(II). *Inorganic Chemistry*, 29: 3315-3320.
- Gaussian 09, Revision 2009. Gaussian, Inc., 40 Wallingford, CT 06492 USA.
- González FJ, Aceves JM, Miranda R, González I, 1991. The electrochemical reduction of perezone in the presence of benzoic acid in aceto nitrile. *Journal Electroanalytical Chemistry*, 310: 293-303.
- Johnson BG, Gill PM, Pople JA, 1993. The performance of a family of density functional methods. *Journal Chemical Physics*, 98: 5612.
- Khan MS, Khan ZH, 2005. Ab initio and semiempirical study of structure and electronic spectra of hydroxy substituted naphthoquinones. *Spectrochimica Acta*, 61: 777–790.
- Kindell AS, Dawood IJ, Aziz MR, 2013. Synthesis and Characterization of some Mixed Ligand Complexes Containing (8-hydroxyquinoline) and (2-picoline) with some Metal Ions. *Journal Baghdad for Science*, 10: 396-403.
- Kral IK, Johnson DR, Kacker NR, 2005. Uncertainties in Scaling Factors for ab Initio Vibrational Frequencies. *Journal of Physical Chemistry A*, 37: 8430-8437.
- Lee SY, Boo BH, 1996. Molecular structures and vibrational spectra of pyrrole and carbazole by density functional theory and conventional ab Initio calculations. *Journal of Physical Chemistry*, 100: 15073-15078.
- Masuda K, Funayama S, Komiyama K, Umezawa I, Ito K, 1987. ITO, K. Constituents of *Tritonia crocosmaeflora*, I. Tricizarin A, a novel antimicrobial naphthazarin derivative. *Journal of natural products*, 50: 418-421.
- Nonella M, 1996. Structures and harmonic force fields of 1,4-naphthoquinone and naphthalene: a density functional study. *Journal of Molecular Structure (Theochem)*, 362: 7-21.
- Papageorgiou VP, Assimopoulou AN, Couladouros EA, Hepworth D, Nicolaou KC, 1999. The chemistry and biology of alkannins, shikonins and related naphthazarin natural products. *Angewandte Chemie International*, 38: 270-300.
- Salunke-Gawali S, Rane SY, Puranik VG, Guyard-Duhayon C, Varret F, 2004. Three dimensional hydrogen-bonding network in a copper complex of 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone: structural, spectroscopic and magnetic properties. *Polyhedron*, 3: 2541–2547.
- Tarek Ismail MA, 2005. Mononuclear and binuclear Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) and complexes of Schiff-base ligands derived from 7-formyl-8-hydroxyquinoline and diamino-naphthalenes. *Journal of Coordination Chemistry*, 58: 141-151.
- Thomson RH, 1971 *Naturally Occurring Quinones*. Academic Press, London, 732 p.

Bazı Sebze ve Meyvelerde Yumuşak Çürüklük Oluşturan Pektolitik Bakterilerin Tanı ve Karakterizasyonu

Fatih DADAŞOĞLU¹, Recep KOTAN²

ÖZET: Bu çalışmada meyve ve sebzelerde yumuşak çürüklük hastalığına sebep olan *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* ve *Erwinia chrysanthemi* türlerinin klasik ve moleküler yöntemler kullanılarak kesin tanısının yapılması hedeflenmiştir. Bu amaçla farklı meyve ve sebzelerde yumuşak çürüklük etmeni olduğu tespit edilen izolatlar ilk olarak mikrobiyal tanı sistemi (MIS) kullanılarak tanılanmış ve 7 farklı *P. c.* subsp. *atrosepticum* izolatı ile 5 farklı *E. chrysanthemi* izolatı elde edilmiştir. Ayrıca, strainler yine BIOLOG sistemi kullanılarak da tanılanmış olup elde edilen sonuçların MIS sisteminde alınan sonuçlardan farklı olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan hypersensitive reaction (HR), patojenite ve pektolitik aktivite testleri sonucu bu strainlerin tamamının patojen olduğu belirlenmiştir. Patojen olduğu belirlenen strainlerin kesin tanı ve karakterizasyonu için çeşitli biyokimyasal ve moleküler testler (16S rDNA PCR ve spesifik PCR) yapılmıştır. 16S rDNA PCR testleri sonucunda strainlerin cins düzeyinde tanısı yapılmış olup, izolatların tamamının yaklaşık 1500 bp uzunluğunda bant verdiği tespit edilmiştir. Patojen olduğu belirlenen ve tanılanan *P. carotovorum* subsp. *atrosepticum* izolatlarının çilek, dut, maydanoz, lahana, patates, biber ve patlıcanda, *E. chrysanthemi* izolatlarının ise; 2 tanesinin soğanda, 2 tanesinin biberde ve 1 tanesinin de maydanozda yumuşak çürüklük hastalığına neden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: MIS, Moleküler tanı, *Pectobacterium*, Yumuşak çürüklük

Identification and Characterization of Pectolytic Bacteria which is Causing Soft Rot in some Fruits and Vegetables

ABSTRACT: In this study, it is aimed to be determined make a definitive diagnosis of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* and *Erwinia chrysanthemi*, which are the agent of Soft Rot for some fruits and vegetables. For this purpose, initially microbial diagnostic systems (MIS) are defined using, causing soft rot strains in different fruits and vegetables, and 7 different strains of *P. carotovorum* subsp. *atrosepticum* and 5 different strains of *E. chrysanthemi* were obtained. Also identified using the system of BIOLOG and it was observed that the results are different from results obtained in the MIS system. According to hypersensitive reaction (HR), pathogenicity and pectolytic activity tests results it was determined that all of the pathogenic strains. Several biochemical and molecular tests (16S rDNA PCR and specific PCR) for the diagnosis and characterization of certain strains were made identified as pathogen. The diagnosis of bacterial species conducted using the 16S rDNA PCR and all of the strains given band of approximately 1500 bp in length was determined. *P. carotovorum* subsp. *atrosepticum* strains of identified as pathogen in strawberry, mulberry, parsley, cabbage, potatoes, peppers and eggplant and the strains of *E. chrysanthemi*; 2 of them in onion, 2 of them in pepper and one of them also in parsley, it has been found to cause soft rot disease.

Key words: MIS, Molecular identification, *Pectobacterium*, Soft rot

¹ Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ağrı, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatih DADAŞOĞLU, f-dadas@hotmail.com

GİRİŞ

Bitki patojeni olan *Erwinia* cinsi bakterilerin sebep olduğu hastalıkları simptomlarına göre üç ana grup altında toplamak mümkündür. *Amylovora* grubu; elma ve armut gibi yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında ateş yanıklığı hastalığına sebep olur ve bilinen en önemli türü *Erwinia amylovora*'dır. *Carotovora* grubu; yumuşak çürüklük ve karabacak hastalığına sebep olan türleri içerir. Bu bakteriler hem tarlada hem de depoda birçok üründe çok önemli kayıplar oluşturmaktadır; *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* ve *Dickeya chrysanthemi* tüm dünyada en çok bilinen patojenleridir. *Herbicola* grubu iki ana türü içermektedir. *Erwinia herbicola*, genellikle bitkilerin üzerinde bulunan bir epifit iken; diğer tür olan *Erwinia stewartii* ise mısırlarda Stewart'ın solgunluğu diye bilinen hastalığa sebep olmaktadır (Leliott and Dickey, 1984; Suparyono and Pataky, 1989).

Mikroorganizmaların sınıflandırılarak taksonomideki yerinin belirlenmesi tanı, tanısı yapılan organizmaların sahip oldukları özelliklerinin belirlenerek diğerleri arasındaki farklılıkların ortaya konulmasına ise karakterizasyon adı verilmektedir. Genel olarak tanı yöntemleri klasik ve moleküler yöntemler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Moleküler yöntemler; içerisinde MIS, BIOLOG, ELISA ve PCR yöntemleri mikroorganizmaların tanısında en fazla kullanılan yöntemler olmaktadır. Günümüzde moleküler yöntemler daha güvenilir ve daha hızlı sonuçlar verdiği için klasik yöntemlere göre daha fazla tercih edilmektedir. Ancak, her ne kadar moleküler yöntemler çok yaygın kullanılsa da hiçbir zaman tek başlarına yeterli sonuçlar elde edilememiştir. Bu nedenle moleküler yöntemlerin her zaman klasik yöntemlerle desteklenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; yumuşak çürüklük simptomsu görülen bazı meyve sebzelerde hastalık oluşturan bakteriyel yaş çürüklük etmenlerinin klasik (morfolojik, sitolojik ve biyokimyasal testler) ve moleküler yöntemler (MIS, BIOLOG ve 16S rDNA PCR) kullanılarak kesin tanısı ve karakterizasyonu amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bakterilerin İzolasyonu ve Stoklanması:

Bu çalışmada Erzincan, Iğdır, İspir Pazaryolu ve Uzundere lokasyonlarında farklı meyve ve sebzelerden alınan örneklerden izolasyonlar yapılmıştır. İzolasyonlar için standart Trypticase Soy Broth Agar (TSBA), Nutrient Agar (NA), Yeast Dextrose Carbonate Agar (YDC) besiyerleri kullanılmıştır. Hastalıklı bitki materyalleri, sebze ve meyveler musluk suyunda yıkandıktan sonra içerisinde %70'lik etil alkol bulunan bir kaptan 5 dk bekletilerek yüzeysel olarak steril edilmiş ve ardından sdH₂O'dan geçirilmiştir. Hem hastalıklı hem de sağlıklı dokuyu içeren bölgelerden, küçük parçalar kesilerek içerisinde 2 ml sdH₂O bulunan steril tüpler içerisinde 1 saat bekletildikten sonra, 5 kat seyreltilerek dilüsyonlar hazırlanmıştır. Pipetle her bir dilüsyondan 100 µl alınarak, standart besi yerlerine transfer edilmiş ve cam drigalski özesi ile yüzeye yayılmıştır. Kültürler 25°C'de inkübasyona konulmuş, gelişen her bir koloniden yeniden ekim yapılarak saf kültürler elde edilmiştir.

Saf olarak elde edilen her bir izolata ayrı bir kod numarası verilerek, izolasyonla ilgili bilgiler (izole edildiği bitki, lokasyon, tarih vs.) kaydedilmiş; tanı ve karakterizasyon işlemlerine kadar 1:1 oranında karıştırılan %30 gliserol ve Luria Bertani Broth (LB) içeren stok besiyerlerinde -80°C'de muhafaza edilmiştir.

İzolatların MIS Sistemi ile Tanılanması:

Saflaştırılarak muhafaza edilen bakteri izolatlarının yağ asiti metil esterleri elde edilmiş, Mikrobial Identification Sistemi=MIS (MIDI, Inc., Newark, DE) kullanılarak tanılanmıştır (Miller, 1982).

Bakterilerin BIOLOG sistemi ile tanılanması:

Bakteri izolatlarının BIOLOG sistemi yardımı ile metabolik enzim profillerinin belirlenmesi hem alternatif bir tanı hem de izolatların karakterizasyonunda kullanılmıştır.

Tütünde Aşırı Duyarlılık (Hypersensitivity (HR)) Testi:

Saflaştırılan bakteriyel izolatlar NA besiyerine çizilerek inkübasyona bırakılmıştır. 24 s'lik kültürlerden öze ile alınarak sdH₂O içerisine aktarılan bakteriler vorteks cihazında karıştırılıp hazırlanan karışımın konsantrasyonu 10⁸ CFU/ml'ye

ayarlanmıştır. Elde edilen solüsyondan steril şırınga ile 2 cc'lik alınarak tütün (*Nicotina tabacum* L. var. Samsun) yapraklarının damarları arasına enjekte edilmiştir. Ölü doku oluşturan izolatlar HR pozitif (+), oluşturmayanlar ise HR negatif (-) olarak değerlendirilmiştir. Kontrol bitkilerinde sdH₂O kullanılmıştır (Dadaşoğlu, 2007).

Patojenite Testi: Yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen verilere göre patojenite testleri için bakteri kültürlerinden alınarak TSA besi yerine ekim yapılmıştır. 24 h süreyle etüvde gelişmeye bırakılan bakterilerden 10⁸ CFU/ml konsantrasyonda solüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan solüsyonlar nemlendirilmiş kağıtlar içeren polietilen torbalar içerisine konulan konukçu bitkilere şırınga ile enjekte edilerek bir hafta boyunca 27-30°C sıcaklıkta takip edilmiştir.

Sera denemeleri patojenite testlerinde ise; patojenler için izole edildiği konukçu bitkiler kullanılmıştır. Kontrol olarak ise sdH₂O kullanılmıştır.

Pektolitik Aktivite Testi: Taze ve hastaliksız olan patates yumruları %5'lik sodyum hipoklorit de 10 dk bekletilerek steril edilmiştir. Steril edilen yumrular yaklaşık 5 mm dilimlenerek içerisinde steril nemli kağıtlar içeren petri kaplarına yerleştirilmiştir. 24 sa'lik bakteri kültürlerinden alınarak patates dilimlerine 1 ml enjekte edilmiş ve 26±2°C'de inkübasyona bırakılmıştır. 24-72 sa sonra yumuşama olup olmadığı kontrol edilerek yumuşama olması pozitif olarak değerlendirilmiştir. Kontrol olarak sdH₂O kullanılmıştır.

Fenotipik Testler: HR, patojenite ve pektolitik aktivite test sonuçları pozitif olan izolatlar çeşitli klasik ve moleküler yöntemler kullanılarak tanımlanmıştır.

Bu amaçla sitolojik testlerden Gram reaksiyon testi ve hareket testi kullanılmıştır (Hugh and Leifson, 1953). Biyokimyasal testlerden; katalaz, oksidaz, floresan pigment üretimi, amilaz testi, indol üretimi, sukrozun indirgenmesi, fosfataz aktivitesi testleri yapılmıştır.

Aynı zamanda izolatların 37°C de gelişimi, 5% sodyum klorid içeren nutrient agar ortamında gelişimi ve eritromisin antibiyotiğine duyarlılık testleri de kullanılmıştır. Bunlara ilaveten laktoz, glukoz, fruktoz ve mannitol gibi karbonhidratlardan asit üretimi testleri de yapılmıştır. (Gallelli et al., 2009).

Moleküler Karakterizasyon

Bakteri hücresinden DNA ekstraksiyonu: Araştırmada kullanılan bakteri izolatlarından DNA ekstraksiyonu, Lazo et al., (1987); Ausubel et al., (1994); Khoodoo and Jaufferally-Fakim, (2004), tarafından kullanılan izolasyon metodunun modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Bakteriyel izolatların 16S rDNA bölgesinin PCR ile amplifikasyonu: Her bir izolatın saflaştırılan genomik DNA'dan, 16S rDNA gen bölgesi uygun forward ve reverse primerler kullanılarak PCR yardımı ile çoğaltılmıştır. Master miksin hazırlanması, kullanılan primerler ve PCR programı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İzolatların tanısında kullanılan PCR metodları

PCR metodları	Primerlerin baz dizimleri	Master miks (1 örnek için)		PCR programı	
16S rDNA PCR: (<i>Pectobacter</i> sp.,)	fD1: AGAGTTTGATCCTGGCTCAG rP2: ACGGCTACCTGTACGACTT	10 x PCR tamponu	5 µl	1. Denatürasyon a	94°C'de 4 dk
		dNTP	1 µl	2. Denatürasyon b	94°C'de 1 dk
		Primerler	0.3 µl	3. Bağlanma	58°C'de 1 dk
		Taq DNA polimeraz (5U)	0.5 µl	4. Uzama	72°C'de 3 dk
		sdH ₂ O	39.9 µl	5. Döngü (2, 3, 4)	35 tekrar
		Template DNA (50 ng/µl)	3 µl	6. Uzama	72°C'de 10 dk

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yumuşak çürüklük oluşturan bakteriyel etmenlerin bazı meyve ve sebzelerin yumru, gövde, meyve, dal ve yaprakları olmak üzere konukçularının farklı aksamalarında oluşturmuş oldukları sulu lezyonlar, çürümeler, doku yumuşaması ve solgunluklar gibi tipik semptomlara neden oldukları bilinmektedir (Aysan ve ark., 2003; Boyraz ve ark., 2006; Choi and Kim, 2013). Bu patojenlerin özellikle önemli kültür bitkilerinde meydana getirdikleri şiddetli enfeksiyonlar nedeni ile ekonomik açıdan çok büyük kayıplar meydana getirdiği ve dünya genelinde yıllık yaklaşık olarak 50-100 milyon dolar kayba neden olduğu belirtilmektedir. Bunlar içerisinde, *Pectobacterium* sp., *Pseudomonas*

sp., *Enterobacter* sp., *Bacillus* sp., *Clostridium* sp. ve *Flavobacterium* sp. içerisinde yer alan ve dünya genelinde çok sayıda konukçuda hem yumuşak çürüklük hem de farklı hastalıkların oluşmasından sorumlu türler yer almaktadırlar (Prombelon and Kelman, 1980).

Bu çalışmada; söz konusu patojenlerden *Pectobacterium* spp. ve *Erwinia* spp.'ye ait türlerin yukarıda belirtildiği gibi çok sayıda konukçunun gövde ve meyve gibi farklı bitki organlarında yumuşak çürüklük oluşturduğu tespit edilmiştir.

MIS ve BIOLOG tanı sonuçları, HR, patojenite ve pektolitik aktivite testlerinden elde edilen sonuçlara göre yumuşak çürüklük etmeni olduğu tespit edilen izolatlara ait bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Patojen bakterilerin MIS ve BIOLOG tanı sonucu, izolasyon bilgileri ile HR, patojenite ve pektolitik aktivite test sonuçları *

İN	MIS tanı sonucu	MBİ	BIOLOG tanı sonucu	BBİ	K	BM	L	HR	P	PA
F-121	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.61	<i>Pantoea agglomerans</i>	0.62	Çilek	Meyve	Pazaryolu	-	+	+
F-123	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.65	<i>Vibrio vulnificus</i>	0.46	Dut	Meyve	Pazaryolu	-	+	+
F-137	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.51	<i>Vibrio vulnificus</i>	0.52	Lahana	Gövde	Pazaryolu	-	+	+
F-138	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.86	<i>Vibrio vulnificus</i>	0.26	Maydanoz	Gövde	Pazaryolu	-	+	+
F-140	<i>Erwinia chrysanthemi</i> biotype V	0.83	<i>Pantoea agglomerans</i>	0.25	Maydanoz	Gövde	Pazaryolu	-	+	+
F-161	<i>Erwinia chrysanthemi</i> biotype V	0.81	<i>Raoultella terrigena</i>	0.22	Soğan	Gövde	İspir	-	+	+
F-172	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.71	<i>Salmonella typhimurium</i>	0.36	Patates	Gövde	Uzundere	-	+	+
F-215	<i>Erwinia chrysanthemi</i> biotype V	0.75	<i>Vibrio vulnificus</i>	0.50	Soğan	Gövde	Uzundere	-	+	+
F-453	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.72	<i>Salmonella typhimurium</i>	0.09	Biber	Meyve	İğdir	-	+	+
F-610	<i>Pectobacterium caratovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	0.69	<i>Salmonella typhimurium</i>	0.50	Patlıcan	Meyve	Erzincan	-	+	+
F-663	<i>Erwinia chrysanthemi</i> biotype IV	0.55	<i>Enterobacter nimipressuralis</i>	0.54	Biber	Meyve	Erzincan	-	+	+
F-714	<i>Erwinia chrysanthemi</i> biotype IV	0.54	<i>Vibrio vulnificus</i>	0.53	Biber	Meyve	Uzundere	-	+	+

* İN: İzolat no, MBİ: MIS benzerlik indeksi, BBİ: Biyolog benzerlik indeksi, K: Konukçu, BM: Bitki materyali, L: Lokasyon, HR: Aşırı duyarlık testi, P: Patojenite, PA: Pektolitik aktivite, + : Pozitif sonuç, - : Negatif sonuç

Çalışmanın başlangıcında MIS sisteminin tercih edilmesi ile elde edilen izolatların ön tanısı yapılmış böylece bu veriler dikkate alınarak çalışmanın kalan kısımlarının daha güvenli ve daha kolay planlanması sağlanmıştır. MIS sistemi kullanılarak tanısı yapılmış olan bakterilerin tamamına HR testi yapılmış ve tüm izolatların pozitif sonuç verdiği belirlenmiştir. Yapılmış olan bazı çalışmalarda da bu bakterilerin tütünde aşırı duyarlılık testlerinde hem pozitif hem de negatif sonuç verdiği kaydedilmiştir (Gallelli

et al., 2009; Pitman et al., 2010; Mikicinski et al., 2010). Bu nedenle pozitif sonuç veren izolatların tamamına kendi konukçularında patojenite testleri yapılmıştır ve hepsinin pozitif sonuç verdiği belirlenmiştir. Patojenler konukçuların meyve ve gövdelerinden izole edilmiş olup, yapılmış olan bir çok çalışmada da bu patojenler farklı bitkilerin meyve ve gövdelerinden elde edilmiştir (Saygılı ve ark., 2005; Maisuria and Nerurkar 2012; Van Vaerenbergh et al., 2012).

MIS sistemi kullanılarak tanılanmış olan izolatların 7 tanesinin *P. carotovorum* subsp. *atrosepticum* ve 5 tanesinin de *E. chrysanthemi* olduğu belirlenmiştir. MIS tanı sonucuna göre; *P. carotovorum* subsp. *atrosepticum* ve *E. chrysanthemi* olduğu tespit edilmiş izolatların BIOLOG tanı sonuçları ile karşılaştırıldığında bütün izolatlar arasında hem cins hem de tür düzeyinde

farklı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Kotan, (2002) yapmış olduğu çalışmada da benzer şekilde MIS ve BIOLOG sonuçlarının her zaman uyum içinde olmadığını belirtmiştir.

Morfolojik ve biyokimyasal testlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Morfolojik ve biyokimyasal test sonuçları*

İzolat No	MIS tanı sonucu	BIOLOG tanı sonucu	Hareketlilik	Hücre Şekli	Koloni rengi	37°C’de gelişim	Katalaz	Oksidaz	KOH	Eritromisine duyarlılık	%5 NaCl’ye tolerans	Fosfat az aktivitesi	Amilaz testi	Floresan pigment üretimi	İndol üretimi	Sukrozun indirgenmesi	Karbonhidratlardan asit üretimi			
																	Glukoz	Fruktoz	Laktoz	Mannitol
F-121	<i>P. c. subsp. atrosepticum</i>	<i>P. agglomerans</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-123	<i>P. c. subsp. atrosepticum</i>	<i>V. vulnificus</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-137	<i>P. c. subsp. atrosepticum</i>	<i>V. vulnificus</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-138	<i>P. c. subsp. atrosepticum</i>	<i>V. vulnificus</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
F-140	<i>E. chrysanthemi</i> biotype V	<i>P. agglomerans</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
F-161	<i>E. chrysanthemi</i> biotype V	<i>R. terrigena</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-172	<i>P. c. subsp. atrosepticum</i>	<i>S. typhimurium</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-215	<i>E. chrysanthemi</i> biotype V	<i>V. vulnificus</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
F-453	<i>P.c. subsp. atrosepticum</i>	<i>S. typhimurium</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-610	<i>P. c. subsp. atrosepticum</i>	<i>S. typhimurium</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-663	<i>E. chrysanthemi</i> biotype IV	<i>E. nimipressuralis</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+
F-714	<i>E. chrysanthemi</i> biotype IV	<i>V. vulnificus</i>	+	Ç	AS	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+

*AS: Açık sarı, Ç: Çubuk, + : Pozitif sonuç, -: Negatif sonuç

Yapılan morfolojik ve biyokimyasal test sonuçları incelendiğinde bütün izolatların hareketli ve çubuk şeklinde olduğu belirlenmiştir. Genel olarak izolatların belirtilen bu morfolojik özellikler bakımından literatürlerde belirtilen özellikler ile örtüştüğü

görülmüştür (Brenner et al., 2007). İzolatların tamamı Gram negatif olup 37 °C’de gelişme göstermişlerdir. Zaten *Pectobacterium* türlerinin optimum gelişme sıcaklıklarının 25-30°C, maksimum gelişme sıcaklıklarının ise 40°C olduğu kaydedilmiş olup bizim

sonuçlarımızla paralellik göstermektedir (Brenner et al., 2007). Bütün izolatların katalaz test sonuçları pozitif iken oksidaz test sonuçları ise negatif olarak belirlenmiştir.

Potasyum hidroksil testleri sonucuna göre, türlerin tamamının KOH pozitif (+) ve bu nedenle Gram özelliği bakımından Gram negatif (-) sonuç verdiği tespit edilmiştir. Eritromisine karşı duyarlılık test sonuçlarına göre; F-138, F-161, F-172, F-215, F-610 ve F-714 izolatları negatif sonuç vermiş olup diğer izolatlar pozitif sonuç vermiştir. Bu türlerin bazılarının genelde % 5 NaCl'ye toleranslı oldukları ama bu konsantrasyonda gelişme gösteremeyen duyarlı türlerin varlığı da tespit edilmiştir (Ngadze et al., 2012). Aynı şekilde sukrozun indirgenmesi test sonuçlarına göre; F-138, F-140, F-215 ve F-714 izolatları negatif sonuç vermişken diğer izolatlar pozitif sonuç vermiş olup, bu şekilde farklı sonuçların bulunduğu çalışmalara rastlanmaktadır (Gallelli et al., 2009; Van Der Merwe, 2009). %5'lik NaCl besisi ortamında patojen bakterilerin gelişip gelişmemesi açısından yapılan test sonuçlarına göre; bütün izolatların geliştiği belirlenmiştir. Yapılan amilaz testleri sonucunda tüm patojenler negatif sonuç vermişken, fosfataz testleri sonucunda ise bütün izolatlar pozitif sonuç vermiştir. Bu türlerle ilgili yapılan fosfataz testinde genellikle pozitif sonuçlar elde edilmişken nadir de olsa bazı türlerde negatif sonuçların olabileceği de kaydedilmiştir (Palacio-Bielsa et al., 2010; Tavasoli et al., 2011; Sarris et al., 2011). Bu çalışmada ise; türlerin tamamı fosfataz testinde pozitif sonuç vermiş olup; bu açıdan literatürlere göre yakın sonuçların elde edildiği düşünülmektedir. Bu türlerin karbohidratlardan asit üretimini belirlemek için; sukroz, mannitol, glukoz, fruktoz, laktoz, mellibioz ve sorbitol gibi çok sayıda farklı karbohidratlardan yararlanılmıştır (Dickey, 1978; Sarris et al., 2011; Rahman et al., 2012; Maisuria and Nerurkar, 2012). Bu çalışma kapsamında ise; glukoz, fruktoz, laktoz ve mannitol olmak üzere 4 farklı karbohidrat kullanılmıştır. İzolatların tamamı glukoz ve laktozdan asit üretiminde negatif sonuç vermiş olup, fruktoz ve mannitolden asit üretiminde pozitif sonuç vermiştir.

Patojen bakterilerin indol üretimi testleri sonucunda bütün izolatlar negatif sonuç vermiştir. Bilindiği gibi *Pectobacter* ve *Erwinia* cinsi bütün

dünyada yumuşak çürüklük denince akla ilk gelen patojen gruplarını oluşturmaktadır. Bu nedenle yapılmış olan bu çalışmada da bu patojenler ile ilgili hemen hemen tüm çalışmalarda yararlanılmış olan morfolojik ve biyokimyasal testlerden en önemlileri olduğu düşünülen testlere yer verilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak; daha önce bu cinse ait türler ile ilgili yapılmış olan birçok çalışmada da kullanılan aynı morfolojik ve biyokimyasal testlerden elde edilmiş sonuçlar incelendiğinde bu çalışmada belirlenen sonuçlar ile büyük oranda benzerlik olduğu tespit edilmiştir (Aysan ve ark., 2005; Boyraz ve ark., 2006; Van Der Merwe, 2009; Maisuria and Nerurkar, 2012).

Mikroorganizmaların tanısında yaygın olarak kullanılan moleküler yöntemlerden birisi olan PCR yöntemi; bakteri, virüs, fungus, parazit ve protozoon gibi hastalık etkenlerine ait hedef nükleik asit zincirlerinin, primerler (özgül tamamlayıcı oligonükleotitler) ile ısıya dayanıklı enzimleri kullanarak laboratuvar ortamında çoğaltılmasını sağlayan özgün ve güvenilir bir yöntemdir (Schochetman and Jones, 1988; Arda, 1995).

Çalışmada 16S rDNA-PCR metodunda universal primerler olan fD1 ve rP2 kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; bu cinslere ait izolatların yaklaşık 1500 bp uzunluğunda bant verdiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda *Pectobacter* ve *Erwinia* cinslerine ait strainlerin 16S rDNA-PCR sonucunda yaklaşık 1500 bp uzunluğunda bantlar verdiği bildirilmiştir (Kang et al., 2003; Rattanasuk and Ketudat-Cairns, 2009; Santana et al., 2012).

Tüm bu sonuçlara göre; 7 farklı *P. caratovororum* subsp. *atrosepticum* ve 5 farklı *E. chrysanthemi* izolatlarının yapılan HR, patojenite ve pektolitik aktivite test sonuçlarına göre bazı meyve ve sebzelerde yumuşak çürüklük etmeni olduğu belirlenmiştir. Patojen olduğu belirlenen bu strainlerin MIS, BIOLOG, PCR (16S rDNA-PCR) ve bazı biyokimyasal testler ile kesin tanı ve karakterizasyonu yapılmıştır.

Yapmış olduğumuz literatür taramasında ülkemizde bu izolatların bazı konukçularında yumuşak çürüklük etmeni olduğu ilk defa bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Arda M, 1995. Biyoteknoloji (Bazı Temel İlkeler), Kükem Derneği Bilimsel Yayınları, Ankara, 432s.
- Ausubel FM, Brent R, Kingston RE, Moore DD, Seidman JG, Smith JA, Struhl K, 1994. Current protocols in molecular biology. John Wiley and Sons, New York. 2.0.1–2.14.8
- Aysan Y, Karatas A, Cinar O, 2003. Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. *Crop Protection*, 22 :6, 807-811.
- Boyras N, Bastas KK, Maden S, Yasar A, 2006. Bacterial leaf and peduncle soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* on Tulips in Konya, Turkey. *Phytoparasitica*, 34:3, 272-280.
- Brenner JD, Kieg NR, Garrity MG, 2007. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd ed p, 721-733.
- Choi O, Kim J, 2013. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* Causing Soft Rot on Paprika in Korea. *Journal of Phytopathology*, 161:2, 125-132.
- Dadaşoğlu F, 2007. Isolation and identification of bacterial strains with insecticidal activities against greenhouse and field pest. Atatürk University, Graduate School of Natural and Applied Science Institute, Department of Plant Protection, Master Thesis, 93 p.
- Dickey RS, Kelman A, 1988. *Erwinia*: "Carotovora" or soft rot group. In: Laboratory Guide for Identification of plant pathogenic bacteria. p. Schaad, N.W. 2 ed. St. Paul: APS. pp. 44-59.
- Gallelli A, Galli M, De Simone D, Zaccardelli M, Loreti S, 2009. Phenotypic and Genetic Variability of *Pectobacterium carotovorum* Isolated from Artichoke in the Sele Valley. *Journal of Plant Pathology*, 91:3, 757-761.
- Hugh R, Leifson E, 1953. The taxonomic significance of fermentative vs. Oxidative metabolism of carbohydrates by various Gram negative bacteria. *J. Bact.* 66: 24.
- Kang HW, Kwon SW, Go SJ, 2003. PCR-based specific and sensitive detection of *Pectobacterium carotovorum* ssp. *carotovorum* by primers generated from a URP-PCR fingerprinting-derived polymorphic band. *Plant pathol* 52: 127-133.
- Khoodoo MHR, Juafeerally-Fakim Y. 2004. RAPD-PCR fingerprinting and Southern analysis of *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* strains isolated from different aroid hosts and locations, *Plant Dis.* 88: 980-988.
- Kotan R, 2002. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarından izole edilen patojen ve saprofitik bakteriyel organizmaların klasik ve moleküler metodlar ile tanısı ve biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 217s.
- Lazo GR, Gabriel DW, 1987. Conservation of plasmid DNA sequences and pathovar identification of strains of *Xanthomonas campestris*. *Phytopathology* 77: 448-453.
- Lelliott RA, Dickey RS, 1984. Genus VII. *Erwinia*. In: Bergey's manual of systematic bacteriology, Williams and Wilkins, Baltimore, USA. pp. 469-476.
- Maisuria VB, Nerurkar AS, 2012. Characterisation and differantiation of soft rot causing *Pectobacterium carotovorum* of Indian origin. *Eur. J. Plant Pathol.* 136:1, 87-102.
- Mikicinski A, Sobiczewski P, Sulikowska M, Pulawska J, Treder J, 2010. Pectolytic bacteria associated with soft rot of calla lily (*Zantedeschia* spp.) tubers. *Journal of Phytopathology* 158: 201-209.
- Miller LT, 1982. Single derivatization method for routine analysis of bacterial whole-cell fatty acid methyl esters, including hydroxy acids. *J. Clin. Microbiol*, 16: 584-586
- Miller I, Berger T, 1985. Bacteria identification by gas chromatography of whole cell fatty acids. HewlettPackard Gas Chromatography Application Note, HewlettPackard Co., Alto, CA, 228-238.
- Ngadze E, Brady CL, Coutinho TA, Van Der Waals JE, 2012. Pectinolytic bacteria associated with potato soft rot and blackleg in South Africa and Zimbabwe. *European Journal of Plant Pathology*, 134:533-549.
- Palacio-Bielsa J, Cambra MA, Lopez MM, 2006. Characterisation of potato isolates of *Dickeya chrysanthemi* in Spain by a microtitre system for biovar determination. *Annals of Applied Biology*. 148: 157-164.
- Perombelon MCM, Kelman A, 1980. Ecology of the Soft Rot *Erwinias*. *Ann. Rev. Phytopathol*, 18: 361-387.
- Pitman AR, Harrow SA, Visnovsky SB, 2010. Genetic characterisation of *Pectobacterium wasabiae* causing soft rot disease of potato in New Zealand. *Eur J Plant Pathol.* 126: 423-435.
- Rahman MM, Eaquab Ali M, Khan AA, Hashim U, Akanda AM, Hakim MA, 2012. Characterization and identification of soft rot bacterial pathogens in Bangladeshi potatoes. *African Journal of Microbiology Research*, 6:7, 1437-1445.
- Rattanasuk S, Ketudat-Cairns M, 2009. *Chryseobacterium indologenes*, novel mannanase producing bacteria, Songklanakarın. *J. of Sci and Tech.* 31:4, 395-399
- Santana MA, Rodriguez M, Matehus J, Faks J, Bocsanczy A, Gerstl A, Romay G, Montilla J, Fernande CE, Moreno Zambrano N, Marval D, 2012. A New Bacterial Disease of Cassava in Venezuela Caused by *Enterobacter cloacae*. *International Journal of Agriculture Biology*, 14:2, 183-189.
- Sarris PF, Trantas E, Pagoulitou M, Stavrou D, Ververidis F, Goumas DE, 2011. First report of potato blackleg caused by biovar 3 *Dickeya* sp. (*Pectobacterium chrysanthemi*) in Greece. *New Disease Reports*, 24, 21.
- Saygılı H, Aysan Y, Sahin F, Mirik M, Üstün N, 2005. Phenotypic characterization of tomato pith necrosis pathogens in Turkey. APS Annual Meeting, July 30-Agust 3, Austin, Texas, USA.
- Schochetman G, Ou CY, Jones WK, 1988. Polymerase chain reaction. *J Infect Dis*;158: 1154-7.
- Suparyono Pataky, JK, 1989. Influence of host resistance and growth stage at the time of inoculation on Stewart's wilt and Goss' wilt development and sweetcorn hybrid yield. *Plant Disease*, 73: 339-345.
- Tavasoli E, Marafat AR, Hassazadah N, 2011. Identity and genetic diversity of pectobacterium spp., causal agents of potato soft rot in Zanjan,Iran. *Africa journal of plant science*, 5:6, 329-336.
- Van Der Merwe JJ, Coutinho TA, Korsten L, Van Der Waals JE, 2010. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa. *Eur J Plant Pathol* 126: 175- 185.
- Van Vaerenbergh J, Baeyen S, De Vos P, Maes M, 2012. Sequence Diversity in the *Dickeya fliC* Gene: Phylogeny of the *Dickeya* Genus and TaqMan® PCR for '*D. solani*', New Biovar 3 Variant on Potato in Europe. *PLoS ONE* 7:5, e 35738.

Çölyak ve Çölyak Hastaları İçin Üretilen Ekmeklerin Kalite Özellikleri

Fatma HAYIT¹, Hülya GÜL²

ÖZET: Çölyak hastalığı, gluten intoleransı olan bireylerde gluten tüketimi ile oluşan kronik bağırsak hastalığıdır. Çölyak hastalarının tek tedavi yöntemi; hasta hayatından ömür boyu gluten ve gluten içeren tüm gıdaların çıkarılmasıdır. Dolayısıyla bu hastaların buğday ve buğday ürünlerini tüketmesi yasaktır. Ekmek toplumumuzun vazgeçilmez bir gıdası olarak değerlendirildiğinde bu hastalara yönelik glutensiz ekmek üretimi bir zorunluluk olmaktadır. Buğday ununda bulunan gluten hamur oluşumunda ve ekmek üretiminde yapıdan sorumlu, ekmek kalitesini belirleyen esas bileşendir. Buğday ekmeğinin hacimli, elastik özellikte, kendine has tat ve kokuya sahip olmasının başlıca nedeni glutendir. Glutenin yerinin doldurulamaması; glutensiz ekmek üretiminin zor olmasına sebep olmaktadır. Glutensiz ekmek üretiminde pirinç, mısır, soya fasulyesi, yarfıstığı, nohut gibi gluten içermeyen tahıl ve baklagil unları veya nişastaları ile karabuğday, kinoa, amarant gibi tahıl benzeri ürünlerin unları kullanılmaktadır. Bunların yanında hamur yapısının oluşturulması, ekmek kalitesinin artırılması için enzimler, gamlar, protein izolatları, asitler, yapı sağlayıcılar formüle dahil edilebilmektedir. Halen çölyak hastaları için ekmek üretiminde belirlenen sabit bir formülasyon bulunmamaktadır. Üretilen ekmeklerde gözlemlenen hacim azlığı, tekstür sertliği, lezzet kaybı, besin içeriğindeki düşüklüğü ve hızlı bayatlama prosesi üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada; çeşitli araştırmacılar tarafından glutensiz ekmek kalitesini arttırmaya yönelik yapılan çalışmalar derlenmiştir. Böylece bu konuda daha ileri araştırma yapmak isteyenlere ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ekmek, çölyak, kalite, glutensiz ekmek

Celiac Disease and The Quality Characteristics of Produced Bread for Celiac Patients

ABSTRACT: Celiac Disease is a chronic intestinal disease where the ingestion of gluten leads to damage in people with gluten intolerance. The only treatment for celiac disease is lifelong adherence to gluten-free diet. Thus, people with celiac disease are strictly forbidden to consume wheat and wheat products. It is imperative to produce gluten-free bread for celiac disease patients as bread is an essential part of the diet of our community. Gluten, available in wheat flour, is the main component that regulates the dough and bread formation and that determines the quality of the bread. Gluten makes wheat bread sizable and stretchy as well as with a unique flavor and odor. The inability to replace gluten in bread makes gluten-free bread production almost impossible. Gluten-free cereals and legume flours or starches like rice, corn, soy beans, peanut and chickpea as well as cereal-like products like buckwheat, quinoa and amaranth flours are used in gluten-free bread production. Besides these, several enzymes, gums, protein isolates, acids and structure providers are also added into the formula. A permanent bread formula for celiac disease still lacks. Efforts to settle challenges like lack of size and flavor, texture toughness as well as low nutritive value and rapid staling observed in the gluten-free breads are still in progress. In this study; studies to improve the quality of gluten-free bread is compiled by various researchers. In this study, we compiled studies to improve the quality of gluten-free bread by various authors. So this study tried to shed light for those who want to do further research for this topic.

Keywords: Celiac, bread, quality, gluten-free bread

¹ Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Yozgat, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Isparta, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatma HAYIT, fatma.hayit@bozok.edu.tr

GİRİŞ

Ülkemizde gerek tüketimimiz ve gerekse ekonomimizdeki payı itibarı ile tahıl ve tahıl ürünlerinin önemi büyüktür (Elgün ve Ertugay, 1997). Tahıllar ucuz, sağlanması kolay, kesif bir enerji kaynağı olması, kısmen tam biyolojik değerdeki protein içeriği ve biktırmayan nötr tat ve aromada oluşu ile yaygın bir şekilde tüketilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997). Tahılların kimyasal yapılarının başlıca bileşen grubu karbonhidratlar olmasına karşın bunların içerdikleri protein fraksiyonlarının miktarları ve kaliteleri mamul ürün üretiminde kaliteye etki eden temel öğeler olması nedeniyle özel bir öneme sahiptir (Dizlek, 2012). Ancak buğday, başta ekmek olmak üzere pek çok unlu mamulün üretiminde kullanılan başlıca hammadde olması nedeniyle özel bir yere sahiptir (Dizlek ve ark., 2006).

Gluten özellikle buğday esaslı ekmek, bisküvi, kek, makarna gibi halkın beslenmesinde önemli yer tutan tahıl ürünlerinin kalitesini etkileyen temel bileşendir (Özüğür ve Hayta, 2011). Bu protein, hamur sisteminde arzu edilen tekstürü ve hacmi elde etmek için gaz muhafaza etmede de gereklidir (Mahmoud et al., 2013).

Buğday ununun dolayısıyla glutenin formülasyona dâhil edilmediği “glutensiz” ürünlerde başta tekstür ve hacim olmak üzere renk, görünüş ve lezzet gibi diğer son ürün nitelikleri de olumsuz etkilenmekte ve kalite problemleri ortaya çıkmaktadır (Özüğür ve Hayta, 2011).

Gluten unlu mamul kalitesinde önemli yer tutan temel protein olmasına rağmen, dünya nüfusunun yaklaşık %1’ inde gluten intöleransı vardır (Novotni et al., 2012). Gluten intöleransı ya da çölyak hastalığı; genetik olarak yatkın kişilerde glutenin tüketilmesi ile tetiklenen bir hastalık olarak tanımlanmaktadır (Renzetti et al., 2008). Çölyak hastaları buğday, çavdar, kısmen yulaf, arpa prolaminlerinin gliadin fraksiyonunu tolere edemezler. Glutenin tüketimi ile beraber intraepitelyal lenfosit sayısındaki artışla ince bağırsak mukoza değişiklikleriyle birlikte kripta hiperplazisi ve villus düzleşme ile biçimlenen mukozal bir alerji durumu gerçekleşir (Hill et al., 2002). İnce bağırsak mukoza hasarı besin emilim bozukluğuna neden olabilecek olan kronik çoklu organ hastalığı ile sonuçlanır (Schaart and Mearin, 2014).

Çölyak hastaları, buğday ve türevi ürünleri tüketmelerine bağlı olarak; besin emilimini sağlayan bağırsağın hasarı uzun süreli olduğunda, vücutlarında yetersiz gıda emilimi ile beraber besinsel eksiklik oluşabilir (Hill et al., 2002). Tedavi; buğday, çavdar, arpa ve ürünleri içeren diyetin ortadan kaldırılmasını ve bir ömür boyu sürdürülmesini gerektirir. Böyle bir diyet ile ince bağırsaktaki hasarın tam iyileşmesi ve beslenme açıklarının düzeltilmesi ile semptomların çözüme kavuşturulması sağlanabilir (Hill et al., 2002). Çölyak hastalarının sayısının artması ile glutensiz ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır (Mahmoud et al., 2013). Özellikle ticari olarak temin edilen glutensiz ürünler düşük kalitededir. Bileşimi nişastaya dayalı olan bu ürünler hızlı bayatlamakta ve besin içeriğindeki eksiklik dolayısıyla olumsuz özelliklere sahip olmaktadır (Moroni et al., 2009). Glutenin temel yapı proteini olarak yerini almak teknolojik bir zorluktur fakat bu işlem yüksek kaliteli tahıl bazlı ürünlerin formüle edilebilmesi için gereklidir. Glutensiz ürünler için artan talep, çölyak hastalığındaki artış ya da glutenin reaksiyonu olan diğer alerjilerin artışı ile paralellik göstermektedir (Gallagher et al., 2004). Bu durum çölyak hastaları ve tüketebileceği ürünler üzerine yapılan çalışmalara hız kazandırmıştır. Bu hastaların, tahıl gruplarının önemli bir kısmını tüketemiyor olması, alternatif tahıllar ve yalancı tahıllara (pseudocereal) yönelimi arttırmış, bunların kullanıldığı fonksiyonel yeni ürünler üzerinde çalışma yapılmasını gerekli kılmıştır (Alvarez et al., 2010). Yalancı tahıl; karabuğday, kinoa, amarant gibi tahıl olmayan, ancak tahıl amaçlı kullanılan ve tohumları un haline getirilebilen bitkilere verilen genel isimdir. Son yıllarda tahıllara kıyasla yüksek oranda buldukları diyet lifi, esansiyel aminoasit, vitamin ve mineral içerikleriyle ilgi çekmektedirler (Alvarez et al., 2010). Öncelikle sağlıklı beslenme amaçlı kullanılmaya başlanmış olan yalancı tahılların, yakın tarihte prosese olan uygunlukları ve üretim kolaylıkları ile sanayi odaklı üretimleri de artmıştır (Alvarez et al., 2010).

Ekmek, bileşiminde bulunan yüksek düzeydeki karbonhidratlar nedeniyle enerji sağlayıcı olmasının yanı sıra, protein, lipit ve mineral madde gibi temel besin öğelerini de içerir (Dizlek ve Gül, 2007). Gluten matriksinden yoksun olan glutensiz ekmekler düşük özgül hacim, yüksek ekmek içi sertliği, düşük

teknolojik kalite ve yüksek bayatlama oranına sahiptir. Besinsel değeri arttırmak, hamurun yapısını geliştirmek ve gaz tutma gücünü arttırmak için glutensiz ekmek formülasyonlarına gluten dışında farklı proteinler ilave edilmektedir (Mahmoud et al., 2013).

Çölyak hastaları için ticari olarak üretilen unlu mamullerin kalitesinin düşük olduğu görüşü, araştırmacıları bu hastalar için farklı formülasyonlar kullanarak kalitesi, duyuşal özellikleri, kabul edilebilirliği daha yüksek, raf ömrü daha uzun olan yeni ürünler üretmeye yönlendirmiştir. Bu çalışmada; çeşitli araştırmacılar tarafından glutensiz ekmek kalitesini arttırmaya yönelik yapılan çalışmalar derlenmiş, ileriye yönelik bu alanda yapılabilecek araştırmalara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Glutenin Ekmek Üretiminde Önemi

Unun içerdiği protein niceliği ve niteliği un kalitesi üzerine etki eden etmenlerin en önemlileridir. Proteinler içerisinde ise gluten proteinleri (glutenin ve gliadin) özel ve çok önemli bir yere sahiptir (Dizlek, 2011).

Gliadin hamurda uzayabilirlik ve vizkozite sağlarken, glutenin elastik ve yapışkan özelliklerden sorumludur (Mahmoud et al., 2013). Gluten, mevzuatta; bazı bireylerin tolere edemediği, suda ve 0.5 molar sodyum klorür çözeltisinde çözünmeyen; buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melezlerinde ve türevlerinde bulunan protein fraksiyonu olarak tanımlanır (Anonim, 2014). Gluten buğday proteini olması yanında çavdar, arpa ve yulaf gibi tahıllarda da bulunur, ancak miktarları azdır (Elgün ve Ertugay, 2002).

Gluten proteinleri tahılın nişastalı endosperm hücrelerinde biriken ana depo proteinleridir. Bu proteinler su ile karıştırıldığı zaman, sürekli bir viskoelastik ağ oluşturmak için bir araya gelirler. Bu viskoelastik yapı ekmek ve diğer unlu mamullerin oluşumu için buğday ununun kullanımını sağlar. Glutenin, hamura yüksek düzeyde esneklik kazandırmak için gereklidir. Bu protein glutenin elastik omurgasını oluşturur (Shewry et al., 2002). Ayrıca bu proteinler, hamura su emme kapasitesi, yapışkanlık, vizkozite, kohezif yapışkanlık, elastikiyet kazandırarak pişme kalitesini belirlemede önemli bir rol oynarlar. Gluten

proteinleri sulu alkol içinde çözünürlüklerine göre gliadin (çözünür) ve glutenin (çözünmez) olarak iki ana bölüme ayrılabilir. Her iki proteinde yüksek prolin ve glutamin içeriği ile karakterize edilen proteinlerdir. Gliadin 28.000- 55.000 civarında moleküler ağırlığı olan ve alfa / beta, gama ve omega-tipi olarak farklı primer yapılarına sahip bir proteindir. İkisinde de disülfid bağlar yoktur ya da zincir içi çapraz bağlar mevcuttur. Glutenin fraksiyonu zincirler arası disülfid bağlarla bağlanmış toplu proteinleri içerir (Wieser, 2007).

Yoğurma sırasında hamura katılan havanın ve mayalar tarafından oluşturulan karbondioksit gazının hamur içerisinde tutulmasını sağlayarak ekmeğin kabarmasını ve gözenekli bir yapı oluşturur. Ayrıca nişasta tanecikleri çevresinde koruyucu madde rolü oynayarak ve fazla suyu absorbe etmek suretiyle ekmeğin bayatlama hızını yavaşlatır (Dizlek, 2012). Hamur sisteminde arzu edilen tekstürü ve hacmi elde etmek için gaz tutmada ve istenen vizkozite için gerekli kuvvetli protein ağını oluşturmak için gereklidir (Mahmoud et al., 2013). Hamurda glutenin olmaması hamurun daha sıvı olmasına, pişmiş ürünün çökmesine, zayıf renge ve çeşitli kalite sorunlarına sebep olur (Torbika et al., 2010).

Çölyak hastalığı; Gluten içeren besinlerin alınmasıyla ortaya çıkan (İşleroğlu ve ark., 2009) çevresel prespirant (gluten) ile uyarılan genetik olarak belirlenmiş kronik inflamatuvar bağırsak hastalığıdır (Gren and Jabri, 2003, Villancacci et al., 2011). Genetik olarak yatkın bireylerde kronik bağırsaklık aracılı enteropati olarak tanımlanır (Koehler, 2014). Bu bireylerde çavdar ve arpanın alkolde çözünen proteinleri ve buğday gluteninin gliadin fraksiyonunun neden olduğu ince bağırsak mukozasının hasarı ile oluşan bir sendromdur (Fasono and Catassi, 2001). Genetik yatkınlık lökosit antijeni olmayan genlerin bir dizisini ve temel faktör olarak lökosit antijeni DQ2 ve DQ8 genlerini içerir (Koehler, 2014). En imünojenik protein olan buğday ile çavdar, arpa ve buğdayın depo proteini için anormal bir bağırsaklık tepkisi ile (Nehra et al., 2013) klasik olarak ince bağırsak villöz atrofi, kript hiperplazi (hücrelerin anormal çoğalması) ve lenfosit infiltrasyonu (sızıntı) ile karakterize edilir (Koehler, 2014). İnce bağırsak tümörü, T hücreli

lenfomayla ilişkili enteropati çölyak hastalığının komplikasyonlarıdır (Green and Cellier, 2007). İnce bağırsaktaki inflamasyon villusların imhasına yol açarak malabsorbsiyon sonucunda yağlı dışkılama, kilo kaybı, gelişme geriliğine neden olur (Nehra et al., 2013). Glutene ek olarak patojenik mikroorganizmalar, gluten giriş zamanı, emzirme gibi çevresel tetikleyiciler hastalığın gelişimi için önemli olmaktadır (Koehler, 2014). Klinik belirtiler; hastanın yaşı, hastalık süresi ve kapsamı, bağırsak dışı patojenik durumların varlığı ile belirgin olarak değişir. Glutenin varlığı mukoza hasarının yenilenmesine yol açar (Fasono and Catassi, 2001). Hastalar çoğunlukla gastrointestinal olmayan belirtilere sahiptir ve hastalık osteoporoz hızının, kısırlığın, otoimmün hastalıkların ve kötü huylu hastalıkların oranları ile ilişkilidir (Villancacci et al., 2011). Hastalığın belirtileri; karın şişkinlikleri ve ağrı, kötü kokulu ve yağlı dışkı, kilo kaybı, yorgunluk, açıklanamayan anemi, davranış değişiklikleri, bacaklarda ve kollarda uyuşma karıncalanma, kemik ve eklem ağrıları, kas krampları, ağız içinde yaralar, kaşıntılı deri döküntüsü (Gujral et al., 2012), kronik ishal ile birlikte gelişme geriliği, karında distansiyon, kas atrofisi, kusma ve huzursuzluk (Yanar ve ark., 2013), ile aşırı zayıflıktır (Ribotta et al., 2004).

Çölyak hastalığı genetik olarak yatkın bireylerin sadece belli bir azınlığında gelişir. Başlaması sıklıkla çocukluk çağında olurken herhangi bir yaşta da olabilir (Nehra et al., 2013).

Son epidemiyolojik veriler çoğu batı ülkelerinde hastalığın yaklaşık %1-2 görülebildiğini göstermektedir (Özüğür ve Hayta 2011, Koehler, 2014). Çölyak hastalığının tanısı genellikle tipik belirtilere, serum antikor testlerine ve ince bağırsak biyopsisinin histolojik hükmüne dayanmaktadır (Koehler, 2014). İnce bağırsak biyopsisi çölyak hastalığı tanısında altın standart olarak kabul edilmekle birlikte (Villancacci et al., 2011, Nehra et al., 2013) tanının son derece zor olduğu, hastalığın farklı belirtilerinin tanımlanmasına izin veren hassas ve spesifik bir algoritmaya dayandığı belirtilmiştir (Fasono and Catassi, 2001). Tedavisi ise sıkı glutensiz diyetle uyum gerektirir (Fasono and Catassi, 2001; Gallagher et al., 2004; İşleroğlu ve ark., 2009; Özüğür ve Hayta, 2011; Nehra et al., 2013). Glutenin uzaklaştırılması ile tam mukozal iyileşme gerçekleşir (Fasono and Catassi, 2001).

Glutensiz Ekmek Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Glutensiz hamurlar gluten ağının eksikliğinden dolayı normal hamurlardan daha sıvıdırlar. Ayrıca gaz tutma güçleri daha düşüktür. Stabilize edici mekanizma için bir aracı olarak gamlar, stabilizörler, prejelatinize nişastaların kullanımı önerilmektedir (Schober et al., 2005). Süt tozunun da glutensiz ekmekler üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir (Gallagher et al., 2004). Birçok farklı çalışmada alternatif hammaddeler kullanılarak kalitenin artırılmasına çalışılmıştır. Pirinç, mısır, soya fasulyesi, yer fıstığı nişasta ve unları ve hidrokolloidler, enzimler, soya fasulyesi proteinleri, yumurta beyazı gibi farklı hammaddeler buğday unundaki glutene alternatif olarak kullanılmıştır (Ribotta et al., 2004).

Nohut proteini, glutensiz ekmek hacmini geliştirmek için iyi bir emülsifier özelliğe sahiptir (Aguilar et al., 2015). Çalışmalarında glutensiz ekmekte şortening ve emülsifiyerlere alternatif olarak nohut unu ve yer fıstığı unu kullanan Aguilar ve ark. (2015), bu unun spesifik ekmek hacmini ve depolama modüllerini arttırdığını bildirmişlerdir. Yer fıstığı ununun ise ekmek hacmini azaltıp, ekmek içi renginin koyulaşmasına sebep olduğunu, her iki unun varlığında da ekmek kabuğunun renginin koyulaştığını, fakat ekmek formülasyonunda şorteningler ya da emülgatörler azaltıldığı ya da ilave edilmediği zaman pişirme özelliklerinin korunmasını sağlayarak olumlu etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

Proteazın, glutensiz pirinç ekmeğinin kalitesini geliştirmek için etkili bir gıda katkı maddesi olduğunu belirten Hatta ve ark. (2015), basillolisin, papain ve subtilisin ilavesi ile yapılan glutensiz ekmeklerin kontrol ekmekleri ile karşılaştırıldığında, glutensiz pirinç ekmeklerinin %30 ve %60 oranlarında hacminin arttığını, ekmek içi sertliğin ise %10-30 azaldığını rapor etmişlerdir. Glutensiz ekmeklerde yapı oluşturuucu madde olarak keten tohumu ekstraktının, pektin ve guar gam yerine kullanılması glutensiz ekmeğin duyuusal kabul edilebilirliğini geliştirmekte, ekmeğin bayatlaması ve tekstürü üzerine ise sınırlı etki göstermektedir (Korus et al., 2015). Glutensiz ürünlerin raf ömrünü arttırmak için Axel ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, kinoa ilaveli ekşi mayalı ekmek üretiminde *Lactobasillus amylovarus*'un antifungal aktivitesi araştırılmıştır. *Lactobasillus amylovarus* ile elde edilen ekşi hamur ilavesinin spesifik hacim

ve ekmek içi sertlik gibi nitelikler açısından ekmek kalitesini geliştirdiği belirlenmiştir. Bununla beraber bu uygulamanın ekmek raf ömrünü dört gün uzattığı ve yüksek güvenilirli daha iyi ekmek kalitesi verdiği belirlendiği için glutensiz ekmek üretiminde önemli olduğu bildirilmiştir. Kaliteli ve koruyucu içermeyen gıda ürünleri için de bu uygulamanın tüketici ihtiyaçlarını karşılayacağı sonucuna varılmıştır.

Yılmaz ve Doğan (2015), gluten içermeyen farklı un, nişasta karışımlarına emülgatör, kıvam arttırıcı ilave ederek 8 farklı karışım oluşturarak incelemiştir. Çalışma sonucunda buğday unu ile yapılan şahit örneğe göre glutensiz ekmeklerde bayatlamının daha hızlı olduğu, protein miktarının çok düşük olduğu, hacmin oldukça düştüğü ve duyusal beğenilirliğinin de az olduğu belirlenmiştir. Aynı araştırmacılar glutensiz karışımlarda ekmek kalitesini arttırmak için pirinç ununun karışımında mutlaka olması gerektiğini ve bu karışımların protein içeriklerini zenginleştirilerek besleyici değerinin artırılması gerektiğini bildirmiştir.

Glutensiz ekmek üretiminde ekmeklerin lif açısından zenginleştirilmesi amacıyla farklı özellikteki lifler kullanılmaktadır (Martinez et al., 2014, Costantini et al., 2014). İri taneli çözünmeyen lifler ekmek hacminin azalmasına ve daha sert ekmek yapısına sebep olmaktadır. Çözülebilir özellikte ve çözünmeyen ince lifler ise glutensiz ekmek üretimi için üretilen hamur kıvamını ve fermantasyon hacmini azaltırken, ekmek hacminin artmasını ve sertliğin azalmasını sağlayarak olumlu etki göstermektedir (Martinez et al., 2014). Tatar ve yaygın karabuğday unları kullanılarak glutensiz ekmeklerin zenginleştirilmesi için Costantini ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, buğday unu ve yaygın karabuğday ununda çözülebilir lif oranları aynı iken tatar karabuğday ununda bu değer çok düşük bulunmuştur. Aynı çalışmada yapılan ekmek örneklerindeki en fazla çözülebilir lif içeriğinin yaygın karabuğday ve buğday unundan yapılan ekmek örneklerinde olduğu, toplam lif açısından bakıldığında ise karabuğday unlarından yapılan ekmek örneklerinin toplam lif içeriğinin buğday unu ile yapılan ekmek örneklerinden fazla olduğu belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada farklı oranlarda (%10, %15 ve %20) karabuğday unu ilavesi ile yapılan ekmekler duyusal açıdan değerlendirilmiş ve formülasyona %10 ve %15 oranında ilave edilen karabuğday unu ile üretilen

örneklerin ilavesiz örneklere göre daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir (Yarpuz, 2011). Fransız ekmeğine benzer glutensiz ekmek üretimi için yapılan başka bir çalışmada ise, karabuğday ununun istenilen renk özelliği verdiği ayrıca bu tarz ekmeklere benzer gözenek boyutunu sağlamada faydalı olduğu belirtilerek, Fransız ekmeğini taklit ederken %1.9 guar gam ve %5 karabuğday unu kullanılmasının uygun olduğunu bildirmişlerdir (Mezaize et al., 2009).

Çalışmalarında inülin, sükroz ve dondurulup kurutulmuş ve ultrafiltrasyon ile konsantre edilmiş sığır protein plazması kullanılarak glutensiz ekmeklerin kalitesinin artırılmasını amaçlayan Furlan ve ark. (2015) tarafından, protein ve inülinin eklenmesi ile tekstürel özelliklerin gelişiminin sağlandığı; glutensiz ekmek hacminin arttığı, hacmin özellikle %3.5 protein kullanıldığında maksimum değere ulaştığı belirtilmiştir. Duyusal analizler sonucunda ise kontrol grubuna göre istatistiki önemli bir fark bulunmadığı, bu maddelerin glutensiz ekmek örneklerinde organoleptik özellikleri negatif etkilemediği bildirilmiştir. Dondurarak kurutma, ultrafiltrasyon ve inülin ilave edilerek hazırlanan bir katkı formülasyonu ile hava gözeneklerinde çapta azalma, iyi simetri oluşumu ve zaman içinde ekmek sertliğinde azalma gibi önemli gelişmelerin elde edildiği bu yüzden bu formülasyon ile gelişmiş bir protein ağı elde etmenin mümkün olacağı bildirilmiştir. Farklı dozlarda (%0.5 ve %10), farklı proteinler ile (yumurta albümini, kalsiyum kazeinat, bezelye proteini ve soya proteini izolatları) zenginleştirilen pirinç nişastası bazlı hamurlara eklenen asit etkisinin (%0.5 asetik ve laktik asit), hamur profili ve hamur viskoelastiği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada (Ronda et al., 2014), bitkisel kaynaklı proteinlerin glutensiz ekmek formülasyonuna ilavesi daha yapılı (daha stabil viskoelastisite, daha yüksek viskoelastik modül gibi) hamur matriksi etkisine neden olurken, asit etkisinin bu etkiyi azalttığı raporlanmıştır. Hayvansal kaynaklı proteinlerin formülasyona dahil edilmesi ile asidifikasyon daha düşük hamur deformasyonu ve viskozitede kararlılık göstermiştir. Hamurun asitlendirilmesi amiloz retrogradasyonunu azaltmıştır. Proteince zenginleştirilmiş pirinç nişastalı hamurların asitlendirilmesinin hamur viskometrik niteliklerinin gelişmesini, glutensiz ekmekler için önem taşıyan reolojik niteliklerin de iyileşmesini sağladığı belirlenmiştir.

Farklı gamlar, DATEM (Mono ve Digliseridlerin Diasetil Tartarik Asit Esterleri) ve LBG (Keçi boynuzu gamı) içeren, pirinç unlu ekmek hamurunun reolojik özelliklerini belirleyen ve pirinçli ekmeğinin kalitesini (hacmi, sertlik ve duyuşsal özellikleri) değerlendiren Demirkese ve ark. (2010), en yüksek elastikliğın (%0.5 oranında kullanılan) DATEM, guar ve ksantan gamları içeren pirinç hamur örneklerinde gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bir emülsifiyer olarak Purawave™ kullanıldığında ise hamur örneklerinin nispeten daha düşük kıvam ve DATEM ilavesine göre daha az viskoelastik modül değerine sahip olduğu, pirinç hamurunun viskoelastik parametrelerinin ekmek sertliği ile ilişikili bulunduğu, DATEM ilavesinin duyuşsal özellikleri ve spesifik hacim bakımından ekmek kalitesini geliştirdiğini raporlamışlardır.

Glutensiz ekmeklerde HPMC (Hidroksi Propil Metil Selüloz) kullanımı üzerine yapılan bir optimizasyon çalışmasında pirinç nişastası bazında 4.35 g /100 g HPMC, 1g/100g beta gluklan ve 0.37 g/100 g peynir altı suyu proteini kullanılarak optimum formülasyon oluşturulabileceği ve bu formülasyonla yapılan glutensiz ekmek örneklerinin analiz verileri ile deneysel buğday unu ile yapılan ekmek örnekleri verileri arasında bir uyum olduğu belirlenmiştir. Ayrıca duyuşsal analiz sonuçlarına göre verilen formülasyonla yapılan örneklerin kabul edilebilir olduğu raporlanmıştır (Kittisuban et al., 2014). Mezaize ve ark. (2009) tarafından yapılan, Fransız stili ekmekler için glutensiz formülasyon optimizasyonu çalışma sonuçlarında, spesifik hacmin HPMC ve guar gam ile arttığını, hidrokoloitlerin özellikle HPMC ve guar gam ilavesi ile sertliğini azaldığını belirtmişlerdir. Farklı bir çalışmada pirinç unu tabanlı glutensiz ekmek üretimi için yapı sağlayıcı olarak HPMC ve işlem yardımcısı olarak TG (transglutaminaz) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda pirinç ununa %1 TG, %13 soya, % 4 HPMC kombinasyonunun veya bu hammaddelerin bireysel ilavesinin pirinç bazlı glutensiz ekmeklerin fiziksel özelliklerinde önemli değişimlere sebep olacağı raporlanmıştır (Marco and Rosell, 2008). Enzim aktif soya unu glutensiz ekmek hacmini ve yapısını olumlu yönde etkilemektedir. Soya ununun kaliteyi olumlu etkilemesinde partikül boyutu ve miktarı önem arz etmektedir. En iyi sonuçlar için %12.5 -15 arası konsantrasyonda ve 90 µm partikül boyutunda soya unu kullanılmalıdır. Boyut ve miktar yanında soya ununun

enzimatik aktiviteye de sahip olması gerekmektedir (Ribotta et al., 2004).

SONUÇ

Çölyak hastalarının ihtiyaçları doğrultusunda kabul edilebilir nitelikte yeni ürünlerin geliştirilmesi önemlidir. Genel olarak glutensiz ürünlerde mineral madde, protein ve vitamin eksikliği belirlenmiştir. Glutensiz ekmeklerin besleyici değerini arttırmak adına çalışmalarda çeşitli katkıları kullanılarak eksikliğin kısmen giderilmesine çalışılmıştır. Gluten ağ yapısının eksikliğinden kaynaklanan ürünlerin kalitelerinde önemli oranda gerilemeler görülmektedir. Kaliteyi arttırmak için yapılan çalışmalarda; farklı proteinler, gamlar, enzimler ve farklı bakliyat ve tahıl benzeri ürünler kullanılsa da glutenin sağladığı hamur ve ekmek yapısına ulaşılamamıştır. Glutensiz ekmeklerde en büyük sorunlardan biri de ürünün hızlı bayatlamasıdır. Çölyak hastalarının taze ekmeğe ihtiyacı bulunmaktadır. Glutensiz ürünlerin her alanda üretilmemesi sonucu sadece büyük şehirlerde bu ihtiyaç karşılanırken, farklı bölgelerde yaşayan hastalar ürün tedarik etmede sorun yaşamaktadır. İnternet üzerinden yapılan satışlar mevcuttur fakat burada da taze ürün arzı bulunmamaktadır. Ekmeğin en çok tüketilen unlu mamul olduğu düşünülürse, bundan sonraki yapılacak çalışmalarda çölyak hastaları için öncelikle kalitesi yüksek, duyuşsal kabul edilebilirliği olan, taze olarak tüketime imkân sağlayan, glutensiz ürünlerin üretimi için çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aguilar N, Albanell, E Minarro, B Marta, C, 2015. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. Food Science and Technology, 62: 225-232.
- Anonim, 2014. Gıda ve kontrol genel müdürlüğü 2014. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=9.5.15749&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=gluten>. Erişim Tarihi: 10.02.2015.
- Axel C, Röcker, B Brosnan, B Zannini, E Furey, A Coffey, A Arendt, E, 2015. Application of Lactobacillus amylovorus DSM19280 in gluten-free sourdough bread to improve the microbial shelf life. Food Microbiology, 47: 36-44.
- Costantini L, Lucsic L, Molinari R, Kreft I, Bonofaccia G, Manzi L, Merendino N, 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. Food Chemistry, 165: 232-240.

- Demirkesen I, Mert B, Sumnu G, Şahin, S, 2010. Rheological properties of gluten free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.
- Dizlek H., 2012. Gluten proteinlerinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerine etkileri. *Dünya Gıda Dergisi*, 18: 80-86.
- Dizlek H, 2011. Gluten oluşumu ve bunu sınırlayan engelleyen etmenler. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6: 14-22.
- Dizlek H, Gül H, 2007. L-Askorik asit ve ekmekçilikteki işlevleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2: 26-34.
- Dizlek H, Özer M.S, Altan A, Gül H. 2006. Buğdaydaki gluten proteinlerinin birbirleriyle etkileşimleri. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Fuarı, 7-9 Eylül 2006, Gaziantep*.
- Elgün, A, Ertugay, Z, 1997. Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi. Üçüncü baskı, Erzurum, Türkiye. 376s.
- Elgün, A, Ertugay, Z, 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Dördüncü Baskı, Erzurum, Türkiye. 411 s.
- Fasano A, Catassi C, 2001. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120: 36-51.
- Furlan, R, Padilla, P, Campderros, M, 2015. Improvement of gluten-free bread properties by the incorporation of bovine plasma proteins and different saccharides into the matrix. *Food Chemistry*, 170: 257-260.
- Gallagher E, Gormley T, Arendt E, 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 143-152.
- Green, P, Cellier, C, 2007. Celiac disease. *The New England Journal of Medicine*, 357: 1731-1743.
- Gren P, Jabri B, 2003. Coeliac disease. *Lancet*, 362: 383-391.
- Gujral N, Freeman H, Thomson A, 2012. Celiac disease: prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment. *World Journal of Gastroenterology*, 18: 6036-6059.
- Hatta E, Matsumoto K, Honda Y, 2015. Bacillolysine, papain, and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread. *Journal of Cereal Science*, 61: 41-47.
- Hill I, Bhatnagar S, Cameron J, De Rosa S, Maki M, Russell G, Troncone, R, 2002. Celiac disease: working group report of the first world congress of pediatric gastroenterology, hepatology, and nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 35: 78-88.
- İşleroglu H, Dirim S, Ertekin F, 2009. Gluten içermeyen, hububat esaslı alternatif ürün formülasyonları ve üretim teknolojileri. *Gıda*, 34: 29-36.
- Kittisuban P, Ritthiruangdej P, Suphantharika M, 2014. Optimization of hydroxypropylmethylcellulose, yeast β -glucan, and whey protein levels based on physical properties of gluten-free rice bread using response surface methodology. *Food Science and Technology*, 57: 738-748.
- Koehler P, 2014. Celiac disease and gluten. *Multidisciplinary Challenges and Opportunities*, 1: 96.
- Korus J, Witzcak T, Ziobro R, Juszczak L, 2015. Linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage as a novel structure forming agent in gluten-free bread. *Food Science and Technology*, 62: 257-264.
- Mahmoud RM, Yousif EI, Cadallah, MG, Alawneh AR, 2013. Formulations and quality characterization of gluten-free egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Sciences*, 58: 19-25.
- Marco C, Rosell C, 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 4: 1205-1213.
- Martinez M, Diaz A, Gomez M, 2014. Effect of different microstructural features of soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making. *Journal of Food Engineering*, 142: 49-56.
- Mezaize S, Chevallier S, Bail A, Lamballerie, MD, 2009. Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. *Journal of Food Science*, 74: 140-146.
- Moroni, AV, Bello, FD, Arendt, EK, 2009. Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue?. *Food Microbiology*, 26: 676-684.
- Nehra V, Marietta E, Murray J, 2013. Celiac disease. *Encyclopedia of Human Nutrition*, 298-306.
- Novotni D, Cukelj N, Smerdel B, Bituh M, Dujmic F, Curic D, 2012. Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten free bread with sourdough. *Journal of Cereal Science*, 55: 120-125.
- Özüğür G, Hayta, M, 2011. Tahıl esaslı glutensiz ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi. *Gıda*, 36: 287-294.
- Renzetti S, Bello FD, Arendt EK, 2008. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48: 33-45.
- Ribotta P, Ausar, S, Morcillo, M, Perez, G. 2004. Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1969-1974.
- Ronda F, Villanueva M, Collar C, 2014. Influence of acidification on dough viscoelasticity of gluten-free rice starch-based dough matrices enriched with exogenous protein. *Food Science and Technology*, 59: 12-20.
- Schaart M, Mearin M, 2014. Early Nutrition: prevention of celiac disease?. *Journal Pediatr Gastroenterol Nutrition*, 59: 18-20.
- Schober T, Messerschmidt M, Bean S, Park S, Arendt E, 2005. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82: 394-404.
- Shewry P, Halford N, Belton P, Tatham A, 2002. The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions*, 28: 133-142.
- Torbica A, Hadnadev M, Dapcevic T, 2010. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24: 626-632.
- Villanacci V, Ceppa P, Tavani E, Vindigni C, Volta U, 2011. Coeliac disease: the histology report *Digestive and Liver Disease*, 43: 385-395.
- Wieser H, 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol*, 24: 115-124.
- Yanar Ö, Durmaz Ö, Gökçay G, 2013. Atipik başlangıçlı çölyak hastalığı. *Çocuk Dergisi*, 13: 126-130.
- Yarpuz D. 2011. Glutensiz ekmek üzerine araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 44s.
- Yılmaz Y, Doğan, I, S, 2015. Glutensiz Ekmek Karışımların Kalite ve Bileşenler Yönünden Değerlendirilmesi. *Gıda*, 40: 335-342.

Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Su Havzalarındaki Arazi Kullanım Değişikliği ve Çevresel Etkilerin İzlenmesi: Elmalı Havzası Örneği

Abdurrahman GEYMEN¹

ÖZET: İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık şehri olup özellikle göçler sebebiyle nüfus hızla artmıştır. Hızlı ve denetimsiz kentleşme, su havzaları içerisinde doğal kaynakların büyük zarar görmesine sebep olmuştur. TEM otoyolu ve Boğaziçi Köprüsü, arazi kullanım değişimini hızlandırmış, bu alan içerisinde kalan su havzalarını negatif yönde etkilemiştir. İstanbul'un en büyük su ihtiyacını karşılayan ve arazi kullanım değişiminden negatif yönde etkilenen su havzalarından birisi olan Elmalı havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, Elmalı havzasındaki arazi kullanım değişiminin zamana bağlı olarak değişimi, 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntüleri değerlendirilerek elde edilen sonuçlar Coğrafi Bilgi Sistemine aktarılmıştır. Su havzalarındaki mevcut planların uygulanamaması nedeniyle arazi kullanımında değişimler olduğu ve doğal kaynakların hızla azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada ayrıca doğal kaynakların hızla azalmasının yüzey akışına olan etkileri de incelenmiştir. Doğal kaynakların hızla azalması, yağmur sularının toprağa karışma oranını azalttığı bu sebeple yüzey akışlarının oluştuğu ve yeraltı su seviyelerinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucu olarak yüzey akışları, doğal felaketlere neden olarak can ve mal kayıplarının yaşanmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama destekli arazi kullanım değişiminin izlenmesi ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından su havzalarının daha iyi planlanmasına imkan sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, su havzaları, uzaktan algılama, yüzey akış.

Monitoring of Environmental Impacts and Land-Use Changes in Water Basin Using Geographical Information Systems: Elmalı Basin Case Study

ABSTRACT: Istanbul is the most populated city and the population has been increased due mainly to the large immigrations. The rapid, uncontrolled, and illegal urbanization has caused degradation of natural resources in the Elmalı water basin. TEM and Bosphorus Bridge have accelerated the land-use changes, which have undesirable impacts on water basins in the metropolitan area. The Elmalı which is one of the largest water basins of Istanbul providing drinking water and negatively affected by the land-use changes, was selected as a case study area. In this study, the time dependent land-use changes in Elmalı water basin has been carried out by using Landsat ETM satellite images in 1995, 2005 and 2013. The image processing data were transferred to Geographic Information Systems. According to the results of present investigation, failure on implementing the existing plans for the water basin has been resulted in the land-use changes and the rapid decrease of natural resources. Especially, unusual increase in urbanization and immigrations has increased the number of floods. In other words, urbanization and surface flows are increasing, and underground water levels are decreasing. As a result, change of surface flows cause enormous damages. In conclusion, Geographic Information Systems and Remote Sensing-based monitoring of land use changes by the Istanbul Metropolitan Municipality will enable better planning of the water basins.

Keywords: Geographical information system, remote sensing, surface flows, water basin.

¹ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Abdurrahman GEYMEN, ageymen@erciyes.edu.tr

GİRİŞ

İstanbul nüfusundaki hızlı artış ve sermayenin tarım odaklı sistemlerden uzaklaşması kentin daha hızla büyümesine neden olmuştur. Yerel yönetimler tarafından kentsel gelişmenin izlenememesi nedeniyle su havzaları içerisindeki orman ve tarım alanları gibi doğal kaynaklar azalarak organize sanayi bölgelerine ve yerleşim alanlarına dönüştürülmüştür. Bu kontrol edilemeyen dönüşüm, hatalı arazi kullanımlarına neden olmuştur (Gülersoy, 2001; Gülersoy, 2008; Topaloğlu ve Ekercin, 2013). Aynı zamanda hızlı ve plansız kentleşme, ormanlık alanlarının azalmasına, su ve diğer doğal kaynakların kirletilmesine neden olmakta yeni çevresel problemlerin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Yıldırım ve Kılıç, 2006; Yılmaz ve ark., 2015).

Doğal kaynaklar üzerindeki bu baskılar sonucu oluşan çevresel problemlerin giderilmesi için, kentin izlenebilir ve sağlıklı bir şekilde sürdürülebilir gelişmesi sağlanmalıdır. Sürdürülebilirlik, kentteki yaşam kalitesinin artırılması ile kenti besleyen ve kentin yaşam kaynağı olan doğal kaynakların korunmasını esas alır. Kentleşme olarak dünya ortalamasının üzerinde olan ülkemizde, gelecekte daha planlı ve sürdürülebilir şehirler elde etmek için teknolojik yöntemler kullanılarak kentleşmenin izlenmesini ve planlamaların bu duruma göre yapılmasını zorunlu kılacaktır (Geymen ve ark., 2005; Kaya ve Toroğlu, 2015).

Ülkemizde bu anlamda arazi kullanımının sürdürülebilirliği ve yönetimi konusunda çalışmalar bulunmaktadır (Gözenç, 1978; Bahadır, 2011; Bahadır ve Özdemir, 2011; Bahadır, 2012; Bahadır 2013). Bu çalışmalarda İznik, Eber, Akşehir, Işıklı ve Acıgöl havzalarda uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemi ve istatistiksel analizlere dayalı mekânsal değişimler detaylı incelenmiş ve geleceğe yönelik havzanın sürdürülebilir yönetim planı ortaya konulmuştur. Ayrıca göllerinin hidro-klimatik analizlerini incelenerek Eber ve Akşehir göllerinde seviye değişimleri ile iklim değişimleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Bahadır ve Özdemir, 2011).

Bu alanlardaki arazi kullanım değişimi yönüyle ilgili olarak elde edilecek veriler, gelecekteki nüfus artışını gibi bir takım projeksiyonların belirlenmesi açısından son derece önemlidir (Akova, 2004; Kaya ve Toroğlu, 2005; Öztürk ve ark., 2010; Bahadır ve Özdemir, 2011). Arazi kullanımı ile ilgili istatistikler, halihazır haritalar ve tematik haritalar gibi grafik veriler çoğu kez topografyanın son halini göstermemektedir. Topografyanın güncel haritası için ihtiyaç duyulan bu verilerin arazi çalışmalarından veya hava fotoğraflarından elde edilmesi ise oldukça masraflı ve zaman alıcıdır. Özellikle alanın büyük olması gibi durumlarda uydu görüntüleri ile aynı alana ait farklı tarihlerde çekilmiş görüntülerinin olması, elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılama yapılabilmesi yönleriyle önemli bir veri kaynağıdır (Öztürk ve ark., 2010).

Uydulardan elde edilen görüntülerde ve bilişim teknolojisindeki hızlı gelişmeler, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişmesine etki etmiştir (Canıberk ve Kiracı, 2014; Kaya ve Toroğlu, 2015). Bu sistemlerin hızlı ve güvenilir olması dünyada ve ülkemizde Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri kullanılarak su havzalarında arazi kullanım değişimleriyle ilgili ayrıntılı çalışmalar yapılmasına neden olmuştur (Wu et al., 2005; Shalaby and Tateishi, 2007; Akbulak ve ark., 2008; Dewan and Yamaguchi, 2009; Gürbüz ve ark., 2012; Kara ve Karatepe, 2012).

Arazi kullanım değişiminin incelenmesi, doğal afetlere duyarlı haritaların CBS teknikleri ile hazırlanması, elde edilen haritaların yer seçimi ve planlamalarda kullanılabileceği vurgulanmıştır (Özşahin, 2013; Özşahin, 2014). Bu çalışmaların genelinde elde edilen sonuç arazi kullanımında doğal kaynaklarda meydana gelen değişimler olduğu, bu değişimin en önemli sebebinin yerel yönetimlerin uygulamada plan kararlarını doğru uygulanamadığıdır (Özdemir ve Bahadır, 2008; Gülersoy, 2010; Özdemir ve Bahadır, 2010). CBS tekniklerinin hızlı ve güvenilir sonuçlar vermesi, planlamada bu tekniklerinin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır (Liu, 2009).

İmar planlamalarının yanlış uygulanması ve arazi kullanımındaki hızlı değişimler sonucunda doğal kaynakların yok edilmesi taşkınların ana nedenidir (Filiz ve ark., 2001). Yerleşim alanlarının artması su geçirmeyen zemin oranını artırmakta, yeraltı yağmur sularının süzülme oranının azalmasına dolayısıyla yeraltı su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, yeraltına sızmanın azalması yerleşim alanlarında akarsuların akım miktarı %95'ten %20'ye düşmesine neden olmaktadır (Simmons and Reynolds, 1982).

Yeraltı su seviyesinin düşmesiyle birlikte akarsuların rejimleri değişerek taşkınlara neden olmaktadır (Karakuyu, 2004). Bu negatif etkilenme su dengesinin bozulmasına dolayısıyla iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Sandalcı ve Yüksel, 2011).

DeWalle'nin (2000) ve Türkeş'in (2012) yıllarındaki yapmış olduğu çalışmalarda, yerleşim alanlarında sıcaklığın daha fazla olduğunu, doğal kaynaklarda ise sıcaklığın yerleşim alanlarına göre daha düşük olduğunu, yerleşim alanları ile doğal kaynaklar arasındaki sıcaklık farkının bazen 3 °C'yi geçtiğini tespit etmişlerdir (Dow and DeWalle, 2000; Türkeş, 2012). İklim modelleri yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 dönemi için 1.5 - 4.5 °C arasında bir artış olabileceği öngörülmektedir (IPCC, 2013).

Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleri kullanılarak, Landsat ETM (1995, 2005, 2013) uydu görüntülerinden yararlanılarak, İstanbul'un su teminini sağlayan havzalardan birisi olan Elmalı havzasının arazi kullanım değişikliği incelenmiştir. Bu amaçla arazi kullanımına ait 6 farklı arazi kullanım kategorisi belirlenmiştir. Arazi kullanım kategorilerinin yıllara göre değişimleri, CBS teknikleri içerisindeki konumsal analizler yapılmak suretiyle elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca arazi kullanım değişiminin yüzey akışına olan etkileri incelenmiştir. Çalışma özellikle, gelecekte sürdürülebilir bir metropol planlanmasına, doğal kaynakların korunmasına ve yönetilmesine rehberlik edecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

İstanbul'un su ihtiyacını karşılayan havzalardan biri olan Elmalı havzasında meydana gelen arazi kullanım değişiminin tespit edilebilmesinde yönelik izlenen işlem adımları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Erdas Imagine ve ArcGIS yazılımları kullanılarak Uzaktan Algılama görüntüleri sınıflandırılmıştır. Su havzalarına ait raster görüntüleri vektör veri modellerine dönüştürülerek sorgulama ve analizlerin yapılabileceği vektör veri formatına dönüştürülerek CBS veritabanı oluşturulmuştur.

Çalışma Alanı

Elmalı Havzası, İstanbul'a içme suyu temin eden havzalardan biri olup çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2). İdari sınırlara göre, Elmalı havzası Asya yakasında olup İstanbul'un şehir merkezine yaklaşık 15 km uzaklıkta yer almaktadır.

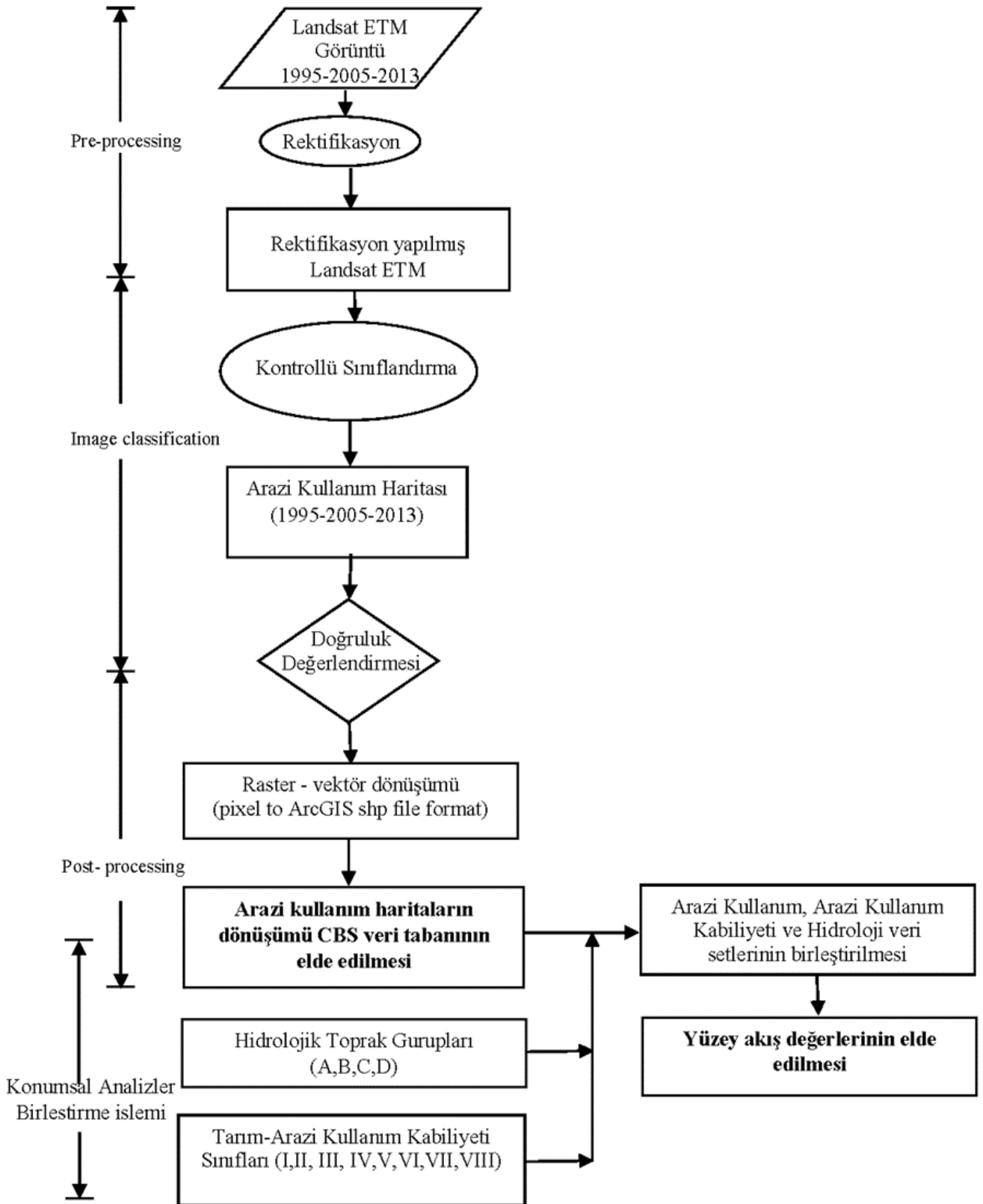
Veri Setleri

Çalışmada su havzalarında belirlenen arazi kullanım desenlerini tespit etmek için 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait Landsat ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Aynı zamanda bu haritalara altlık olması bakımından IKONOS uydu görüntüleri, topografik haritalar ve 1:100000 ölçekli çevre düzeni planlarından da yararlanılmıştır. Uydu görüntüleri <http://remotesensing.usgs.gov/about.php> sitesinden temin edilmiştir.

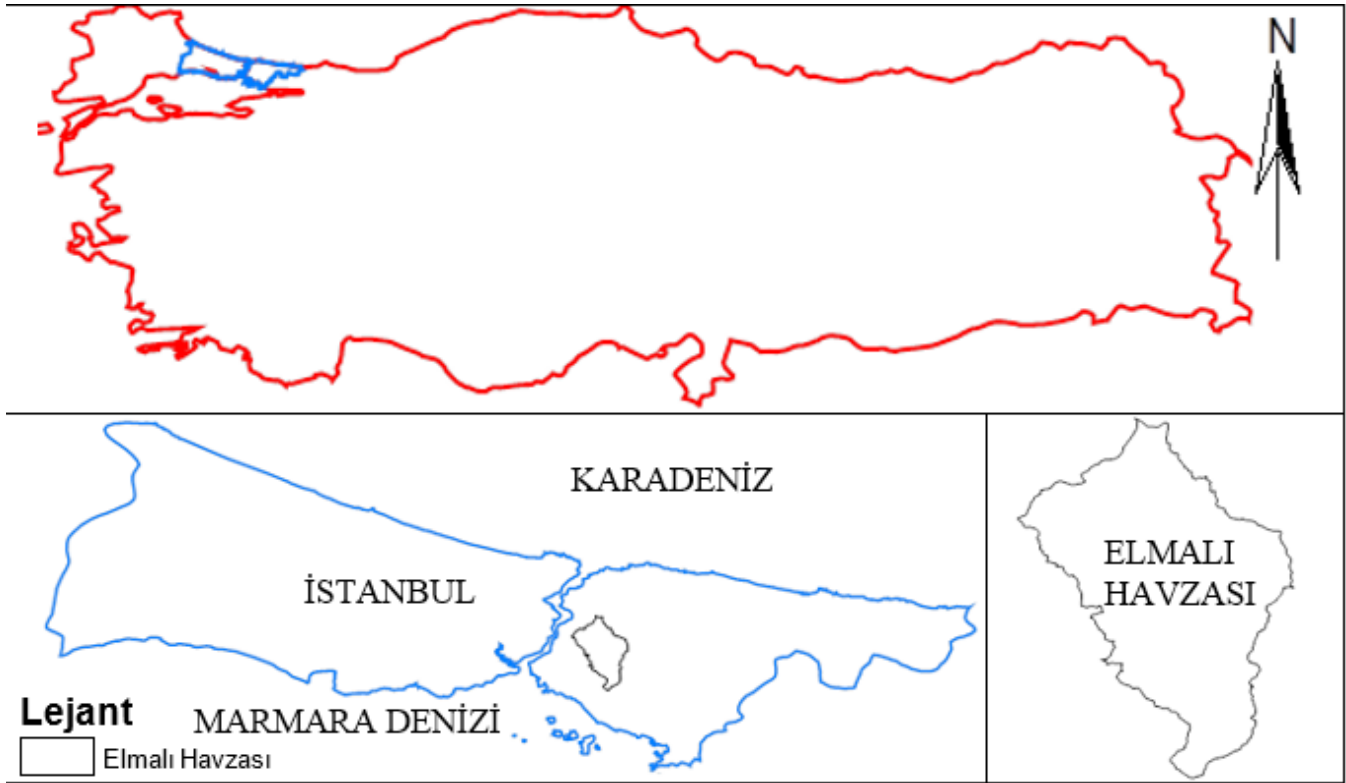
Çalışmada yüzey akış değerinin hesabı için arazi kullanım, arazi kullanım kabiliyeti, hidrolojik toprak grupları haritalarına ait veriler kullanılmıştır.

Arazi kullanım verileri uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile elde edilmiştir. Hidroloji, A-D olmak üzere 4 sınıflandırmadan oluşmuş olup toprağın yağış, akış ve sızma değerleri ölçülerek elde edilmektedir.

Bu grupların A grubu düşük akış potansiyeline sahipken D grubu ise yüksek akış potansiyeline sahiptir (Çizelge 1).



Şekil 1. Çalışmada izlenen yöntem



Şekil 2. Çalışma alanı

Çizelge 1. Zemin türleri (SCS, 1993)

Grup	Zemin türü
A	En düşük akış verimli: Derin kum, löss, agrega ve siltler
B	Orta-düşük akış verimli: Sığ lös, kumlu bitkili toprak
C	Orta-yüksek akış verimli: Kil loamlar, sığ kumlu loam, organik içeriği düşük zeminler ve genellikle yüksek kil içerikli zeminler
D	En yüksek akış verimli: Islanınca önemlice şişen zeminler ve belirli tuzlu zeminler.

Arazi kullanım kabiliyeti (AKK) sınıfları haritası arazi eğimlerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Arazi eğiminin düz ve sarp olmasına göre AKK I ve VII arası değerler alır. I değeri, arazi eğimi düz olanları gösterirken VII değeri, sarp arazileri ifade etmektedir. Bölgeye ait arazi kullanım kabiliyeti sınıfları Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından elde edilmiştir.

Yüzey Akış Değeri

Yüzey akış değerlerinin hesaplanması için dijital ortamdaki (J: Jeoloji, T: Tarımsal Arazi Kullanım

Kabiliyeti-AKK, H: Arazi Kullanımı-AK) CBS veritabanına aktarılır.

Bu veriler birleştirme analizleri ile birleştirilerek üç farklı bilgi kategorisinin bilgilerini taşıyan poligon altkümeleri elde edilir.

Bu veri kategorileri ile (J: $j_1 \rightarrow j_R$, H: $h_1 \rightarrow h_K$, T: $t_1 \rightarrow t_L$) yapılan konumsal analizler neticesinde yüzey akışını temsil edecek alt kümeler X: $x_1 \rightarrow x_N$ formatında gösterilmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yüzeysel akışı hesabı için konumsal analizler neticesinde üretilen alt kümeler (X)

J	T	H	X	EN
$j_1 \rightarrow j_R$	$t_1 \rightarrow t_L$	$h_1 \rightarrow h_K$	$x_1 \rightarrow x_N$	$en_{x_1} \rightarrow en_{x_N}$
j_1	t_1	h_1	x_1	en_{x_1}
j_r	t_l	h_k	x_n	en_{x_n}
...
j_R	t_L	h_K	x_N	en_{x_N}

Birleştirme analizleri ve yeniden sınıflandırma işlemleri sonucunda oluşturulan her bir kategori (x_n) için tek bir yüzeysel akış numarasının (en_{x_n}) hesaplanması gerekmektedir. Bu uygulama arazi kullanım değişimi yapılan yıllar için hesaplanır. Havza için yüzeysel akış numarası belirlenirken oluşan tüm poligonların alansal büyüklüğü (a_{x_n}) hesaba

katılır. Alansal büyüklük oranınca, en_{x_n} değeri hesaba katılarak, alan ağırlıklı yüzeysel akış numarası hesaplanır. Bu süreçte poligonun alanına a_{x_n} denir ve bu poligona atfedilen eğri numarası en_{x_n} olarak ifade edilirse, ilgili havzaya ait ortalama yüzeysel akış değeri (1) formülü ile hesaplanır (SCS, 1993).

$$EN = \frac{\sum_{n=1}^N a_{x_n} en_{x_n}}{\sum_{n=1}^N a_{x_n}} \quad (1)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sınıflandırma ve Doğruluk

Landsat uydu görüntülerinde ilk önce kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Örnek bölgelerin toplanması sırasında örnekleme seçimini daha kolay yapabilmek ve kullanılan değişik yıllara ait uydu görüntülerinin bantlar arası korelasyonu azaltmak için "Temel Bileşenler Analizi" uygulanmıştır. Böylelikle tespit edilen altı sınıfa ait örneklemeler toplanmıştır. Toplanan örnekleme işleminden sonra "En Yüksek Olasılık" kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Bu işlem adımından sonra yapılan sınıflandırma işlemlerin doğruluğunun araştırması yapılır.

Çalışma bölgesinde tespit edilen 6 sınıf için 200 kontrol noktası rasgele oluşturulmuştur. Çizelge 1'de,

rasgele seçilen 200 kontrol noktasının her biri için sınıflandırılan görüntü ile referans veri karşılaştırılması yapılmış ve sınıflandırmanın genel doğruluğu tespit edilmiştir. Genel doğruluğun yanında aynı zamanda göz önünde bulundurulması gereken bir diğer kriter olan Kappa (κ) değeri hesaplanmıştır. Kullanılan her bir uydu görüntülerinden elde edilen genel doğruluk ve Kappa doğrulukları Çizelge 3'de verilmiştir. %80'in üzerinde hesaplanan Kappa değeri sınıflandırma derecesinin iyi olduğunu, %40'ın altındaki hesaplanan değerlerde ise sınıflandırma derecesinin kötü olduğunu gösterir (Congalton and Green, 1998).

Çalışma alanında kullanılan uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen arazi kullanım haritalarına ait değişim matrisi Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Elmalı havzası için sınıflandırma doğruluğu sonuçları

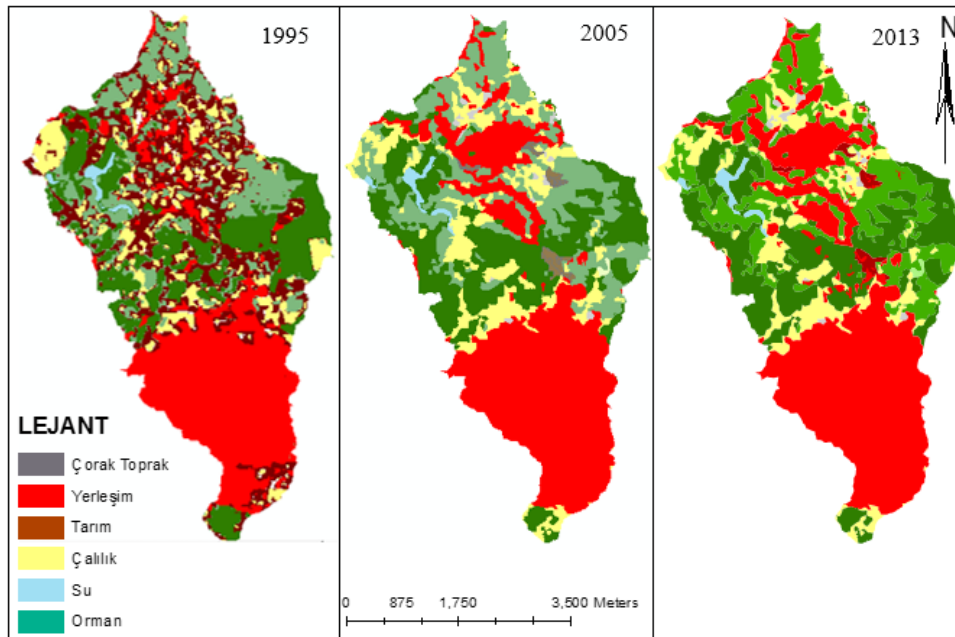
Uydu Görüntüleri	Genel doğruluk (%)	Kappa (%)
1995 Landsat ETM	82	89
2005 Landsat ETM	83	86
2013 Landsat ETM	86	91

Çizelge 4. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen arazi kullanım değişim matrisi

Sınıf/Yıl	1995		2005		2013	
	ha	%	ha	%	ha	%
Çorak Toprak	92	1	61	1	59	1
Tarım	423	5	117	1	84	1
Orman	4135	50	3778	45	3757	45
Yerleşim	2444	29	3233	39	3378	40
Su	97	1	72	1	72	1
Çalılık	1150	14	1080	13	991	12
Toplam	8341	100	8341	100	8341	100

Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5, Çizelge 4’de gösterilen değişim matrisinin tematik harita olarak gösterimidir. Şekil 6 ise Elmalı havzasındaki yapılaşmanın yoğunluğunu görüntülemektedir. Çizelge 2 ve Şekil 3 - 6’da uydu görüntülerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen arazi kullanım değişim değerleri incelendiği zaman, 1995-2013 yılları arasında Elmalı havzasında

planların uygulanamamasından kaynaklanan plansız bir arazi kullanım değişimi olduğu gözlenmektedir. 1995-2013 yılları arasında toplam alana göre en fazla etkilenen alanların dağılımı göz önüne alındığında, yerleşim alanları %29’dan %40’a yükselmiş iken, tarım alanları %5’den %1’e, ormanlık alanlar ise %50’den %45’e düşmüştür.



Şekil 3. 1995 yılı Elmalı havzası arazi kullanımı

Şekil 4. 2005 yılı Elmalı havzası arazi kullanımı

Şekil 5. 2013 yılı Elmalı havzası arazi kullanımı



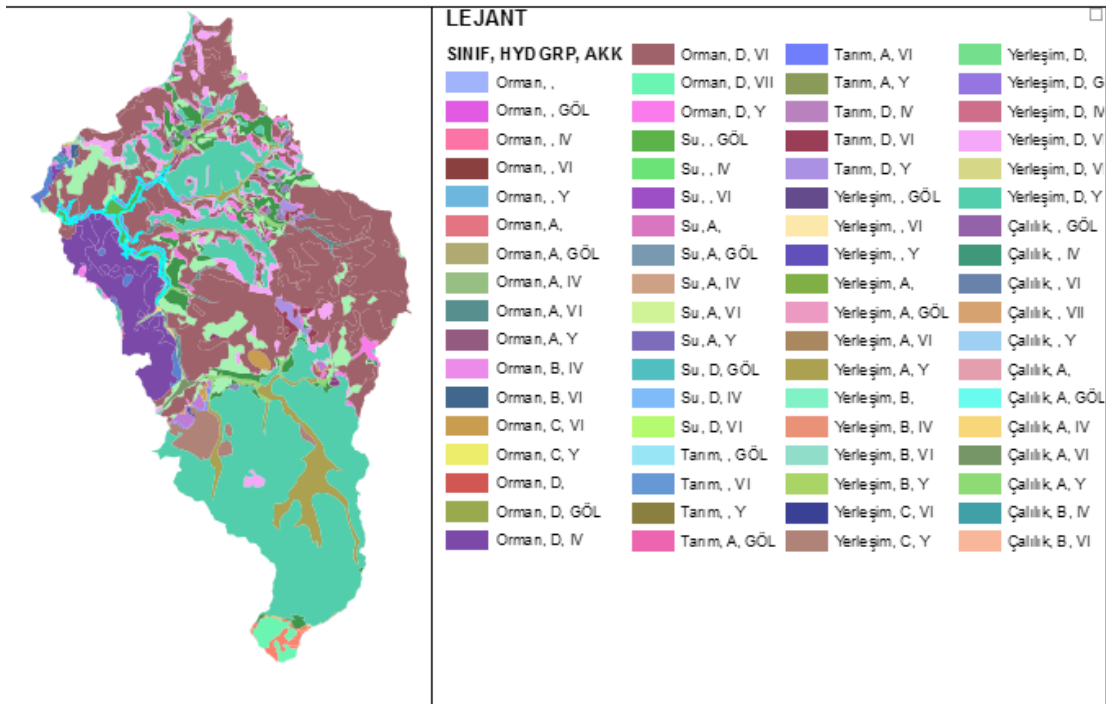
Şekil 6. Elmalı havzası yerleşim alanı

Yüzey Akış Değerlerine ait bulgular

Şekil 7, jeoloji katmanından elde edilen geçirimsizlik seviyelerini temsil eden hidrolojik toprak gruplarını (HTG) göstermektedir. Jeoloji katman bilgileri Çizelge 1’de temsil edilen A, B, C, D olmak üzere dört çeşit toprak gruplarına dönüştürülmüştür. Şekil 8, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiş, I’den VIII’e kadar farklı rakamlarla ifade edilen Tarımsal Arazi Kullanım Kabiliyeti (AKK) bilgilerini göstermektedir. Şekil 9, Şekil 3-5’te elde edilmiş olan veri katmanlarının konumsal analizler sonucunda oluşan poligonları göstermektedir. Çizelge 5 ise, Elmalı havzasının arazi kullanım değişiminin hesaplanmış olduğu 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait yüzey akış

numaralarını göstermektedir. Buna göre 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait yüzey akış numaralarını sırasıyla %74, %81 ve %85 olarak bulunmuştur. Çizelge 5’de, 1995-2013 yılları arasında arazi kullanım değişimindeki farklılıklar yüzey akışını da etkilemiştir.

Türkiye İstatistik Enstitüsü verilerine göre İstanbul, en fazla göç alan dünyanın en büyük metropollerinden biridir. Kontrol edilemeyen göçler beraberinde ormanlık alanlar, tarım alanları ve su havzaları gibi doğal kaynaklar kontrolsüz ve plansız yapılaşmaya maruz kalmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Elmalı Havzası, Beykoz İlçesi Çavuşbaşı Bölgesi içerisinde bulunmaktadır. Bölge, 1980’li yıllardan itibaren yoğun biçimde göç almıştır.



Şekil 9. Elmalı havzası yüzey akış tespitine esas bilgi kategorileri haritası

Çizelge 5. Elmalı Havzası için hesaplanan yüzey akış özet tablosu

Havza Adı	Bulunduğu Dere Adı	Yıllar	Eğri Numarası (%)
Elmalı Havzası	Göksu	1995	74
		2005	81
		2013	85

Meydana gelen plansız yapılaşmalar ciddi boyutlara ulaştıkça Çavuşbaşı, Kültür Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Müdürlüğünün 1995 tarihli kararı ile sit alanı ilan edilmiştir (KTVKK, 1995). Bunlara rağmen Elmalı havzası kentleşmenin etkisi altında kalmış, tarım

ve orman alanları hızla yerleşim alanlarına ve organize sanayi bölgelerine dönüşmüştür. Çizelge 6'da verilen Türkiye İstatistik Kurumu verileri incelendiği zaman 1990-2000 yılları arasında Çavuşbaşı bölgesinin nüfusundaki %236 oranında ciddi derecede bir artışın olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6. Çavuşbaşı'nın yıllara göre nüfus bilgileri (TUIK, 2014)

Yıl	Nüfus	% Değişim
1965	1445	
1970	1501	4
1975	1981	32
1985	2841	43
1990	4693	65
2000	15753	236
2007	19539	24

Çalışma alanının arazi kullanım değişimi sadece nüfus faktöründen kaynaklanmayıp, aynı zamanda bölgeden geçen ulaşım ağı ve sanayi yatırımlarının da etkisi büyük olmuştur. Şekil 2'de gösterildiği üzere TEM otoyolu Elmalı havza koruma alanlarının içinden geçmektedir. TEM otoyolu, Elmalı havzasının güney yönünden geçerek Şekil 3-5'de görüldüğü üzere arazi kullanım değişimini hızlandırmış, plansız yapılaşmayı artırarak doğal kaynakların zarar görmesine neden olmuştur. Geymen'in (2013) yılında yapmış olduğu çalışmasında çok büyük bir kısmı su toplama havzalarında kalan 3. Boğaz Köprüsü'nün bağlantı yollarının İstanbul'un önemli içme suyu rezervleri olan Ömerli, Elmalı, Darlık, Alibeyköy, Büyükçekmece, Sazlıdere ve Terkos havzalarından geçtiğini ve bu durumun su havzalarını yoğun yapılaşma baskısı altında bırakacağını tespit etmiştir (Geymen, 2013). Dudullu Organize Sanayi Bölgesi ise Elmalı havzasının güney kısmında tesis edilmiştir. Bu yatırımlar, Dudullu ve Çekmeköy'de devlet arazileri üzerinde kaçak yapıların oluşmasına sebep olmuştur. Sonuçta, su havzaları,

otoyol, organize sanayi ve yoğun yerleşim alanlarından oluşan bir kirlilik meydana gelmiştir.

Günümüze kadar geçen süreç içerisinde su havzalarıyla ilgili yönetmelikte bölgede yapılaşmayı önlemek için bazı değişiklikler yapılmış ise de gelen imar aflarının içerikleri su havzalarındaki yapılaşmayı engelleyememiştir. Önlenemeyen kaçak yapılaşmalarla bu bölgelerde yeni belediyelerin oluşmasına neden olmuştur.

Metropol alanındaki bu denli yoğun nüfus hareketleri bölgede bir takım yeni problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Metropol alanındaki bu problemleri çözmek için ise bölgede yeni projeler ve yatırımlar yapılmış ve bundan en büyük etkiyi su havzalarındaki yaşam kaynağı olan doğal kaynaklar görmüştür. Su kaynakları içerisindeki doğal kaynakların tahrip olması da yukarıda belirtilen problemlerin yanında aynı zamanda havzada suyun yüzey akışını da etkilemiştir. Çizelge 5'de gösterilen bu su yüzey akışındaki değişimler sel, heyelan ve taşkın gibi bir

takım doğal felaketlerin oluşmasına neden olmaktadır. Doğal kaynakların zarar görmesi doğal felaketler olarak karşımıza çıkmakta can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Suyun geçirgenliğinde doğal kaynaklar bu anlamda önemli bir rol oynamaktadırlar. İstanbul'un çevre düzeni plan raporu sentez çalışmasında, Sultanbeyli İlçesi'nin en çarpıcı ve olumsuz örnek konumunda olduğu, bununla birlikte bu yakada yerleşimlerin genellikle doğal yaşamı tehdit eder nitelikte gelişme gösterdiği görülmekte olduğu Beykoz İlçesi'nde; İstanbul Boğazi kıyısı ve Elmalı Havzası'nın riskli olduğu ifade edilmektedir.

SONUÇ

Günümüz teknoloji ile elde edilen uydugörüntüleri, özellikle geniş alanların değerlendirilmesinde kullanılabilir en iyi verilerden birisidir. Uydu görüntülerinin vektör veri haline getirilebilmesi için bazı aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Ancak bu aşamalar neticesinde topografya üzerinde meydana gelen arazi kullanım değişiklikleri takip edilebilmektedir.

Bu çalışmada Elmalı su havzasındaki yaşam kaynağı olan doğal kaynakların kullanım değişiklikleri araştırılmıştır. Havza alanında Çizelge 3'de görüldüğü üzere 1995-2013 yılları arasında toplam alana göre en fazla etkilenen alanların dağılımı göz önüne alındığında, yerleşim alanları %29'dan %40'a yükselmiş iken, tarım

alanları %5'den %1'e, ormanlık alanlar ise %50'den %45'e düşmüştür. Doğal kaynakların bu değişimi Çizelge 5'de görüldüğü üzere yüzey akış değerlerinin büyümesine neden olmuştur. Çalışma sonucunda, havza alanında göç ve yatırım faaliyetlerin bu oranda yoğunlaşması, doğal kaynaklar üzerinde negatif etki yaparak tahrip edildikleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda Elmalı su havzası sınırlarındaki kamuya ait arazilerinin işgal edilmesinde TEM otoyolu, Boğaz Köprüsü ve Dudullu Organize Sanayi Bölgesinin de katkısının olduğu görülmüştür. Bölgeye yapılan büyük yatırımlar ve organize sanayi bölgeleri yeni yerleşim alanlarının oluşmasına katkı sağlamıştır. 5 veya 10 yıllık periyotlarla iklim değişikliği ve insan faaliyetleri kaynaklı arazi kullanım değişiklikleri tekrar ele alınmalı, yüzey akışındaki değişiklikler gözden geçirilerek gözlenecek yeni yağış kayıtlarıyla modelleme çalışmaları tekrar edilerek çalışmalar güncelleştirilmelidir. Neticede, yaşam kaynağı olan doğal kaynakların üzerindeki yerleşim alanların izlemesinde, arazi kullanım değişiminde, kaçak yapıların tespit edilmesinde, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yararlanılması doğal kaynakların düzenli planlanmasında önemli bir rol oynayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada veri temini konusunda bizlere yardımcı olan "Earth Resources Observation and Science (EROS) Center" teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akbulak C, Evren EA, Öztürk B, 2008. Gelibolu Yarımadası'nın kuzeybatı kıyılarında arazi kullanımının uzaktan algılama ile incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20: 42-50.
- Akova SB, 2004. Ergene Havzasında şehirler ve şehirleşme. Sosyoloji Dergisi, 3: 29-52.
- Bahadır M, 2011. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile Acıgöl Havzası'nın (Denizli- Afyonkarahisar) sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Afyonkarahisar.
- Bahadır M, 2012. Eber ve Akşehir Göllerinin bütünlük kıyı alanları yönetimi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 10 (1): 63- 89.
- Bahadır M, 2013. Işıklı Gölü Havzası'nda doğal ortam koşulları ve arazi kullanımına yansımaları. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 26: 1-20.

- Bahadır M, Özdemir MA, 2011. Climate trend analysis of the level changes of Iznik Lake in Turkey. Journal of Biology & Life Sciences, Volume 2-3.
- Canıberk M, Kiracı AC, 2014. Arazi kullanımının zamansal değişiminin tarihi ortofotolarla belirlenmesi: Elmalı havzası örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS sempozyumu, 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Congalton RG, Green K, 1998. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Second Edition, New York. 200 p.
- Dewan AM, Yamaguchi Y, 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote. Applied Geography, 29: 390-401.
- Dow CL, DeWalle D, 2000. Trends in evaporation and Bowen ratio on urbanizing watersheds in eastern United States. Water Resources Research, 36:1835-1843.

- Filiz M, Kılıç M, Özer U, 2001. İzmir Metropol etkileşim alanı ile yakın çevresi, su havzaları ve koruma alanlarındaki yapılaşmanın kentsel ve kırsal yerleşim üzerindeki etkileri. I. Türkiye Su Kongresi, 8-10 Ocak 2001, İstanbul.
- Geymen A, 2013. Impacts of Bosphorus Bridges on the Istanbul Metropolitan settlement areas. *Land Degradation & Development*, 24: 156-169.
- Geymen A, Küçükmehtemoğlu M, Baz İ, 2006. İstanbul metropolitan alanındaki hızlı kentleşmenin su havzalarına olan etkilerinin incelenmesi. 1. Uzaktan Algılama ve CBS Çalıştayı, 27-29 Kasım 2006, İstanbul.
- Gözenç S, 1978. Küçük Menderes Havzasında Arazinin Kullanılışı ve Sınıflandırılması. İstanbul Edebiyat Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Güleryay AE, 2013. Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa Merkez İlçesi Örneği (1986-2010). *Turkish Studies Academic Journal*, 8: 1915-1934.
- Güleryay AE, 2001. Gömeç Ovası'nda bugünkü arazi kullanımı ile arazi sınıflandırılması arasındaki ilişkiler. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132s.
- Güleryay AE, 2008. Bakırçay Havzası'nda doğal ortam koşulları ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiler. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 159s.
- Güleryay AE, 2010. Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa merkez ilçesi örneği (1986-2010). *Turkish Studies-International Periodical for the Languages-Literature and History of Turkish*, 8:1915-1934.
- Gürbüz M, Denizdurduran M, Karabulut M, Kızılelma Y, 2012. Uzaktan algılama ve CBS kullanarak Elbistan Ovasında arazi kullanımı/razi örtüsünde meydana gelen değişimlerin incelenmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30-37.
- IMP, 2006. Analysis of drinking and use water resources in the edition of preliminary etude works for 1/100000 scaled strategic planning.
- IPCC, 2013. Summary for policy makers. In: *Climate Change 2013: Cambridge University Press: Cambridge*.
- Kara F, Karatepe A, 2012. Uzaktan algılama teknolojileri ile Beykoz İlçesi (1986-2011) arazi kullanımı değişim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi* 25: 378-389.
- Karakuyu M, 2004. Şehirleşmenin küresel iklim sapmaları ve taşkınlar üzerindeki etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 6: 25-33.
- Kaya Ö, Toroğlu E, 2015. Monitoring urban development of Kayseri and change detection analysis. *Türk Coğrafya Dergisi*, 65: 87-96.
- KTVKK, 1995. Kültür Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Müdürlüğü. <http://www.kulturvarliklari.gov.tr>. (Erişim tarihi: 15 Şubat, 2016).
- Liu Y, 2009. Modeling Urban Development Geographical Information Systems and Cellular Automata. Third Edition, New York, USA. 186 p.
- Özdemir MA, Bahadır M, 2008. Yalova İli'nde arazi kullanımının zamansal değişimi (1992-2007). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, 17: 1-15.
- Özdemir MA, Bahadır M, 2010. Uzaktan algılama ile Acıgöl Havzası'nda arazi kullanımının zamansal değişim analizi (1975-2005). *The Journal of International Social Research* 3(12).
- Özşahin E, 2013. CBS kullanılarak Hatay ili heyelan duyarlılık analizi. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4 (1): 47-59.
- Özşahin E, 2014. Tekirdağ ilinde coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi. *Humanitas International journal of social science*, 2: 100-110.
- Öztürk D, Şişman A, Erdem EM, Şişman Y, 2010. Detection of land-use/land-cover changes using remote sensing and GIS in Atakum, Samsun. VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 3-5 Kasım 2010, Ankara.
- SCS, 1993. Hydrology – National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- Sandalcı M, Yüksel İ, 2011. İklim değişikliğinin Türkiye'deki göller ve barajlar üzerindeki etkisi. *Yapı Dünyası Dergisi*, 181(25): 29, 2011.
- Şener M, Altıntaş B, Kurc HC, 2013. Planning and controlling of hazelnut production areas with the remote sensing techniques. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16: 55-64.
- Shalaby A, Tateishi R, 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern Coastal Zone of Egypt. *Applied Geography*, 27: 28-41.
- Simmons DL, Reynolds RJ, 1982. Effects of urbanization on base flow of selected south-shore streams, Long Island, New York. *Water Resources Bulletin*, 5:797-805.
- TUIK, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus Sayım Bilgileri. www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059 <http://tuikapp.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul>. (Erişim tarihi: 25 Şubat, 2016).
- Türkeş M. 2012. Küresel iklim değişikliği ve çölleşme. S.1-42 Eğitim Kitap: Ankara
- Topaloğlu RH, Ekercin S, 2013. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama entegrasyonu ile Konya Kapalı Havzası'nda arazi örtüsü/kullanımı zamansal değişimlerinin belirlenmesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13 Kasım 2013, Ankara.
- Wu Q, Li H, Wang R, Paulussen J, He Y, Wang M, Wang Z, 2005. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78: 322-333.
- Yıldırım Ü, Kılıç F, 2006. Uzaktan algılama yöntemleri ile Afyonkarahisar'ın şehirselleşiminin izlenmesi. Fatih Üniversitesi 4.Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 13 – 16 Eylül 2006. İstanbul
- Yılmaz S, Marangoz AM, Şekertekin A, Oruç M, Kutoğlu ŞH, 2015. Uzaktan algılama teknikleri ile Zonguldak ili kentsel gelişiminin izlenmesi ve alternatif yerleşim alanlarının belirlenmesi. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015, Konya. <http://remotesensing.usgs.gov/about.php>. (Erişim tarihi: 10 Ocak, 2016).

Reaktif Pudra Beton ile İnşa Edilecek Rijit Yol Kaplamasının Maliyet Hesaplaması

Abdulrezzak BAKIŞ¹, Fatih HATTATOĞLU², Osman Ünsal BAYRAK²

ÖZET: Bu çalışmada, rijit kaplama kalınlık ve maliyet hesaplamaları için, C30/37 betonu, lifli Reaktif Pudra Beton (Lifli RPB) ve lifsiz Reaktif Pudra Beton (Lifsiz RPB) olmak üzere 3 tip beton seçilmiştir. Betonların basınç ve eğilme dayanım sonuçlarıyla, beton yol kaplama kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan beton yol kaplama kalınlık değerleri ile rijit kaplama maliyet hesapları yapılmıştır. Hesaplamalarda; 8.2 Ton Eşdeğer Tek Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı ($W_{8.2}$) 10×10^6 olan rijit yol kaplamasında, lifsiz RPB kaplama kalınlığı 17.15 cm, lifli RPB kaplama kalınlığı 17.17 cm ve C30/37 beton kaplama kalınlığı 23.04 cm olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, maliyet olarak $W_{8.2}=10 \times 10^6$ değerine göre 1 km uzunluktaki beton yol için, lifsiz RPB kaplama maliyetinin, C30/37 beton kaplama maliyetinden %19.51 daha ekonomik olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beton yol, reaktif pudra beton (rpb), rijit kaplama kalınlığı, rijit kaplama maliyeti

Cost Calculation of Rigid Pavement to Be Built With Reactive Powder Concrete

ABSTRACT: In this study, 3 types of concrete as C30/37 concrete, fibrous Reactive Powder Concrete (fibrous RPC) and non-fibrous Reactive Powder Concrete (non-fibrous RPC) were chosen for rigid pavement thickness and cost calculations. Concrete pavement thicknesses were calculated according to compressive and flexural strength results. Also calculated concrete pavement thickness values and rigid pavement cost calculations were done. In the study, non-fibrous RPC pavement thickness was calculated as 17.15 cm, fibrous RPC pavement thickness was calculated as 17.17 cm and C30/37 concrete pavement thickness was calculated as 23.04 cm in rigid pavement that is 8.2 Tones Equivalent Single-Axe Load Absolute Frequency ($W_{8.2}$) 10×10^6 . At the end of study, as cost for 1 km length of concrete pavement according to $W_{8.2}=10 \times 10^6$ value, it was found out that cost of non-fibrous RPC pavement is 19.51% more economic than the cost of C30/37 concrete pavement.

Keywords: Concrete road, reactive powder concrete (rpc), rigid pavement thickness, rigid pavement cost

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı, Bitlis, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Abdulrezzak BAKIŞ, abakis@beu.edu.tr

GİRİŞ

Rijit üstyapı, alt temel ve üzerine yapılan beton kaplamadan meydana gelmektedir. Rijit üstyapı tasarımında amaç, üstyapıdaki tabaka kalınlıklarını ve üstyapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemektir (Bayrak, 2007). Birçok kurum, yolun trafiğe açıldığında tek yöndeki günlük ticari taşıt sayısının 5000'den fazla olması halinde beton kaplama yapılmasını öngörmektedir (Tunç, 2007). Her geçen gün artan ticari taşıt sayıları göz önüne alınarak yakın gelecekte yol üstyapısı olarak beton kaplamaların yaygınlaşacağı beklenmektedir (Bakış, 2015). Betona lifler katılarak geleneksel kür işlemlerinin dışında özel kürler uygulanarak Ultra Yüksek Performanslı Betonlar üretilebilmektedir. Bu beton sınıfında bulunan betonlardan birisi Reaktif Pudra Betondur (RPB).

Reaktif Pudra Beton ifadesinde; pudra kelimesi, RPB'yi oluşturan malzemelerin pudra tane boyutunda olmasından, reaktiflik kelimesi, puzolanik aktivitenin sıcak kür işlemi ile yeniden tekrarlamasından ve beton kelimesi ise diğer betonlar gibi çimento matrisli olmasından dolayı gelmektedir (İpek, 2009). Reaktif Pudra Beton (RPB), beton tipleri içerisinde en yüksek basınç ve eğilme dayanımına sahip, genellikle çimento, silis dumanı, kuvars kumu, kuvars tozu (pudrası), çelik lif, su ve süperakışkanlaştırıcılar ile özel kürler uygulanarak oluşturulan ultra yüksek performanslı bir betondur (Bakış, 2015). Normal çimento içerikli kompozitler ile karşılaştırıldığında RPB'nin en belirgin özelliği düşük boşluk oranı ve güçlendirilmiş çimento matrisidir (Dallaire et al., 1998). RPB, normal dayanımlı betonlara nazaran daha iyi direnç göstermektedir (Na-Hyun et al., 2012). RPB üretiminde sıkı tane yerleşimi hedefiyle agrega gradasyonu seçilebildiği gibi, kesikli granülometri işlenebilirlik artışı açısından önerilebilmektedir (Ünsal ve Şen, 2008; Yazıcı et al., 2008). RPB üretimlerinde agrega olarak genellikle kuvars kullanılmaktadır. Özel beton üretimleriyle basınç ve eğilme dayanımları düşük agregaların, beton yol kaplama inşasında kullanılabilirliği sağlanabilmektedir (Işık et al., 2015). RPB' de su/bağlayıcı oranı çok düşük olup 0.12-0.15 seviyesindedir (Roux et al., 1996; Bakış, 2015). Su/bağlayıcı oranı azaldıkça RPB'nin geçirgenliği azalmaktadır (Tam et al., 2012). Betona eklenen süperakışkanlaştırıcı gibi kimyasal katkı maddeleri, betonun bazı özelliklerini

iyileştirmek veya betona ek yeni özellikler kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. RPB' de su/bağlayıcı oranı çok düşük olduğundan en büyük sıkıntı karıştırma işleminde meydana gelmektedir. Karıştırma işleminin kolaylaştırılıp betona işlenebilirlik özelliğinin verilmesi için süperakışkanlaştırıcılar kullanılmaktadır. Üretimde beton karıştırma işlemine süperakışkanlaştırıcı etkisi kendini gösterene kadar devam edilmelidir. Süperakışkanlaştırıcı etkisi görülene kadar karışım sert kıvamda olup karıştırma işlemi zorlaşmaktadır. Süperakışkanlaştırıcı etkisi beton karıştırıcısının gücüne göre 10-15 dakika sürebilmektedir. Mikser gücü ve hızı arttığında karıştırma süresi kısalmaktadır. Süperakışkanlaştırıcı etkisi görüldüğünde ise karışım katı kıvamdan sıvı hale geçmektedir. RPB' de kullanılan çimento miktarına göre diğer malzeme miktarları ağırlıkça oranlandırılır. Çimento miktarına göre diğer malzemeler bu oranın ağırlıkça yüzdeleri şeklinde dilimlere ayrılır ve karışım oluşturulur (Bakış, 2015). RPB kaplamalar, normal betonlara nazaran daha yüksek basınç ve eğilme dayanıma sahip olduklarından daha düşük kalınlıkta inşa edilebilirler. Bu şekilde malzeme tasarrufu ve ekonomik kazanç sağlanır.

Rijit kaplama üretim maliyetinin düşürülmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, rijit üstyapı kaplaması için C30/37 betonu, lifli RPB ve liffsiz RPB olmak üzere 3 tip beton seçilmiştir. Deneysel olarak hesaplanan basınç ve eğilme dayanımlarına göre beton kaplama kalınlıkları bulunmuştur. Kaplama kalınlıkları göz önüne alınarak tüm rijit üstyapıların maliyet hesapları yapılmıştır. Çalışmada kaplama kalınlıkları ve maliyet hesaplama sonuçları göz önüne alınarak, rijit üstyapıların ekonomik karşılaştırması yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada tüm tip beton karışımlarında TS EN 197-1 standartlarına uygun CEM II A-M (P-L) 42.5 R türü çimento kullanılmıştır. RPB numuneler lifli ve liffsiz olmak üzere 2 tipte üretilmiştir. C30/37 kontrol numunesi için karışımda kırma taş kalker agregası, beton karışım suyu olarak şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

C30/37 Beton Karışım Oranları

C30/37 beton üretiminde karışıma giren miktarların kg cinsinden değerleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. C30/37beton karışım oranları

Malzemeler	Miktar (kg m ⁻³)
Çimento	450
0-4 mm	799
4-8 mm	385
8-16 mm	565
Su	189
TOPLAM	2 388

C30/37 normal dayanımlı beton numune kalıpları; basınç numuneleri için 150x150x150 mm, eğilme numuneleri için ise 50x50x300 mm'dir. Numuneler kalıplara şişlenerek yerleştirilmiştir. 24 saat sonra kalıptan çıkarılan C30/37 betonlar 28 günlük 20±1°C standart su kürüne alınmıştır.

Lifli ve Lifsiz Reaktif Pudra Beton Karışım Oranları

Literatürde Reaktif Pudra Betonların karışım tasarımı için yerli ve yabancı herhangi bir standarda

rastlanılmamıştır. Bu nedenle karışımı oluşturan taneli malzemelerin sıkı bir yapı oluşturacak şekilde oranlanması için farklı karışım teorileri kullanılmaktadır (İpek, 2009; Bakış, 2015). Bu teoriler, Mooney'in süspansiyon viskozite modelinden türemiştir (Larrard and Sedran, 1994; İpek, 2009; Bakış, 2015). Mooney'in modelinden faydalanılarak ortaya çıkan farklı karışım tasarımlarından genel olarak kullanılan oranlar 1 birim cinsinden Çizelge 2'de görülmektedir (Richard and Cheyrezy, 1995).

Çizelge 2. Tipik RPB betonların çimentoya göre karışımın oranları (Richard and Cheyrezy, 1995)

Malzemeler	RPB200				RPB800	
	Lifsiz		Lifli		Silis Agregalar	Çelik Agregalar
Portland Çimentosu	1	1	1	1	1	1
Silis Dumanı	0.25	0.23	0.25	0.23	0.23	0.23
Kum(150–600 µm)	1.1	1.1	1.1	1.1	0.5	-
Kırılmış Kuvars(d ₅₀ =10 µm)	-	0.39	-	0.39	0.39	0.39
Süperakışkanlaştırıcı	0.016	0.019	0.016	0.019	0.019	0.019
Çelik Tel (L=12 mm)	-	-	0.175	0.175	-	-
Çelik Tel (L=3 mm)	-	-	-	-	0.63	0.63
Çelik agregalar(< 800 µm)	-	-	-	-	-	1.49
Su	0.15	0.17	0.17	0.19	0.19	0.19

RPB konusu hakkında ilk çalışmaları yapan araştırmacılar RPB'yi RPB200 ve RPB800 olmak üzere iki tip olarak isimlendirmişlerdir. Bunlarda RPB200 olarak adlandırılan tip normal beton üretim teknikleri ile üretilebilirken RPB800 normal betondan farklı

üretim teknikleri ile üretilmektedir. Bu çalışmada RPB karışımlarında Mooney'in süspansiyon viskozite model oranlaması göz önüne alınmıştır. Lifsiz RPB karışım oranları Çizelge 3'de görülmektedir.

Çizelge 3. Lifsiz RPB karışım oranları

Malzemeler	Miktar (kg m ⁻³)
Çimento	821
Silis Dumanı	189
Kuvars Kum (0.15-0.6 mm)	902
Kuvars Pudra (0-0.045 mm)	320
Süperakışkanlaştırıcı	16
Su	140
TOPLAM	2 388

Lifli RPB karışım oranları Çizelge 4’de görülmektedir.

Çizelge 4. Lifli RPB karışım oranları

Malzemeler	Miktar (kg m ⁻³)
Çimento	769
Silis Dumanı	177
Kuvars Kum (0.15-0.6 mm)	845
Kuvars Pudra (0-0.045 mm)	300
Süperakışkanlaştırıcı	15
Çelik Lifler (L=22 mm) (Çap=0.55 mm)	135
Su	147
TOPLAM	2 388

Numune kalıpları basınç numuneleri için 50x50x50 mm, eğilme numuneleri için 50x50x300 mm’dir. Tüm üretimlerde priz süresince herhangi bir sıkıştırma basıncı uygulanmamıştır. Numuneler kalıplara şişlenerek yerleştirilmiştir. 24 saat sonra kalıptan çıkarılan lifli ve lifsiz RPB’ler, 28 günlük 20±1°C standart su kürüne alınmıştır. C30/37 beton, lifli ve lifsiz RPB numunelere 28 günlük 20±1°C standart su kürü sonrası basınç ve eğilme deneyleri uygulanmıştır (TS EN 12390-3, 2010; TS EN 12390-5, 2010).

Rijit Üstyapı Kaplama Kalınlık Hesap Yöntemi

Deneyisel çalışmalardan sonra rijit üstyapıların beton kaplama kalınlık ve üstyapı maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

Çalışmada C30/37 betonu, lifli ve lifsiz RPB’ler rijit yol kaplaması olarak değerlendirilmiştir.

Rijit kaplamanın performansı için AASHTO yol testinden Eşitlik 1 elde edilmiştir (AASHTO, 1993):

$$\log W_{8,2} = Z_R S_o + 7,35 \log(D+1) - 0,06 + \log[\Delta PSI / (4,5-1,5)] / 1 + [1,624 \cdot 10^7 / (D+1)^{8,46}] + (4,22 - 0,32 P_f) \log(S_c' C_d [D^{0,75} - 1,132] / 215,63 J [D^{0,75} - [18,42 / (E_c / k^{0,25})]]) \quad (1)$$

Burada;

$W_{8,2}$: 8.2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekerrür sayısı

Z_R	: Standart normal sapma
S_o	: Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası
D	: Rijit plak kalınlığı, inç
ΔPSI	: $P_o - P_t$ (Servis kabiliyetinde azalma miktarı)
P_o	: Başlangıç servis kabiliyeti indeksi
P_t	: Nihai servis kabiliyeti indeksi
S_c'	: Betonun Kopma Modülü (Eğilmede çekme mukavemeti), psi
J	: Yük transfer katsayısı
C_d	: Drenaj katsayısı
E_c	: Betonun Elastisite Modülü, psi
k	: Yatak katsayısı, psi

Tüm rijit kaplama kalınlık hesaplamalarında standart olarak $W_{8,2} = 10 \times 10^6$ alınmıştır. Güvenilirlik seviyesi ve güvenilirliğin standart normal sapması (Z_R) yolun sınıfına bağlı olarak Çizelge 5'den seçilmektedir (Güngör ve Sağlık, 2008).

Çizelge 5. Tavsiye edilen güvenilirlik değerleri (Güngör ve Sağlık, 2008)

Yolun Sınıfı	Şartname Güvenilirlik Değeri R %	Standart Normal Sapma Z_R
Otoyollar	95	-1.645
Devlet Yolu	85	-1.037
İl Yolu	70	-0.524

Çizelge 5' de görüldüğü gibi, tüm rijit kaplama kalınlık hesaplamalarında Standart Normal Sapma (Z_R) değeri %85 güvenilirlik değerine göre -1,037 alınmıştır. Güngör ve Sağlık (2008)' e göre trafik ve performans tahmininin bileşik toplam standart sapma (S_o) değeri ortalama 0.45 alınabilmektedir. Tüm rijit kaplama kalınlık hesaplamalarında trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası (S_o) değeri 0.45, $P_o = 4.5$ ve $P_t = 2.5$ alınmıştır. Tüm rijit kaplamaların Kopma Modülü (S_c') (Eğilmede çekme

mukavemeti), eğilme deneyleri sonucu hesaplanan eğilme dayanım değerleridir. Bu değerler eğilme deney cihazında MPa cinsinden hesaplanmıştır. Kalınlık hesaplamalarında MPa birimi Eşitlik 1 gereği psi birimine dönüştürülmüştür. Beton kaplamanın derzlerde veya çatlaklarda yükü dağıtabilme yeteneği için yük transfer katsayısı (J), bir parametre olarak göz önüne alınmaktadır (AASHTO, 1993). Çizelge 6'da yük transfer katsayıları verilmiştir. J değeri tüm hesaplamalarda 2.9 alınmıştır.

Çizelge 6. Tavsiye edilen yük transfer katsayıları (AASHTO, 1993)

Banket	Asfalt		Beton Kaplama	
Yük Transferi	Var	Yok	Var	Yok
Kaplama Tipi	J	J	J	J
Donatısız Derzli	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.8-4.2
Donatılı Derzli	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2
Sürekli Donatılı Derzsiz	2.9-3.2	-	2.3-2.9	-

Beton kaplamalarda drenaj katsayısı (C_d) gösterilmiştir. Tüm hesaplamalarda C_d değeri 1 için tavsiye edilen değerler, Çizelge 7’de olarak alınmıştır.

Çizelge 7. Tavsiye edilen drenaj katsayıları (AASHTO, 1993)

Drenaj Kalitesi	Suyun Uzaklaştırma Süresi	Kaplamanın Doğunluk Seviyesine Yakın Su İçeriğine Maruz Kaldığı Sürenin Yüzdesi			
		<%1	%1-5	%5-25	>%25
Çok iyi	2 saat	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
İyi	1 gün	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Vasat	1 hafta	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Kötü	1 ay	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Çok Kötü	Dren yok	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Betonun Elastisite Modülünün, Eşitlik 2 ile bulunması önerilmektedir (TS500, 2000):

$$E_c = 3250 \sqrt{f_{ck}} + 14000 \quad (2)$$

Burada;

E_c : Betonun Elastisite Modülü (MPa)

f_{ck} : Betonun karakteristik silindirik basınç mukavemeti (MPa)

TS500 (2000)’e göre betonun karakteristik silindirik basınç mukavemeti, küp basınç mukavemetinin 0.8 katı alınabilir. Deneysel çalışmalar sonucu bulunan küp basınç dayanımlarının 0.8 katı alınarak, numunelerin karakteristik silindirik basınç mukavemetleri hesaplanmıştır. Eşitlik 2 ile numunelerin Elastik Modülleri hesaplanmıştır.

Esnek kaplamalarda zemin taşıma gücü Efektif Esneklik Modülü (M_R) ile tanımlanırken beton kaplamalarda ise zeminin taşıma gücü Efektif Yatak Katsayısı (Zemin Reaksiyon Modülü) ile tanımlanmaktadır. Zemin yatak katsayısı (k) ile Esneklik Modülü (M_R) arasında Eşitlik 3’de belirtilen ilişki vardır (Tunç, 2007):

$$k = M_R / 19.4 \quad (3)$$

Burada;

k : Yatak Katsayısı (Plaka yükleme deneyi ile) (psi)

M_R : Esneklik Modülü (Üç eksenli deney ile) (psi)

Rijit tüm kaplama üst yapı kalınlık hesaplamalarında, zemin özellikleri benzer kabul edilerek, M_R değeri 7500 psi alınmıştır. Zemin yatak katsayısı (k), Eşitlik 3 ile 387 psi olarak hesaplanmıştır. Tüm rijit kaplama kalınlıkları Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır. Hesaplama için gerekli tüm değerler Eşitlik 1’de yerine konularak rijit kaplama kalınlığı (D) hesaplanmıştır. Eşitlik 1 ile kaplama kalınlığı (D) inç olarak bulunmuş ve cm’ye çevrilmiştir. Rijit alt temel kalınlığı 20 cm alınmıştır.

Rijit Üstyapı Maliyet Hesaplama Yöntemi

Toplam platform genişliği 24 metre olan bölünmüş bir beton yolun 1 km maliyeti $W_{8.2} = 10 \times 10^6$ değerine göre hesaplanmıştır. Rijit üstyapı maliyet hesaplamalarında, C30/37 beton kaplama ile lifli ve liffsiz RPB yol kaplama tipleri değerlendirilmiştir. Tasarım hesapları, beton kesitinde yaklaşık %0.67 oranında donatı kullanılması gerektiğini göstermektedir (Edis, 2007). Çalışmada, C30/37 normal dayanımlı derzsiz ve sürekli donatılı beton kaplama maliyet hesaplamasında, 1 m³ betonda 60 adet ve 12 mm çaplı toplam 53.27 kg ağırlığında donatı kullanıldığı kabul edilmiştir. Çalışmada, C30/37 betonu için 1 m³ karışımda Çizelge 1’de, liffsiz RPB için 1 m³ karışımda Çizelge 3’de ve lifli RPB için ise 1 m³ karışımda Çizelge 4’de miktarları belirtilen malzemeler kullanılmıştır. Yolun toplam yüzey alanı 24 000 m² olarak hesaplanmıştır. Tüm rijit üstyapı yol kaplamalarının sürekli donatılı-derzsiz olarak inşa edildiği varsayılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA**Basınç ve Eğilme Deney Sonuçlarına Göre Kaplama Kalınlık Hesaplaması**

Kaplama kalınlıkları Eşitlik 1'den hesaplanmıştır. Tüm sonuçlar Çizelge 8'de gösterilmiştir.

Çizelge 8. Numunelerin deney ve hesaplama sonuçları

Beton Tipi	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Eğilme Dayanımı (MPa)	Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Kaplama Kalınlığı (cm)
C30/37	37	4.55	30	31 801	23.04
Lifsiz RPB	75	7.27	60	39 174	17.15
Lifli RPB	106	7.38	84.8	43 928	17.17

C30/37 Betonu için karakteristik silindir basınç dayanımı hesabında, ortalama basınç dayanımının 0.8 katı alınarak $37 \times 0.8 = 30$ MPa olarak bulunmuştur. C30/37 Betonu için Elastisite Modülü, Eşitlik 2'den;

$E_c = 3250 \sqrt{30} + 14000 = 31\ 801$ MPa olarak bulunmuştur.

Lifsiz RPB için karakteristik silindir basınç dayanımı hesabında, ortalama basınç dayanımının 0.8 katı alınarak $75 \times 0.8 = 60$ MPa olarak bulunmuştur. Lifsiz RPB için Elastisite Modülü, Eşitlik 2'den;

$E_c = 3250 \sqrt{60} + 14000 = 39\ 174$ MPa olarak bulunmuştur.

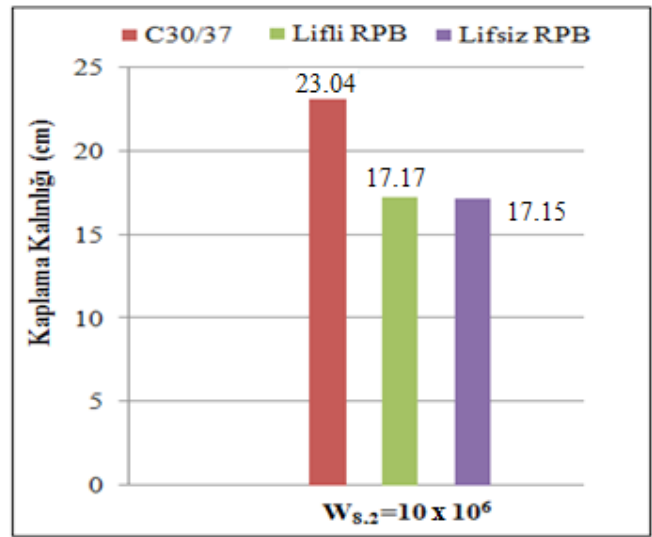
Lifli RPB için karakteristik silindir basınç dayanımı hesabında, ortalama basınç dayanımının 0.8 katı alınarak $106 \times 0.8 = 84,80$ MPa olarak bulunmuştur. Lifli RPB için Elastisite Modülü, Eşitlik 2'den;

$E_c = 3250 \sqrt{84,80} + 14000 = 43\ 928$ MPa olarak bulunmuştur.

Kaplama kalınlığı hesaplamalarında Eşitlik 1'de istenen tüm değerler yazılmış, hesaplama yapılarak kaplama kalınlıkları (D) inç olarak bulunmuştur. İnç birimi cm'ye çevrilerek Çizelge 8'e cm cinsinden yazılmıştır. Rijit alttemel kalınlığı esnek üstyapı alttemel kalınlığına eşit kabul edilerek 20 cm alınmıştır.

Tüm hesaplamalarda $W_{8.2} = 10 \times 10^6$, $Z_R = -1.037$, $S_o = 0.45$, $P_o = 4.5$, $P_t = 2.5$, $\Delta PSI = 2$, $C_d = 1$, $J = 2.9$ ve $k = 387$ psi alınmıştır. Tabaka kalınlığı hesaplamalarında numunelerin eğilme dayanımları önem taşımaktadır. Lifsiz ve lifli RPB'lerin eğilme dayanımları birbirine çok yakın çıkmıştır. Eğilme dayanımları birbirine yakın olmasından dolayı lifsiz ve lifli RPB'lerin kaplama kalınlıkları birbirine yaklaşık eşit değerlerde çıkmıştır. Kaplama kalınlığının belirlenmesinde basınç dayanım

değerlerinden ziyade eğilme dayanım değerleri önem taşımaktadır. C30/37 betonuyla karşılaştırıldığında C30/37 betonun eğilme dayanımı lifli ve lifsiz RPB'lere nazaran düşük çıktığından kaplama kalınlığı yüksek bulunmuştur. Lifli RPB kaplama, Lifsiz RPB kaplama ve C30/37 beton kaplama kalınlık karşılaştırması Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Üstyapı kaplama kalınlık karşılaştırması

Şekil 1'de eşit trafik yükü altında lifli ve lifsiz RPB kaplamanın, C30/37 beton kaplamaya nazaran daha düşük bir kalınlıkta inşa edilebileceği anlaşılmaktadır.

C30/37 Beton Kaplamalı Üstyapı Maliyet Hesabı

C30/37 beton kaplamalı üstyapı maliyet hesabı için 1 m³ karışımda Çizelge 1'de görülen malzeme

miktarları göz önüne alınmıştır. Yolun toplam yüzey fiyatlar Çizelge 9'da oluşturulmuştur. alanı 24 000 m² alınmıştır. Tabaka cinslerine göre birim

Çizelge 9. C30/37 tabaka cinslerine göre birim fiyatlar (KGM, 2014; ÇŞB, 2014)

Poz No	Tanım	Birim	Maliyet (TL)
KGM/16.023/K-1	Her Dozda Demirli Beton	m ³	55.21
KGM/6000	Ocak taşından konkasörle kırılmış malzeme ile alttemel yapılması	m ³	22.76
04.009/53C	Çimento zati bedeli	Ton	138
Y.23.014	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu bedeli ve işçilik	Ton	1 905.86

$W_{8.2}=10 \times 10^6$ değerine göre C30/37 normal dayanımlı beton yol kaplama kalınlığı Eşitlik 1 ile hesaplanarak 23.04 cm bulunmuştur. $W_{8.2}=10 \times 10^6$ değerinde, toplam platform genişliği 24 metre olan bölünmüş bir rijit yolun 1 km maliyeti Çizelge 10'da görülmektedir.

Çizelge 10. 1 km uzunluktaki C30/37 rijit üstyapı toplam maliyeti

$W_{8.2}=10 \times 10^6$, R=%85, Pt=2.5, C30/37 beton kaplama kalınlığı=23.04 cm, Alttemel= 20 cm, Çimento= 450 kg m ⁻³					
S.No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
1	Alttemel Yapılması	4 800	m ³	22.76	109 248
2	C30/37 beton kaplama dökümü	5 529.60	m ³	55.21	305 289
3	Çimento zati bedeli	2 488.32	Ton	138.00	343 388
4	Demir zati bedeli ve işçiliği	294.56	Ton	1 905.86	561 390
TOPLAM					1 319 315

Lifsiz RPB Kaplamalı Üstyapı Maliyet Hesabı

Lifsiz RPB kaplamalı üstyapı maliyet hesabı için 1 m³ karışımda Çizelge 3'de görülen malzeme miktarları göz önüne alınmıştır. Yolun toplam yüzey alanı 24 000

m² alınmıştır. Tabaka cinslerine göre birim fiyatlar Çizelge 11'de oluşturulmuştur.

Çizelge 11. Lifsiz RPB tabaka cinslerine göre birim fiyatlar (KGM, 2014; ÇŞB, 2014)

Poz No	Tanım	Birim	Maliyet (TL)
KGM/6000	Ocak taşından konkasörle kırılmış malzeme ile alttemel yapılması	m ³	22.76
KGM/16.002/K-1	Her Dozda Demirsiz Beton	m ³	55.11
04.009/53C	Çimento zati bedeli	Ton	138
04.379/B02	Yüksek Oranda Su Azaltıcı (Süperakışkanlaştırıcı)	Ton	1 584
04.007/A	Silis agrega	Ton	200

$W_{8,2}=10 \times 10^6$ değerine göre lifsiz RPB yol kaplama kalınlığı Eşitlik 1 ile hesaplanarak 17.15 cm bulunmuştur. $W_{8,2}=10 \times 10^6$ değerinde, toplam platform genişliği 24 metre olan bölünmüş bir geleneksel lifsiz RPB kaplamalı yolun 1 km maliyeti Çizelge 12'de görülmektedir.

Çizelge 12. 1 km uzunluktaki lifsiz RPB üstyapı toplam maliyeti

$W_{8,2}=10 \times 10^6$, R=%85, Pt= 2.5, Lifsiz RPB kaplama kalınlığı=17.15 cm, Alttemel= 20 cm, Çimento= 821 kg m ⁻³					
S.No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
1	Alttemel Yapılması	4 800	m ³	22.76	109 248
2	Lifsiz RPB kaplama dökümü	4 116	m ³	55.11	226 833
3	Çimento zati bedeli	3 379.24	Ton	138	466 335
4	Süperakışkanlaştırıcı	65.86	Ton	1 584	104 322
5	Silis dumanı bedeli	777.92	Ton	200	155 584
TOPLAM					1 062 322

Lifli RPB Kaplamalı Üstyapı Maliyet Hesabı

Lifli RPB kaplamalı üstyapı maliyet hesabı için 1 m³ karışımda Çizelge 4'de görülen malzeme miktarları

göz önüne alınmıştır. Yolun toplam yüzey alanı 24 000 m² alınmıştır. Tabaka cinslerine göre birim fiyatlar Çizelge 13'de oluşturulmuştur.

Çizelge 13. Lifli RPB tabaka cinslerine göre birim fiyatlar (KGM, 2014; ÇŞB, 2014)

Poz No	Tanım	Birim	Maliyet (TL)
KGM/6000	Ocak taşından konkasörle kırılmış malzeme ile alttemel yapılması	m ³	22.76
KGM/16.002/K-1	Her Dozda Demirsiz Beton	m ³	55.11
04.009/53C	Çimento zati bedeli	Ton	138
04.379/B02	Yüksek Oranda Su Azaltıcı (Süperakışkanlaştırıcı)	Ton	1 584
04.007/A	Silis agrega	Ton	200
04.375/04A	Çelik Lifler	Ton	2 244

$W_{8,2}=10 \times 10^6$ değerine göre lifli RPB yol kaplama kalınlığı Eşitlik 1 ile hesaplanarak 17.17 cm bulunmuştur. $W_{8,2}=10 \times 10^6$ değerinde, toplam platform

genişliği 24 metre olan bölünmüş bir lifli RPB kaplamalı yolun 1 km maliyeti Çizelge 14'de görülmektedir.

Çizelge 14. 1 km uzunluktaki lifli RPB üstyapı toplam maliyeti

$W_{8,2}=10 \times 10^6$, $R=\%85$, $P_t=2.5$, Lifli RPB kaplama kalınlığı=17.17 cm, Alttemel=20 cm, Çimento=769 kg m ⁻³ , Çelik lif=135 kg m ⁻³					
S.No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
1	Alttemel Yapılması	4 800	m ³	22.76	109 248
2	Lifli RPB kaplama dökümü	4 120.80	m ³	55.11	227 097
3	Çimento zati bedeli	3 168.90	Ton	138	437 308
4	Süperakışkanlaştırıcı	61.81	Ton	1 584	97 907
5	Silis dumanı bedeli	729.38	Ton	200	145 876
6	Çelik lif bedeli	556.31	Ton	2 244	1 248 360
TOPLAM					2 265 796

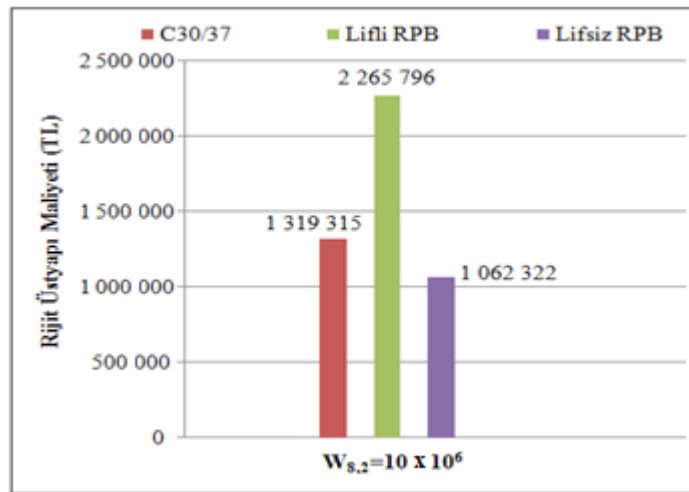
Lifsiz RPB kaplamalı üstyapı maliyeti Çizelge 15’de görüldüğü gibi C30/37 normal dayanımlı sürekli donatılı-derzsiz rijit üstyapı maliyeti ile kıyaslandığında,

lifsiz RPB kaplamalı üstyapıların ilk yapım maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 15. Rijit üstyapı maliyetleri

Üstyapı Tipi	Maliyet (TL)
C30/37	1 319 315
Lifli RPB	2 265 796
Lifsiz RPB	1 062 322

Şekil 2’de rijit üstyapı maliyet karşılaştırması görülmektedir.

**Şekil 2.** Rijit üstyapı maliyet karşılaştırması

Şekil 2’de eşit trafik yükü altında lifli RPB kaplama maliyetinin, C30/37 beton kaplama maliyetinden daha yüksek, lifsiz RPB kaplama maliyetinin ise, C30/37 beton kaplama maliyetinden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Lifli RPB karışımı içerisinde kullanılan çelik lifler, lifli RPB kaplama maliyetini artırmıştır.

SONUÇ

Rijit kaplama üretim maliyetinin düşürülmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, rijit üstyapı kaplaması için C30/37 betonu, lifli RPB ve lifsiz RPB olmak üzere 3 tip beton seçilmiştir. Numunelerin basınç deneyleri TS EN 12390-3 (2010)’a göre hesaplanmıştır. Numunelerin eğilme deneyleri ise TS EN 12390-5 (2010)’a göre hesaplanmıştır. Eğilme deneylerinde yüklemeler orta noktadan yüklemeli deney düzeneği tercih edilmiştir. Deneysel olarak hesaplanan basınç ve eğilme dayanımlarına göre beton kaplama kalınlıkları bulunmuştur. Kaplama kalınlıkları göz önüne alınarak tüm rijit üstyapıların maliyet hesapları yapılmıştır. Çalışmada kaplama kalınlıkları ve maliyet hesaplama sonuçları göz önüne alınarak, rijit üstyapıların ekonomik karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 28 günlük standart su kürü sonrası beton basınç dayanımı; lifli RPB’ de 106 MPa, lifsiz RPB’ de 75 MPa, C30/37 betonda ise 37 MPa olarak hesaplanmıştır. Lifsiz RPB’nin basınç dayanımının C30/37 beton basınç dayanımından yaklaşık 2 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Lifli RPB’nin basınç dayanımının ise C30/37 beton basınç dayanımından yaklaşık 3 kat daha yüksek olduğu görülmüştür.

- 28 günlük standart su kürü sonrası beton eğilme dayanımı; lifli RPB’ de 7.38 MPa, lifsiz RPB’ de 7.27 MPa, C30/37 betonda ise 4.55 MPa olarak hesaplanmıştır. Lifsiz RPB’nin eğilme dayanımının

C30/37 beton eğilme dayanımından yaklaşık 1.60 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Lifli RPB’nin eğilme dayanımının ise C30/37 beton eğilme dayanımından yaklaşık 1.62 kat daha yüksek olduğu görülmüştür.

- $W_{8.2}$ değeri 10×10^6 olan rijit üstyapıda, lifsiz RPB kaplama kalınlığı 17.15 cm, lifli RPB kaplama kalınlığı 17.17 cm ve C30/37 rijit kaplama kalınlığı 23.04 cm olarak hesaplanmıştır.

- RPB kaplamalar normal betonlara nazaran daha yüksek basınç ve eğilme dayanıma sahip olduklarından daha düşük kalınlıkta inşa edilebilirler. Bu şekilde malzeme tasarrufu ve ekonomik kazanç sağlanabilir.

- Maliyet olarak $W_{8.2}=10 \times 10^6$ değerine göre 1 km yol uzunluğu için, lifli RPB kaplamalı üstyapı maliyeti, C30/37 beton kaplamalı rijit üstyapı maliyetinden %71.74 daha yüksektir. Lifli RPB kaplama maliyetinin C30/37 beton kaplama maliyetinden daha yüksek çıkmasının sebebi, lifli RPB karışımında kullanılan çelik liflerdir. Fabrikasyon ürünü çelik lifler yerine sanayi atığı çelik liflerin kullanılmasıyla, lifli RPB üretim maliyetinin düşürülmesi mümkündür.

- Maliyet olarak $W_{8.2}=10 \times 10^6$ değerine göre 1 km yol uzunluğu için, lifsiz RPB kaplamalı üstyapı maliyeti, C30/37 beton kaplamalı rijit üstyapı maliyetinden %19.48 daha ekonomiktir. Çalışma sonucunda $W_{8.2}=10 \times 10^6$ değerine göre 1 km yol uzunluğu için, en ekonomik rijit üstyapı tipinin lifsiz RPB kaplamalı rijit üstyapı tipi olduğu görülmüştür.

- RPB kaplamaların basınç ve eğilme dayanımları yüksek olduğundan, havaalanı pistlerinde, terminallerin yüklemeler ve boşaltma alanlarında, otopark sahalarında, şehir içi ve şehir dışı tüm karayolu ulaşımında kullanılması mümkündür. RPB kaplama üretiminde bütünüyle yerel malzeme kullanılmaktadır. Üretimde yerel malzeme kullanılması ekonomik olarak tercih sebebidir.

KAYNAKLAR

- AASHTO, 1993. Guide for the Design of Pavement Structures. Washington, USA.
- Bakış A, 2015. Rijit yol üstyapı inşasında reaktif pudra betonun (rpb) kullanılabilirliğinin araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 193s.
- Bayrak OÜ, 2007. Rijit üstyapı tasarımına yeni bir yaklaşım. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1s.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014. Birim Fiyatlar. <http://www.csb.gov.tr> (Erişim Tarihi: 26 Ekim, 2014).
- Dallaire E, Aitein PC, Lachemi M, 1998. High-performance powder. Civil Engineering, ABI/INFORM Global, 68: 48-51.
- Edis E, 2007. Asfalt ve beton kaplamalı yolların maliyet yönünden karşılaştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 32s.
- Güngör AG, Sağlık A, 2008. Karayolları Esnek Üst Yapılar Projelendirme Rehberi. Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Işık E, Bakış A, Akıllı EA, Hattatoğlu F, 2015. Usability of ahlat stone as aggregate in reactive powder concrete. *Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research*, 4: 507-514.
- İpek M, 2009. Reaktif pudra betonların mekanik davranışına katılma süresince uygulanan sıkıştırma basıncının etkileri. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 24s.
- Karayolları Genel Müdürlüğü, 2014. Birim Fiyatlar. <http://www.kgm.gov.tr>. (Erişim Tarihi: 26 Ekim,2014).
- Larrard F, Sedran T, 1994. Optimization of ultra-high-performance concrete by the use of a packing model. *Cement and Concrete Research*, 24: 997-1009.
- Na-Hyun Y, Jang-Ho JK, Tong-Seok H, Yun-Gu C, Jang HL, 2012. Blast-resistant characteristics of ultra-high strength concrete and reactive powder concrete. *Construction and Building Materials*, 28: 694-707.
- Richard P, Cheyrezy M, 1995. Composition of reactive powder concretes. *Cement and Concrete Research*, 25: 1501-1511.
- Roux N, Andrade C, Sanjuan MA, 1996. Experimental study of durability of reactive powder concretes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 8: 899-1561.
- Tam CM, Vivian WY, Tam KM, 2012. Assessing drying shrinkage and water permeability of reactive powder concrete produced in Hong Kong. *Construction and Building Materials*, 26: 79-89.
- TS EN 12390-3, 2010. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini, Ankara.
- TS EN 12390-5, 2010. Beton – Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Ankara.
- TS500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Ankara.
- Tunç A, 2007. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları. 2.Baskı, Ankara, 840s.
- Ünsal A, Şen H, 2008. Beton Kaplama Blokları-Beton Parkeler-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları TS 2824 EN 1338. Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneyleri, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Malzeme Lab. Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Yazıcı H, Yiğiter H, Karabulut AŞ, Baradan B, 2008. Utilization of fly ash and ground granulated blast furnace slag as an alternative silica source in reactive powder concrete. *Fuel*, 87: 2401-2407.

Trend Analysis of Daily Maximum Rainfall Series in Çoruh Basin, Turkey

Fatih TOSUNOĞLU¹

ABSTRACT: In the present study, trends of daily maximum rainfall series in three time scales including annual, seasonal and monthly time series were investigated by using Mann-Kendall (MK), modified Mann-Kendall (mMK), Theil-Sen (TH) and Sequential Mann-Kendall (SMK) trend tests. These tests are applied to daily maximum rainfall data of five stations located Çoruh Basin, Turkey. The MK and mMK tests are employed to quantify significance of the trend, the TH test is used to determine magnitude of the trend and the SMK test is also applied for defining starting year of the significant trend. The results of the MK and mMK tests showed that there are considerable significant increasing trends of daily maximum rainfalls in months including January, March, July, August and October. However, significant decreasing trends were detected in daily maximum rainfalls of May and December. In annual and seasonal time scale, significant increasing trends were detected. The TH test also indicated that the highest magnitude of the negative trends was occurred in daily maximum rainfalls of December while the highest magnitude of the positive trends was found in daily maximum rainfalls of annual time scale. Furthermore, the SMK test revealed that the significant positive and negative trends mostly began in the mid-1980s and the early 1990s.

Keywords: Çoruh basin, daily maximum rainfalls, mann-kendall test, modified mann-kendall test, sequential mann-kendall test, theil-sen test

Çoruh Havza'sındaki Günlük Maksimum Yağış Serilerinin Trend Analizi

ÖZET: Bu çalışmada, yıllık, mevsimlik ve aylık üç zaman dilimindeki günlük maksimum yağışların trendleri Mann-Kendall (MK), modifiye edilmiş Mann-Kendall (mMK), Theil-Sen (TH) ve Mann-Kendall Sıra Korelasyon (MKSK) testleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu testler, Çoruh havzasında bulunan 5 adet istasyonun günlük maksimum yağış verilerine uygulanmıştır. MK ve mMK testleri trendlerin anlamlılığını belirlemede, TH testi trendin büyüklüğünü hesaplamada ve MKSK testi ise ele alınan verilerdeki anlamlı trendlerin başladığı yılları tespit etmede kullanılmıştır. MK ve mMK test sonuçlarına göre Ocak, Mart, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait günlük maksimum yağış değerlerinde istatistiksel anlamda bir artış varken Mayıs ve Aralık aylarının günlük maksimum yağış verilerinde ise istatistiki anlamda önemli azalışlar söz konusudur. Yıllık ve mevsimlik zaman ölçeğinde ise ele alınan verilerde istatistiksel anlamlı artış trendleri tespit edilmiştir. Ayrıca, TH testi günlük maksimum yağışlardaki en büyük negatif (azalış) trendin Aralık ayında, en büyük pozitif (artışın) trendin ise yıllık zaman diliminde meydana geldiğini belirtmektedir. Buna ek olarak, MKSK testinde bu tespit edilen anlamlı negatif ve pozitif trendlerin başlangıç yıllarının çoğunlukla 1980'lerin ortalarında ve 1990'ların başları olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çoruh havzası, günlük maksimum yağışlar, mann-kendall testi, mann-kendall sıra korelasyon testi, modifiye edilmiş mann-kendall testi, theil-sen testi

¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatih TOSUNOĞLU, ftosunoglu@erzurum.edu.tr

INTRODUCTION

Rainfall data is one of the most important variables used in hydrological science. Changes in rainfall data have crucial effects on various types of water resources problems, such as floods and droughts. Therefore, spatial and temporal trend assessment of rainfalls play important role for water resources designer and decision makers in a region. A number of studies conducted to detect spatial and temporal changes of rainfalls in many countries and regions. For this purpose, various statistical techniques have been defined and employed by researches. A brief review of these techniques (Khaliq et al., 2009; Sonali and Kumar, 2013) have demonstrated that parametric and non-parametric methods have been widely employed to detect significant trends in hydro-meteorological data. Among these, the Mann-Kendall test is one of the most widely used nonparametric method for detecting significant monotonic trends in rainfall time series. However, the Mann-Kendall test is not able to provide an estimate of trend magnitude and thus, Theil-Sen approach, which is another nonparametric method, is commonly used for quantifying the magnitude of the trend. Furthermore, to define the beginning of significant trend over time is also important case in trend detection studies. To achieve this aim, Sequential Mann-Kendall test, which is an extension of Mann-Kendall test, is usually used as powerful tool in literature. In Turkey, numerous efforts have been made in the past to detect trends in the hydro-meteorological variables (such as rainfall, streamflow, temperature, etc.). For instance, Turkes et al. (1995) investigated trends in the long-term annual mean air temperatures obtained from 85 climate stations in Turkey. They utilized four statistical tests and it was found that regional mean temperatures tend to be warmer in eastern Anatolia while the temperatures in the Marmara and Mediterranean regions tend to be cooler (some more temperature studies; Karaca et al., 1995; Kadioglu, 1997; Tayanc et al., 1997; Tecer and Cerit, 2009; Toros, 2012). Turkes (1996) studied trends in annual rainfall records from 91 stations uniformly distributed across Turkey in the period 1930-1993 and Mann-Kendall tests have pointed to significant decreasing trends in the rainfall series of Black Sea and Mediterranean regions (some more rainfall studies; Partal and Kahya, 2006; Turkes et al., 2009; Acar and Senocak, 2012; Ay and Kisi, 2015). Kahya and Kalayci (2004) searched trends in monthly streamflow data

obtained from 26 basins over Turkey and applied four non-parametric trend tests namely the Sen's T, the Spearman's Rho, the Mann-Kendall, and the Seasonal Kendall. The test results showed that there were significant decreasing trends for streamflows located in the regions of western and southeastern Turkey. (some more streamflow studies; Cigizoglu et al., 2005; Topaloglu, 2006; Yenigun et al., 2008; Şen, 2012; Saplioglu et al., 2014). The majority of the studies mentioned above have employed the annual mean or monthly mean data for trend analyses. However, a limited number of works on trend detection in maximum daily rainfall data have been reported in literature. Also, to the best knowledge of the author, there is not any published work in the literature related to application of trend tests to these variables in Çoruh basin where a number of water resources structures have been recently constructed or are under construction. Therefore, the purpose of the present study is to investigate the existing trends in daily maximum rainfalls for three time scales including annual, seasonal and monthly time series in Çoruh basin, Turkey. To achieve this aim, Mann-Kendall and modified Mann-Kendall tests are applied to detect monotonic trends, Theil-Sen is employed to quantify the magnitude of the trends and Sequential Mann-Kendall test is then used for defining the beginning time of significant trends in rainfall series.

MATERIAL AND METHODS

Çoruh basin, which is located in the northeast of Turkey, was selected as study area in this study. The basin covers an area of 19.748 km², which covers approximately 2.53% of Turkey. The mean annual rainfall for this basin is about 480 mm and terrain elevations in the basin, with reference to mean sea level, range from 30 to 2200 m (Yerdelen et al., 2010). The basin has gained more economic importance for Turkey as a number of the new water resources structures (dams and hydroelectric power plants) have been recently completed, or are already under construction. Therefore, any case study related to investigate changes in hydro-meteorological variables (especially rainfalls) is much more important now for water resources planners in the basin. In this study, daily maximum rainfall records of five meteorological stations (Bayburt, Ispir, Oltu, Tortum and Artvin) located in the basin were used for trend analyses. The location map of the study area and the stations used are given in Figure 1.



Figure 1. The study area and location of the stations

The daily rainfall records were provided by the Turkish State Meteorological Service for the period 1981-2011 (only for Oltu) and 1970-2011 (for others).

These data were also grouped into different seasons; winter (December-February), spring (March-May), summer (June-August) and fall (September-November).

As well as annual and monthly daily maximum rainfall, seasonal daily maximum rainfall were calculated from daily observations.

In this study, four statistical methods are used to analyze trends of rainfall series.

Mann-Kendall trend test

The Mann-Kendall test, which was originally developed by Mann (1945) and the test-statistic distribution was subsequently derived by Kendall (1975), is a rank-based non-parametric test for detecting a monotonic trend in a time series. Hydro-meteorological data (such rainfall, streamflow, temperature etc.) generally have a skewed distribution, it is more suitable to nonparametric methods than parametric methods for trend detection. Therefore, the Mann-Kendall have been widely used to evaluate the statistical significance of trends in these data series (Onoz and Bayazit, 2003; Modarres and da Silva, 2007; Kumar et al., 2010). The test statistics (S) is calculated as;

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1; & \text{if } x_j > x_i \\ 0; & \text{if } x_j = x_i \\ -1; & \text{if } x_j < x_i \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (2)$$

In Eq.(2), n denotes the length of the data set and x_i and x_j are the data values at times i and j. While positive values of the test statistics (S) show an increasing trend, negative values indicates an decreasing trends (Ay and Kisi, 2015). Then, following steps are employed to

evaluate the statistical significance of trend;

a- The null hypothesis (H_0) is assumed that data are independent and identically distributed random variables (no trend is present), while the alternative hypothesis (H_1) indicates a statistical significant trend.

If $n < 10$, the value of $|S|$ is compared directly to the theoretical distribution of S derived by Mann and Kendall

b- If $N > 10$, the statistic S is expected to be normal distribution with a mean of zero and variance which is calculated by

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^P t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

where P is the number of tied groups and the summary sign (\sum) indicates the summation over all tied groups and t_i is the number of data in the i^{th} (tied) group.

If data series do not have tied groups, this summation term is excluded from the equation. After, the standard Z value of the test statistics is calculated by;

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; & \text{if } S > 0 \\ 0; & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

If the calculated Z value is greater than the critical value of the standard normal distribution at the significance level of α , null hypothesis (H_0) should be rejected and it implies that there is a statistically significant positive or negative trend in the data series. According to Yue and Wang (2004), the Mann-Kendall test requires data under consideration to be randomly distributed. However,

hydro-meteorological time series usually exhibit statistically significant serial correlation which can have an effect the power of the test. Therefore, before applying the test, serial correlation structure should be checked. To check significance of serial correlation at 90% confidence intervals, the following equation can be used

$$-1.645/\sqrt{N} < r_1 < +1.645/\sqrt{N} \quad (5)$$

in which denotes the lag-1 autocorrelation coefficient and n indicates the number of observation in the data. If computed falls inside the above confidence interval at the 0.10 level of significance, the data series are assumed to be independent variables, otherwise the data series exhibit serial correlation. Based on Eq. (5), if a significant autocorrelation is

detected in data series, it would be more useful to apply modified version of the test statistic. In this study, we used the modified Mann-Kendall test which was introduced by Hamed and Rao (1998), to analyze trends in serial correlated data series. Variance of the modified Mann-Kendall trend test is computed as;

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \left[1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{k=1}^{n-1} (n-k)(n-k-2)r_k \right] \quad (6)$$

In this equation, r_k denotes the autocorrelation coefficient at lag k .

Theil–Sen trend test

In order to quantify the magnitude of the trend in

$$M = \text{median} \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad (7)$$

Where x_j and x_i are the data values at times j and i ($j > i$), respectively. The positive value of the M demonstrates the slope of the increasing trend and negative value for the decreasing trend.

Sequential Mann-Kendall trend test

In this study, Sequential Mann-Kendall (SMK) test,

a-The values of original data series, ($j=1, \dots, n$) are compared with ($i=1, \dots, j-1$). The number of cases $>$ is then counted for each comparison and

data series, Theil–Sen test, which was proposed by Sen (1968), is commonly used in hydrological and meteorological studies. According to this method, the trend magnitude can be calculated as follows;

which was introduced by Sneyers (1990), is employed to detect the beginning of any significant change in the rainfall series.

In the SMK test, sequential progressive series $u(t)$ and retrograde series $u'(t)$ are estimated using the following steps;

indicated by n_j .

b- The test statistics t_j , the mean and variance of the test statistics are computed by equations

$$t_j = \sum_1^j n_j, \quad E(t) = \frac{n(n-1)}{4}, \quad \text{Var}(t_j) = \frac{[j(j-1)(2j+5)]}{72} \quad (8-10)$$

c- The sequential progressive series $u(t)$ are then calculated as

$$u(t) = \frac{t_j - E(t)}{\sqrt{\text{Var}(t_j)}} \quad (11)$$

Similar to the calculation of progressive series $u(t)$, retrograde series $u'(t)$ are computed backwards starting from the end of the data series. Negative values of $u(t)$ or $u'(t)$ indicate a downward trend while positive values show an upward trend in the data series. To define any significant change, the values of $u(t)$ and $u'(t)$ are

plotted against time and the intersection point of these curves provides the approximate year at that time the trend begins. If $u(t)$ or $u'(t)$ curves exceed certain limits before or after this intersection point, it implies that there is a statistically significant trend (Nasri and Modarres, 2009; Rashid et al., 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

Mann-Kendall and modified Mann-Kendall test results

Before applying the Mann-Kendall test, lag-1 serial autocorrelation coefficients were computed for maximum daily rainfall series in monthly, seasonal and annual time scales. The computed lag-1 autocorrelations are shown in Figure 2. The 90% confidence limits were calculated by using Eq.5 and these limits are also represented in the graphs. According to these graphs, most of autocorrelation coefficients are found within these confidence levels

indicating the daily maximum series are independent variables. However, there are a few cases in which the autocorrelation coefficients placed outside the confidence bands implying that the presence of serial correlation. Therefore, in this part of the study, as well as Mann-Kendall (MK) test, modified Mann-Kendall (mMK) test was applied to examine significance of trend in seventeen daily maximum rainfall variables (i.e. one annual, four seasonal and 12 monthly). The results of the MK and mMK tests are summarized in Table 1 and Figure 3. 90% ($\alpha=0.1$ and $Z_{\alpha}=1.64$) and 95% ($\alpha=\pm 0.05$ and $Z_{\alpha}=\pm 1.96$) of level are used to check significance of increasing and decreasing trends.

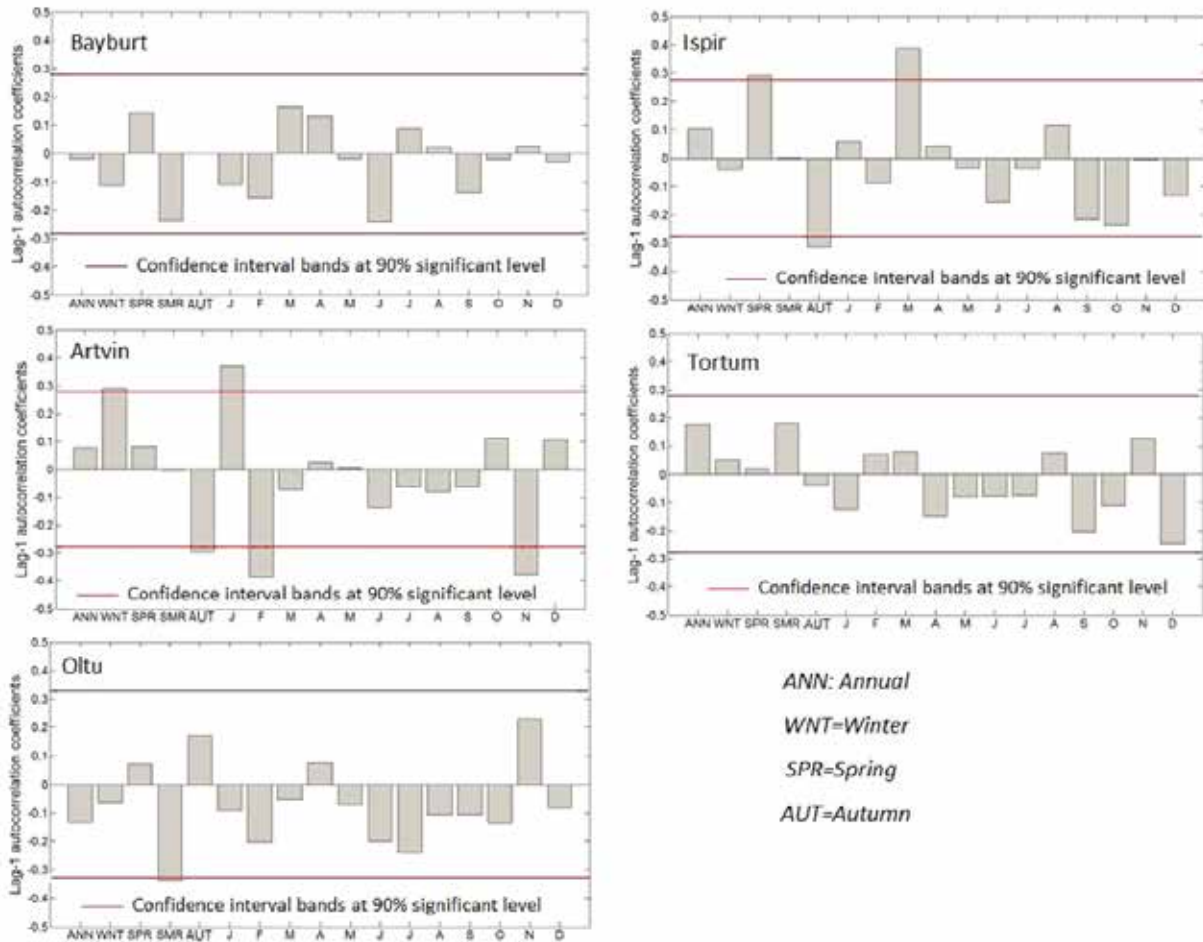


Figure 2. Lag-1 autocorrelation coefficients for the daily maximum rainfall variables (annual, seasonal and monthly) for the stations

Table 1 represents the calculated Z values of MK and modified MK tests at annual and seasonal time scale. Based on the results of the tables at annual time scale, it can be inferred that a significant increasing trend was occurred only for Ispir station although the daily

maximum rainfall data tend to increase for all stations. In the seasonal time scale, MK test and the modified MK tests pointed out Bayburt, Ispir and Tortum stations with significant increasing trends existence in autumn, summer and spring, respectively.

Station Name	Obsv. Period	Calculated Z values				
		ANN	WNT	SPR	SMR	AUT
Bayburt	1970-2011	1.59 (1.59)	0.75 (0.99)	-0.27 (-0.21)	0.64 (0.64)	1.73 (1.73)
Ispir	1970-2011	2.27 (2.88)	-0.60 (-0.60)	1.05 (1.42)	1.78 (2.61)	1.15 (1.13)
Tortum	1970-2011	1.33 (1.61)	-1.12 (-1.12)	2.16 (2.16)	-0.01 (-0.01)	0.24 (0.90)
Oltu	1981-2011	0.58 (0.58)	-0.16 (-0.26)	0.83 (0.83)	0.51 (0.59)	-0.29(-0.36)
Artvin	1970-2011	0.68 (0.72)	-0.66 (-1.15)	-0.57 (-0.57)	1.55 (1.55)	0.98 (0.98)

Table 1. The results of MK and modified MK tests for daily maximum rainfalls in annual and seasonal time scale The values in brackets demonstrate the Z value of modified MK test

Figure 3 displays the trend tests results in monthly time scale. In these figures, bubble maps that are provided by ArcGIS program are also used to describe magnitude of the computed Z values. As can be seen from Figure 3, significant positive trends for Bayburt station were observed for daily maximum rainfalls of January, July and October. For Ispir station, the tests indicated significant positive trends for daily maximum rainfalls of March, July and October.

For Artvin station, significant positive trends were appeared for daily maximum rainfalls of July, August and October while significant decreasing (negative) trends were occurred for daily maximum rainfalls of May and December. Moreover, no significant trends

were detected by MK and modified MK tests for Tortum and Oltu stations.

Theil–Sen trend test results

In this part of the study, Theil–Sen trend test was employed to determine magnitude of the trends in the data series. The magnitudes of the seventeen daily maximum rainfall variables (one annual, four seasonal and 12 monthly) have been calculated using Eq. 7 and the test results are given Table 3. In the table, we used the asterisk symbol (“*”) that provides the significant positive and negative trends obtained by the MK and mMK tests. As can be seen from the table, the trend magnitude changes associated with considered time scale and parts of the study region.



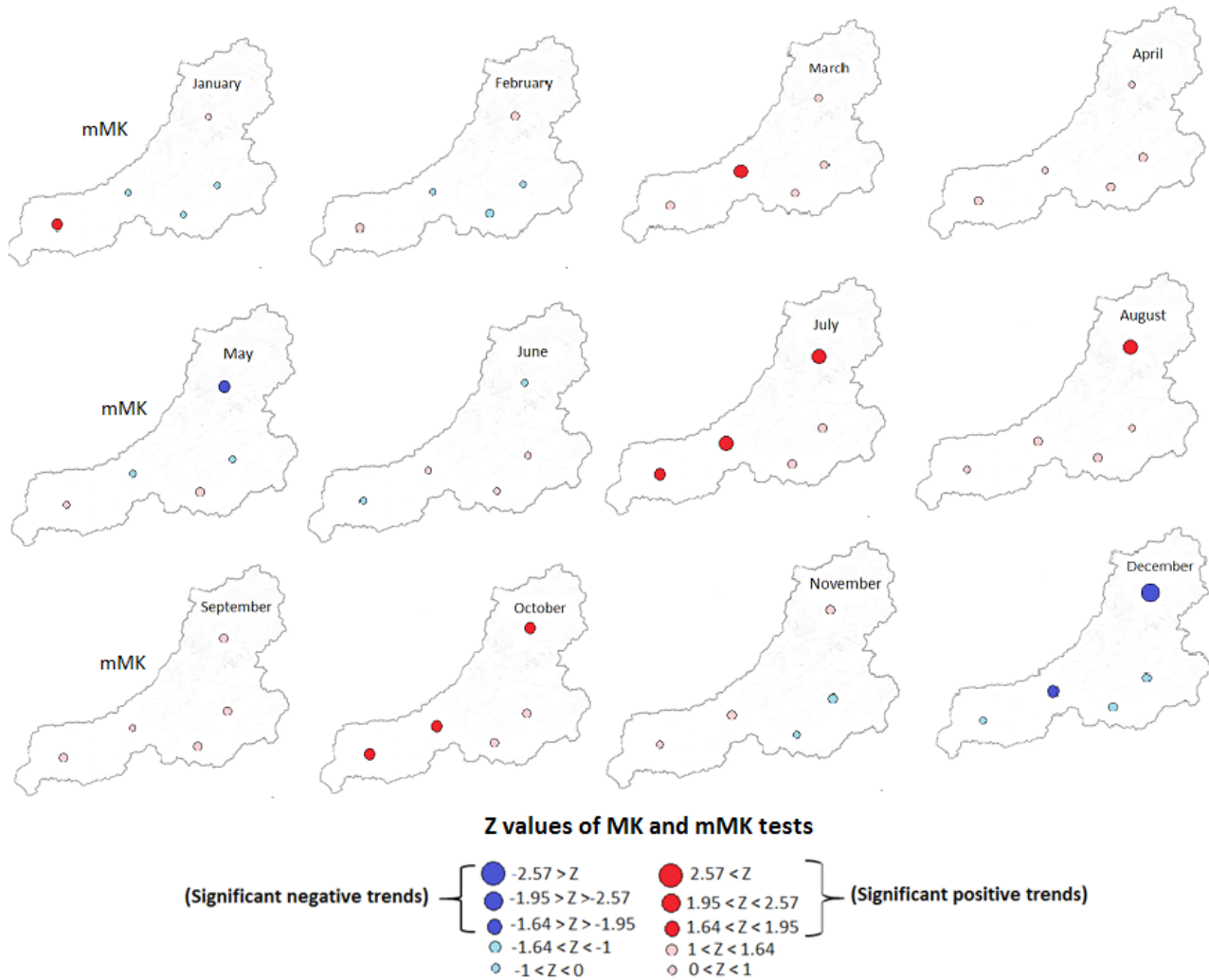


Figure 3. MK test and mMK test results for daily maximum rainfalls in monthly time scale

For example, in annual and seasonal time scale, the magnitude of trends varies from $0.07 \text{ mm year}^{-1}$ to $0.24 \text{ mm year}^{-1}$ and from $-0.13 \text{ mm year}^{-1}$ to $0.21 \text{ mm year}^{-1}$, respectively. Moreover, in monthly time scale, the computed magnitude of trends varies from $-0.36 \text{ mm year}^{-1}$ to $0.21 \text{ mm year}^{-1}$. Highest significant decrease was observed in daily maximum rainfalls of December for Artvin station while highest significant increase was noticed in daily maximum rainfalls of July for Ispir station.

Sequential Mann-Kendall (SMK) trend test results

Sequential Mann-Kendall trend test was applied to identify abrupt change point that indicates starting year of the trend in the data series. For this purpose, the SMK test applied the data series that show significant

increasing or decreasing trends. As described in previous section, sequential progressive series $u(t)$ and retrograde series $u'(t)$ were calculated for the maximum rainfall data considered. The computed $u(t)$ and $u'(t)$ values are depicted respectively by solid and dashed lines in Figure 4. In the Figure 4, Horizontal red dashed lines demonstrate confidence limits at the 5% significance level. Here, due to constrain the paper's length, six examples of the SMK test plots are only given. Taking the plots of $u(t)$ and $u'(t)$ of the Tortum station as an example, an abrupt increasing trend shift of daily maximum rainfall series in spring began around 1992 and becomes significant in about 2002 in which the $u(t)$ is placed outside the 95% confidence bands. For maximum daily rainfalls of July of Artvin station, an abrupt positive change begins in 1985 and becomes statistically significant just after 2010.

Table 3. Magnitude of the trends obtained from Theil-Sen test for daily maximum rainfalls in annual, seasonal and monthly time scale

Rainfall variables	Bayburt	Ispir	Tortum	Oltu	Artvin
January	0.15*	-0.03	-0.07	-0.04	0.11
February	0.05	-0.06	-0.11	-0.01	0.15
March	0.07	0.16*	0.13	0.15	0.15
April	0.06	-0.05	0.10	0.08	0.00
May	0.04	0.00	0.07	0.10	-0.14*
June	-0.07	0.02	0.09	0.01	-0.04
July	0.20*	0.21*	0.11	0.16	0.17*
August	0.00	0.05	0.09	0.01	0.19*
September	0.12	0.00	0.02	0.04	-0.01
October	0.14*	0.14	-0.06	-0.07	0.20*
November	-0.03	0.08	-0.02	-0.18	0.19
December	-0.01	-0.15*	-0.09	0.01	-0.36*
Winter	0.06	-0.06	-0.10	-0.02	-0.13
Spring	-0.02	0.06	0.21*	0.10	-0.05
Summer	0.06	0.16*	0.00	0.09	0.12
Autumn	0.20*	0.14	0.01	-0.05	0.18
Annual	0.14	0.24*	0.11	0.07	0.13

*indicates the significant trends that obtained from the MK and mMK tests

For maximum daily rainfalls of July of Ispir station, an abrupt positive change is observed around the year 1975 and becomes statistically significant just after 2010.

For maximum daily rainfalls of March at same station, there is an abrupt increasing change in 1990 and reaches statistically significance around 2007 which continues to the present time.

For maximum daily rainfalls of December at Artvin station, trend start to decrease around 1987 and it is found to be statistically significant after

2010. Moreover, there are multiple intersection points for maximum daily rainfall of Ispir station in annual scale.

In first intersection point, the rainfall data start to increase around 1975 and this trend becomes significant only for a short time period 1978-1981. Second changing point with an increase appears in around 1983 and this trend becomes significant from 1985 to 2002. Last abrupt increasing change is occurred in around 2003 and becomes significant around 2005 till present time.

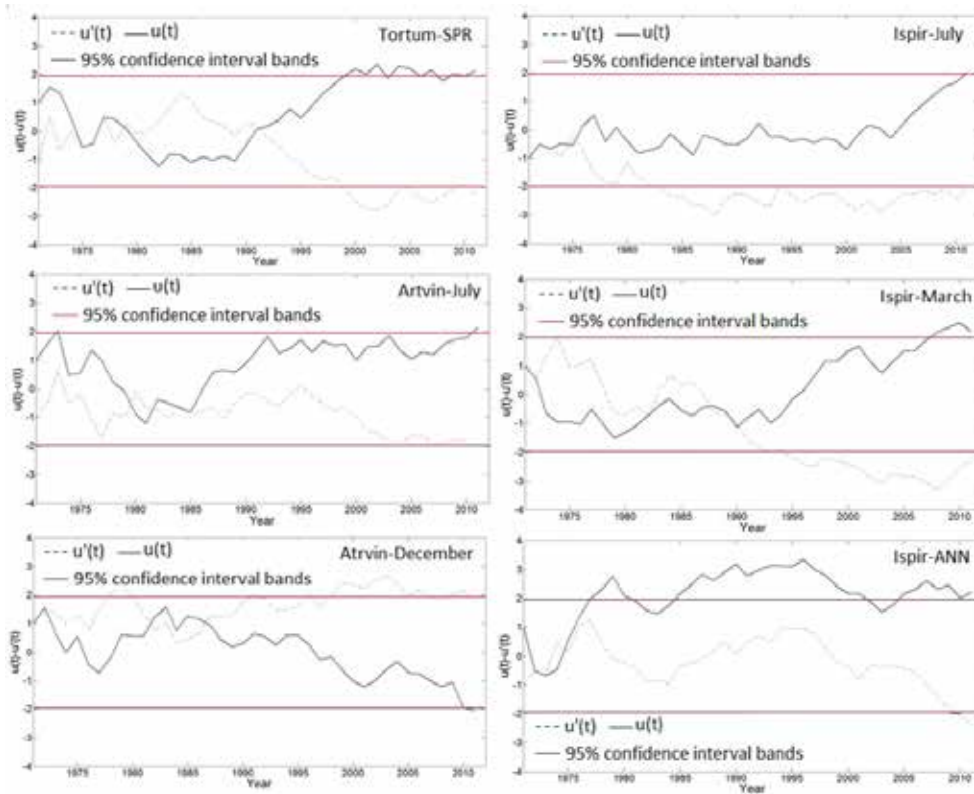


Figure 4. Graphical representation of the forward, $u(t)$ and the backward, $u'(t)$ series of the Sequential Mann-Kendall for various daily maximum rainfall series

CONCLUSION

The present study aimed to investigate the existence of trends in daily maximum rainfalls of Çoruh Basin, Turkey using the Mann-Kendall (MK) with the modified Mann-Kendall (mMK), the Theil-Sen (TH) and the Sequential Mann-Kendall (SMK) trends tests. The following conclusions can be drawn from this study;

1- According to the MK and mMK tests, significant increasing trends were detected in months including January, March, July, August and October while significant decreasing trends were only occurred in May and December. For seasonal trend evaluation, no significant decreasing trend was detected. Moreover, the significant increasing trends were found in Autumn, Summer and Spring seasons for the Bayburt, Ispir and Tortum stations, respectively. Also, the significant positive trends were detected in annual time series of Ispir station. Furthermore, neither significant positive or negative trends were detected in the annual and seasonal time series of Oltu and Artvin stations.

2- Based on findings of the TH test, in the monthly series, the highest magnitude of the significant increasing trend was observed in July of Ispir station while the highest decreasing trend was found in December of Artvin station. In seasonal series, there were considerable significant increasing trend magnitudes in Spring and Summer seasons for Tortum and Ispir stations, respectively. Furthermore, only significant positive trend with the magnitude of $0.24 \text{ mm year}^{-1}$ was detected in annual series at Ispir station.

3- According the results of the SMK test, in 1975, 1985 and 1990 showed the significant positive trend change point in the considered rainfall time series for July (for Ispir and Artvin), and March (for Ispir) respectively. Also, the positive significant change point began in 1992 in spring time at Tortum station. Moreover, the negative significant change point started in 1987 in daily maximum rainfalls of December of Artvin station.

ACKNOWLEDGMENTS

The author sincerely thanks to the Turkish State Meteorological Service for providing the daily rainfall data used in the study.

REFERENCES

- Acar R, Senocak S, 2012. Annual extreme precipitation trends for western Turkey in associated with north Atlantic oscillation (NAO) index. *Energy Education Science and Technology Part a-Energy Science and Research*, 29(1): 475-486.
- Ay M, Kisi O, 2015. Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method. *Theoretical and Applied Climatology*, 120(3-4): 617-629.
- Cigizoglu HK, Bayazit M, Onoz B, 2005. Trends in the maximum, mean, and low flows of Turkish rivers. *Journal of Hydrometeorology*, 6(3): 280-290.
- Hamed KH, Rao AR, 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4): 182-196.
- Kadioglu M, 1997. Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17(5): 511-520.
- Kahya E, Kalayci S, 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289(1-4): 128-144.
- Karaca M, Antepioglu U, Karsan H, 1995. Detection of Urban Heat-Island in Istanbul, Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, 18(1): 49-55.
- Kendall M, 1975. *Rank Correlation Methods*, London: CharlesGriffin.
- Khaliq MN, Ouarda TBMJ, Gachon P, Sushama L, St-Hilaire A, 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. *Journal of Hydrology*, 368(1-4): 117-130.
- Kumar V, Jain SK, Singh Y, 2010. Analysis of long-term rainfall trends in India. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 55(4): 484-496.
- Mann HB, 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- Modarres R, da Silva VDR, 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, 70(2): 344-355.
- Nasri M, Modarres R, 2009. Dry spell trend analysis of Isfahan Province, Iran. *International Journal of Climatology*, 29(10): 1430-1438.
- Onoz B, Bayazit M, 2003. The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27: 247-251.
- Partal T, Kahya E, 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20(9): 2011-2026.
- Rashid MM, Beecham S, Chowdhury RK, 2015. Assessment of trends in point rainfall using Continuous Wavelet Transforms. *Advances in Water Resources*, 82: 1-15.
- Saplioglu K, Kilit M, Yavuz BK, 2014. Trend Analysis of Streams in the Western Mediterranean Basin of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1A): 313-324.
- Sonali P, Kumar DN, 2013. Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*, 476: 212-227.
- Şen Z, 2012. Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9): 1042-1046.
- Tayanc M, Karaca M, Yenigun O, 1997. Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effects in relation to air pollutants in Turkey. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 102(D2): 1909-1919.
- Tecer LH, Cerit O, 2009. Temperature Trends and Changes in Rize, Turkey, for the Period 1975 to 2007. *Clean-Soil Air Water*, 37(2): 150-159.
- Topaloglu F, 2006. Trend detection of streamflow variables in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(7): 644-653.
- Toros H, 2012. Spatio-temporal variation of daily extreme temperatures over Turkey. *International Journal of Climatology*, 32(7): 1047-1055.
- Turkes M, 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16(9): 1057-1076.
- Turkes M, Koc T, Saris F, 2009. Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(8): 1056-1074.
- Turkes M, Sumer UM, Kilic G, 1995. Variations and Trends in Annual Mean Air Temperatures in Turkey with Respect to Climatic Variability. *International Journal of Climatology*, 15(5): 557-569.
- Yenigun K, Gumus V, Bulut H, 2008. Trends in streamflow of the Euphrates basin, Turkey. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management*, 161(4): 189-198.
- Yerdelen C, Karimi Y, Kahya E, 2010. Frequency Analysis of Mean Monthly Stream Flow in Coruh Basin, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(7): 1300-1311.
- Yue S, Wang CY, 2004. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Resources Management*, 18(3): 201-218.

Türkiye’de Maglev Trenlerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması

Muhammed Yasin ÇODUR¹

ÖZET: Ülkemizde geçmiş dönemde karayollarına yapılan yatırımlar önemli yer tutmaktadır. Fakat karayollarına önem verilirken diğer ulaşım türlerinin arka plana atılmış olması olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Karayolları her ne kadar kapıdan kapıya taşımacılığa imkân sağlıyor olsa da sürekli artan petrol fiyatları ve diğer harcamalar karayolu taşımacılığının negatif yönlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden ulaşım sektöründe; karayolu, havayolu, denizyolu ve son olarak da ulaşımda boru hatlarının kombine bir şekilde kullanımı planlanmaktadır. Bu taşımacılık türlerinde kuşkusuz zaman kavramı tercihleri belirleyen önemli parametrelerden birisidir. Ülkemizde son yıllarda yüksek hızlı tren kullanımına yönelik politikalara hız verilmiştir. Hızlı trenlerin son teknolojisi olan Manyetik Levitasyonlu Tren (Maglev) treninin kullanımı dünya genelinde yaygınlaşmaya başlamıştır. Ülkemizde Maglev trenleri ile ilgili olarak farklı bilimsel çalışmalar yapılmış olmasına rağmen bu trenlerin hayatımıza girmesi için yapılan teknik araştırmalar henüz çok yenidir. Bu çalışmada Maglev trenin dünyadaki uygulamalarından bahsedilmiş ve yapım maliyetleri ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Sonuç kısmında ise Maglev tren sisteminin ve teknolojilerinin hangi mesafelerde daha uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maglev, maliyet, yüksek hızlı tren

Investigation of the Feasibility of Maglev Trains in Turkey

ABSTRACT: Investments in highways in the country holds an important place in the past years. But the importance given to highways throws the other ways of transportation to the background resulting in a negative impact. Although highways provide opportunity door to door transportation, constant rising of oil prices and other expenses reveal negative aspects of highway transportation. Thus, in the transportation sector; bu trenlerin way are planned as a combination of all of these. Undoubtedly, the time is an important parameter that determines the preferred concept. Our country has accelerated its policy towards the usage of high-speed trains in recent years. The use of the latest technology of high-speed trains, Magnetic Levitation Train (Maglev) have, began to spread all over the world. In our country, although different scientific studies have been done regarding Maglev trains, technical studies are still very new for to integrate these trains into our lives. In this study, maglev train implementations are mentioned and the cost of construction around the world is investigated. have.

Keywords: Cost, high-speed train, maglev

¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak. İnşaat Mühendisliği, Erzurum, Türkiye
*Sorumlu yazar/Corresponding Author: Muhammed Yasin ÇODUR, mycodur@erzurum.edu.tr

GİRİŞ

Taşımacılık sektöründe karayolu ve havayollarında yoğun bir trafiğin oluşması ve mevcut ulaşım ağlarının bu yoğun trafik karşısında yetersiz kalmış olması; demiryolu taşımacılığının önemini ortaya koymaktadır. Demiryolu taşımacılığında konfor, güvenlik, erişilebilirlik özelliklerinin yanı sıra seyahat süresinin de kısa olması isteği hızlı trenlerin kullanım ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Hızlı tren taşımacılığı karayolu taşımacılığı ile karşılaştırıldığında birçok üstünlüğünün olduğu görülmektedir. İlk olarak 1957 yılında Japonya’da kullanılmaya başlanan yüksek hızlı trenler, 1980’lerden itibaren Avrupa kıtasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye Cumhuriyeti toprakları üzerinde demiryolu inşasına başlanması ise Osmanlı İmparatorluğu’na, Sultan Abdülmecit zamanına dayanmaktadır. Buharlı lokomotifin bulunmasından 33 yıl sonra, 1856 yılında İngiliz şirketine tanınan ayrıcalıkla Aydın-İzmir arasında 130 km olarak inşa edilmiştir. Haydarpaşa-İzmit arasındaki 91 kilometrelik hattın yapımına 1871 yılında devlet eliyle başlanmış olup 1873 yılında tamamlanmıştır. Bunlara benzer yer yer demiryolu yapım çalışmaları yapılmış olmasına rağmen 1923 yılında toplam demiryolu hat uzunluğu 4559 kilometre iken 1940 yılına kadar gerçekleştirilen çalışmalarla birlikte 8637 kilometre uzunluğa ulaşarak Cumhuriyet tarihinin ilk yıllarında demiryolu hat inşasında büyük bir sıçrama yaşanmıştır (Türkiye Kamu-Sen Ar-ge, 2008). Ülkemizde hızlı tren ancak 2000’li yıllardan sonra yapılan yatırımlar neticesinde 13 Mart 2009 tarihinde Ankara-Eskişehir yüksek hızlı tren (YHT) hattı yapılarak kullanıma açılmıştır. Ayrıca Ankara- İstanbul, Ankara-Konya arasında yüksek hızlı tren ile seyahat edilmektedir. Bununla beraber Ankara- İzmir, Ankara- Sivas- Kars, Eskişehir- Bursa yüksek hızlı demiryolu hatlarının yapımına devam edilmektedir (TCDD, 2010).



Şekil 1. Japonya’da ilk zamanlarda kullanılan Shinkansen hızlı treni

Hızlı tren sistemlerinin en son teknolojisi olan Manyetik Levitasyonlu Trenler (Maglev) özel raylar üzerinde oluşturulan elektromanyetik alan yardımı ile havada hareket eden trenlerdir. Bu elektromanyetik alan yardımı ile hareket eden ‘Maglev’ tren teknolojisi büyük ölçüde geliştirilme aşamasında olduğu için henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Maglev trenleri ilk olarak Çin’in Şangay kentinde kullanılmıştır (FRA, 2001).

Bu çalışmada Maglev treninin Türkiye’de kullanılması halinde diğer alternatif ulaşım türleri karşısındaki avantajları ve dezavantajları araştırılmıştır. Ulaştırma yatırımlarında bu ulaşım türleri arasında değerlendirme yapmak için maliyet analizi yapılmıştır.

MATEYAL VE YÖNTEM

Yüksek Hızlı Tren

‘Yüksek Hızlı Tren’ terimi genel anlamda hattın iyileştirildiği kesimlerde 200 km sa⁻¹ ve üzerinde hız yapabilen trenlerle yeni yapılan hatlarda 250-350 km sa⁻¹ aralığında hız yapabilen trenlerdir. Konvansiyonel trenler ise maksimum 160 km sa⁻¹ hız yapabilen trenlerdir. Hızlı tren ise; hızı 160-250 km sa⁻¹ aralığında olan trenlerdir.

Yüksek hızlı trenlerin kullanımının artmasında; karayolu ve havayolu taşımacılığında aşırı yoğunluğun meydana gelmesi ve demiryollarının çevreci bir ulaşım türü olması başlıca etkenlerdir. İlk Shinkansen hızlı trenleri (Şekil 1) 1964 yılında Japonya’da, TGV trenleri 1981 yılında Fransa’da ve ICE yüksek hızlı trenleri 1991 yılında Almanya’da kullanılmaya başlanmıştır (Öztürk, 1999).

Türkiye’de ise 2000’li yıllardan sonra hızlı trene bütçe ayrılmaya başlanmış ve hızlı tren taşımacılığına önem verilmiştir. İlk olarak 2009 yılında Ankara-Eskişehir arasında hizmet vermeye başlayan hızlı tren 2011 yılında Ankara’dan Konya’ya kadar genişlemiş,

son olarak da 2014 yılında Ankara ve İstanbul’u birbirine bağlamıştır. Ülkemizde hızlı tren ağını genişletmek için hâlihazırda devam eden projeler bulunmaktadır (TCDD, 2010). Hizmete açılan ve yapımı devam eden ülkemizdeki demiryolu ağı Şekil 2’de gösterilmiştir.

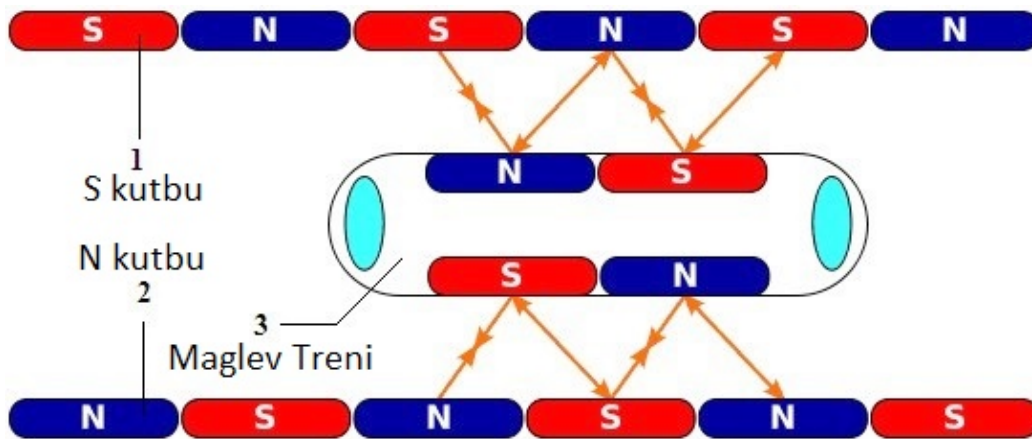


Şekil 2. Türkiye’de yüksek hızlı tren yol ağı

Manyetik Levitasyonlu Tren

Maglev İngilizce ‘Magnetic Levitation’ sözcüklerinin kısaltılmasıyla elde edilmektedir. Maglev kavramı esasında çok uzak olduğumuz bir kavram değildir. İki mıknatısın eş kutupları birbirini çekmektedir, zıt kutupları ise birbirini çekmektedir. Alt alta uygun

şekilde konulmuş iki mıknatıstan biri manyetik itme kuvvetlerinin etkisiyle diğerinin üzerinde hiçbir şeye temas etmeden havada durabilmektedir. Maglev trenler de temelde bu ilkeyle çalışmaktadır (FRA, 2001). Maglev trenleri özel rayları üzerinde oluşturulan manyetik alan yardımı ile havada hareket eden trenlerdir (Şekil 3).



Şekil 3. Ray üzerindeki elektromıknatısların davranışı (RTRI, 2010)

Maglev trenleri dünya genelinde yaygın olarak kullanılmasa da nüfus yoğunluğunun fazla olduğu gelişmiş ülkelerin bazı şehirlerinde kullanılmaktadır. Ticari amaçla ilk olarak Maglev treni Çin'in Şangay kentinde kullanılmaya başlanmış olup ardından

Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'da kullanılmıştır. Çin'de ilk olarak kullanılmaya başlanan trene ait görseller Şekil 4'de gösterilmiştir (Shanghai Government Mayoralty, 2011).



(a)



(b)

Şekil 4. Çin'de kullanılan Şangay treni (a): TransRapid08 Şanghay (Çin) MAGLEV treni, (b): Şanghay (Çin) MAGLEV treninin vagonu

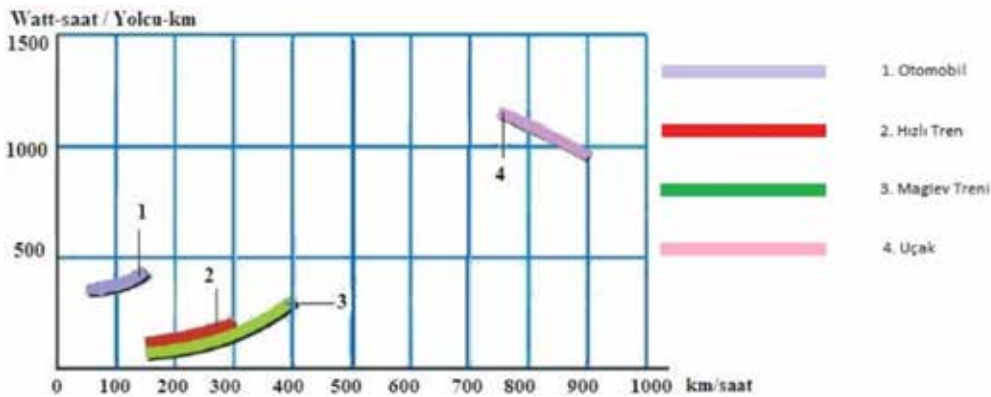
Maglev Trenlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Maglev trenlerini geleneksel trenlerle karşılaştırdığımızda bu trenlerin güvenlik açısından geleneksel trenlere karşı avantajı açıkça görülmektedir. Tren kazalarının meydana gelmesinde en büyük sebep hemzemin geçitlerdir. Karayolu sürücülerinin hemzemin geçitlerde gereken dikkati göstermemeleri sonucunda tren kazalarının çoğunluğu bu şekilde meydana gelmektedir. Maglev trenlerinin geçtiği hatlarda hemzemin geçit kullanımının olmaması bu trenlerin güvenlik açısından olumlu yanını ortaya koymaktadır (Solak, 2011).

Maglev trenlerinin ray ile aralarında herhangi bir sürtünmenin olmaması gürültü kirliliği hususunda olumlu katkı sağlarken yüksek hızlarından dolayı ses düzeyinin artmasına neden olmaktadır.

Maglev trenlerini enerji tüketimi olarak ele aldığımızda ise ray ile aralarında sürtünmenin olmayışı düşük enerji tüketiminin ana sebebidir. Ancak yüksek hızlarından dolayı daha fazla hava direncine maruz kalırlar ve bu durum enerji tüketimini olumsuz etkiler. Maglev trenleri yüksek hızlı trenden %20 oranında yaklaşık daha az enerji tüketmektedir (FRA, 2001). Maglev teknolojisinin enerji tüketiminin diğer ulaşım araçları ile karşılaştırılmaları Şekil 5'de gösterilmiştir.

Uçaklar, geliştirilmesi ve havaalanı yönetimleri bakımından trenlere göre daha dezavantajlı bir konumdadırlar. Uçakların diğer bir dezavantajı ise çok fazla yakıt tüketiyor olmalarıdır. Sonuç olarak uçakların işletme maliyetleri trenlerle karşılaştırıldığında, uçakların trenlere nazaran 2-3 kat daha fazla maliyetli olduğu görülmektedir (TCDD, 2010).



Şekil 5. Enerji Tüketimi (FRA,2001)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ulaşım yatırımlarında yatırım ve işletme maliyetleri önemli yer tutmaktadır. Maglev trenlerinin ilk yatırım maliyetleri ile alakalı olarak farklı yaklaşık maliyet değerleri bulunmaktadır. Şüphe yok ki Maglev trenlerinin ilk yatırımlarında arazinin dağlık veya düz olması, şehir içi veya şehir

dışı bölgelerde olması gibi etkenler bu trenlerin ilk yapım maliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Tokyo ile Nagoya arasında yapılması planlanan maglev tren hattının ise kilometre yapım bedelinin yaklaşık 178 milyon dolar olacağı öngörülmektedir. Çizelge 1’de Kaliforniya Maglev treni ile yüksek hızlı trene ait çeşitli ortamlara göre kilometre başına sermaye maliyeti gösterilmiştir.

Çizelge 1. Maglev ve yüksek hızlı trenlerin sermaye maliyetlerinin karşılaştırılması (FRA, 2005)

Çeşitli ortamlar için kilometre başına sermaye maliyeti	Yüksek hızlı treni ve hattı (milyon dolar)	Maglev treni ve hattı (milyon dolar)
Az gelişmiş bölgelerde	8.8	17
Şehir dışı bölgelerde	30.6	37.4
Dağlık arazide	34	40.8
Yoğun kentsel alanlarda	54.4	61.2

Ülkemizde Yapımı Tamamlanmış ve Yapım Aşamasında Olan Hızlı Tren Hatları ile Maglev Treninin Maliyet Olarak Karşılaştırılması

Ankara- İstanbul yüksek hızlı tren hattı inşaatı

Ülkemizde Ankara-Eskişehir hızlı tren hattı 2009 yılında hizmete açılmış ve uzunluğu 247.2 kilometredir.

Ankara- Eskişehir hattının açılmasından sonra Ankara-İstanbul arası hızlı tren hattı yapımına hız verilmiş olup 2014 yılının Temmuz ayında Eskişehir-İstanbul hattı tamamlanarak Ankara’dan İstanbul’a yüksek hızlı tren ile kesintisiz ulaşım sağlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Ankara- İstanbul hızlı tren projesi güzergâhı ve proje bölümleri (Demirezer, 2010)

Ankara-İstanbul hattı boyunca yapılan imalatların maliyeti Çizelge 2’de gösterilmekle beraber aynı hat

boyunca bazı bölgelere ait kilometre cinsinden birim fiyatı Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Ankara-İstanbul YHT maliyet dağılımı (Kaynak: TCDD)

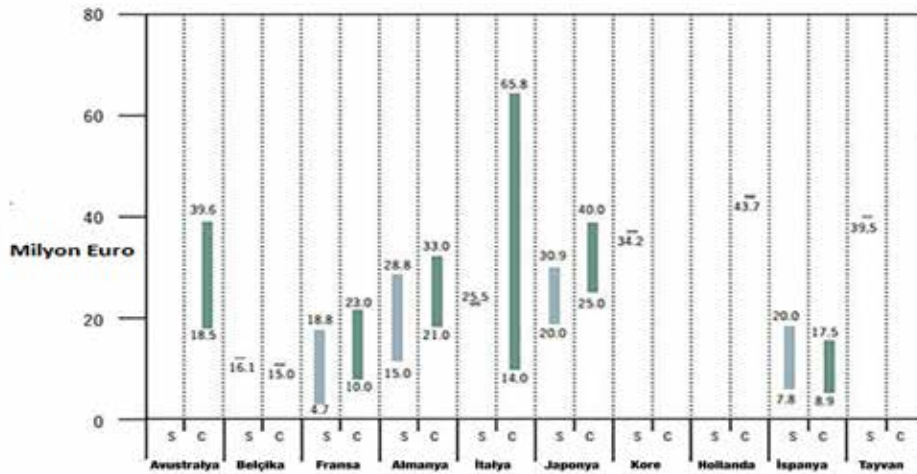
ANKARA- İSTANBUL KESİMLER	TOPLAM BEDEL (TL)*	ORTALAMA KM MALİYETİ (TL)
ANKARA-İSTANBUL TOPLAM (514.2 Km)	8 954 000 000.00	17 413 457.79
ANKARA- ESKİŞEHİR ETABI (247.2 Km)	2 350 000 000.00	9 506 472.49
ESKİŞEHİR- İSTANBUL ETABI (267 Km)	6 604 000 000.00	24 734 082.39
ANKARA-KONYA TOPLAM (212 Km)	800 677 415.30	3 776 780.26

Çizelge 3. Ankara-İstanbul YHT kilometre maliyet dağılımı (Kaynak: TCDD)

Proje Bölümleri	Euro	Km	Milyon Euro Km ⁻¹
Ankara-Sincan 24 km	205 000 000.00	24	8.54
Sincan-Esenkent	38 299 151.00	30	1.28
Esenkent-Eskişehir (Hasanbey)	758 452 495.00	206	3.68
Eskişehir-İnönü 30 Km	57 949 066.00	30	1.93
İnönü-Vezirhan 54 Km	528 716 810.00	54	9.79
Vezirhan-Köseköy 104 Km	616 058 233.00	104	5.92
Gebze-Köseköy	150 000 000.00	56	2.68
Toplam Maliyet	2 354 475 755.00	504	5.04

Maliyetler arasında bu kadar belirgin farkların oluşmasında çeşitli etkenler olması ile birlikte arazi şartları en önemli etkidir. Ayrıca maliyeti etkileyen diğer etken de hattın geçtiği yerin yerleşim yerlerine yakın olup olmaması ile ilgilidir. Ayrıca ülkemizde hızlı tren hattı yapımının daha az maliyetle yapılmasında

diğer önemli etken de ülkemizde çoğu yerde mevcut hatların rehabilite edilerek yüksek hızlı tren için uygun koşulların sağlanmasından dolayıdır. Dünya genelinde yapımı tamamlanan ve devam eden 45 projeye ait yüksek hızlı tren hatlarının kilometre maliyet cinsinden değerleri Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Dünya genelinde YHT yeni hattı ortalama kilometre yapım maliyeti (Campos et al., 2009)

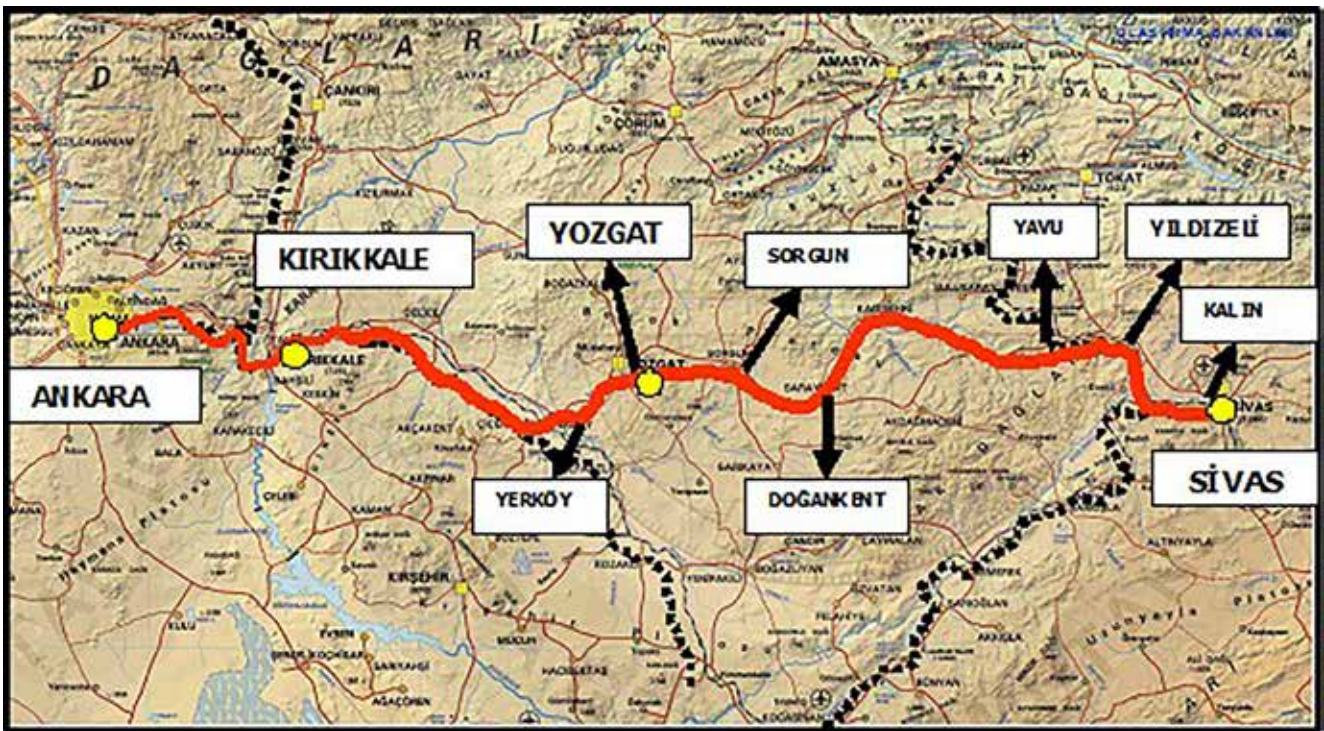
Şekil 7 incelendiğinde yüksek hızlı demiryolu hattı yapımı için ülkelere göre kilometre başına ortalama yapım maliyetleri görülmektedir. Genel olarak kilometre başına yapım maliyetleri 6-45 milyon Euro arasındadır. Şüphesiz ki bu farklılıkların oluşmasında da en büyük etken arazi koşullarıdır.

Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hattı projesi

Mevcut demiryolu uzunluğu 602 km olan Ankara-Sivas hızlı tren hattının bitirilmesi ile birlikte toplam hat uzunluğu 405 km olacaktır (Şekil 8). Üzerinde yük

taşımacılığı yapılması da planlanan Ankara-Sivas YHT hattı Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars hattının da inşa edilmesiyle birlikte ülkemizin sınır şehirlerine kadar yolcu ve yük taşımacılığı yapılması arzu edilmektedir.

Ankara-Sivas hattında özellikle Yozgat-Akdağmadeni arasındaki elverişsiz arazi koşulları hat yapımını zorlaştırmaktadır. Arazi koşullarındaki buna benzer zorluklardan dolayı projelerde sık sık değişikliğe gidilmesiyle meydana gelen iş artışları ile birlikte hat yapım maliyeti sürekli artış göstermektedir.



Şekil 8. Ankara- Sivas YHT hattı güzergâhı (Kaynak: TCDD)

Eskişehir- Bursa yüksek hızlı tren hattı projesi

Bursa demiryolunu ülkemizde ilk kullanan şehirlerden biri olma özelliğine sahip olmasına rağmen 1953 yılında Bursa-Mudanya hattının kapatılmasıyla birlikte Bursa 60 yılı aşkın süredir demiryolu taşımacılığına özlem duymaktadır. Ankara-Eskişehir arasında var olan YHT hattına ilave olarak Bursa ile Eskişehir arasında yapılacak hızlı tren hattı ile Bursa-Ankara ve Bursa-İstanbul arasında demiryolu kullanımı sağlanacaktır (Şekil 9). Aynı zamanda önemli bir deniz şehri olma yolunda hızlı adımlar atan Bursa’da

yolcu taşımacılığında Mudanya yük taşımacılığında ise Gemlik limanlarından faydalanılarak kombine taşımacılık yapılması planlanmaktadır. Bundan dolayı 2012 yılında Eskişehir-Bursa arasında 105 kilometrelik YHT demiryolu hattının yapımına başlanmıştır. Ankara-Sivas hattında olduğu gibi Eskişehir-Bursa hattında da meydana gelen proje değişiklikleri ile yapım maliyetleri artmıştır.

2011 yılında 393.2 milyon TL’ye ihale edilmiş olmasına rağmen proje değişiklikleri ile bu maliyet yaklaşık iki katına çıkmıştır.



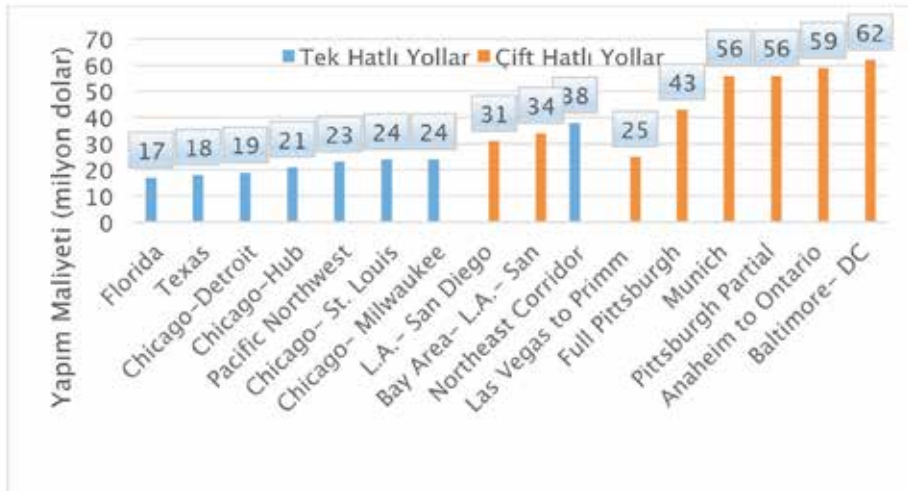
Şekil 9. Osmaneli- Bursa yüksek hızlı demiryolu hattı güzergâhı (Kaynak: TCDD)

Maglev Trenlerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması

Raylı sistemlerin alternatiflerinin seçilmesinde; ilk yatırım maliyeti, güvenlik, bir yönde saatlik yolcu kapasitesi, yolculuk zaman tasarrufları, gürültü gibi parametreler dikkate alınarak karar verilmektedir. Maglev trenlerinin henüz daha geliştirilememiş olması ve yaygın olarak kullanılmıyor olması maliyet açısından detaylı bir çalışma yapılmasına imkân

verememektedir. Fakat Maglev trenlerinin işletim maliyetlerinin düşük olması bu konuda çalışmalar yapılmasını değerli kılmaktadır.

Ülkemizde uygulama açısından henüz maglev trenleri ile ilgili bir çalışma yapılmamış olmasından dolayı kilometre birim fiyatlı maliyet analizi yapmak mümkün değildir. Fakat ABD’de yapılan çalışmalardan faydalanılarak ortalama maliyet analizi yapmak mümkündür.



Şekil 10. MAGLEV treni uygulamaları için farklı bölgelerde yapım maliyeti (FRA, 2005)

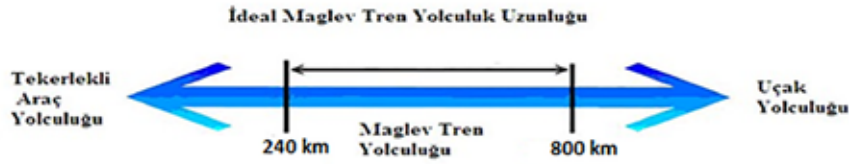
Amerika Birleşik Devletleri Demiryolu İdaresi'nin (USFRA) 2005 yılındaki raporuna göre; bir kilometrelik maglev treni hattının yapım maliyeti 31.25 milyon dolar ile 62.50 milyon dolar arasında değişmektedir. Maglev trenlerinin faydası ideal

yolculuk uzunluğu 240 kilometreden fazla uzunluklarda daha belirginleşmektedir.

Kısa mesafelerde maksimum hıza ulaşamama ile birlikte yolculuk süresinin etkin olarak azalmaması problemleri ile karşılaşılmaktadır.

Mesafenin 800 kilometreden fazla olduğu yerlerde ise uçak ile taşımacılığın yapılması daha uygundur.

Maglev treni ile taşımacılık için ideal uzunluk Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10. MAGLEV treni ideal yolculuk mesafesi (FRA, 2005)

Ülkemiz açısından bu durum incelendiğinde ilk yatırım maliyetine katlanıldığında uzun dönemde birçok kent arasında Maglev treni kullanımı mantıklıdır.

SONUÇ

Maglev trenlerinin dünya genelinde yaygın olmayışı ve ülkemizin gelişmekte olan ülkeler arasında yer alışı Maglev trenlerine bakış açımızı etkilemektedir. İlk yatırım maliyetlerinin çok yüksek oluşu, mesafelere, arazi, çevre koşullarına ve ülkenin işçilik maliyetlerine göre değişkenlik göstermesi Maglev trenlerinin yapılmasının düşünülmesini ötelemektedir. Bunun yanında dünya genelinde havayolu şirketlerinin özellikle Maglev yatırımlarının yapılmasının karşısında durmaları ve bu konuda baskıları sonuç vermektedir.

İşletme maliyetleri ve ilk yapım maliyetleri dikkate alındığında maglev trenlerinin Ankara-Sivas-Erzurum-Kars arasında YHT’ye alternatif olarak yapılmasının uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca Maglev trenlerinin 200 km mesafede maksimum hıza ulaşamamalarından dolayı kısa mesafelerde, YHT’lere alternatif olarak düşünülmesi hem ekonomik açıdan hem Maglev trenlerinin sağlayacağı yolculuk süresi tasarrufuna olumlu katkı sağlayamayacak olmasından dolayı Bursa- Eskişehir arasında düşünülmesi uygun değildir.

Maglev trenlerinin ayrı bir avantajı yollarının ayrı olması ve hemzemin geçitlerin olmamasıdır. Maglev trenleri yüksek hızlı trenlerin aksine aşırı soğuklardan, kar yağışından, rüzgârdan ve hava koşullarından çok fazla etkilenmezler. Maglev trenlerinin güvenilirlik seviyeleri ve performansları tüm hava koşullarında uçaklara göre daha yüksektir.

KAYNAKLAR

- Campos J, Rus G, Barron I, 2009. Economic Analysis of High Speed Rail in Europe. First Edition, Bilbao, Spain. 25 p.
- Demirezer T, 2010. Türkiye’de hızlı tren projeleri ve proje yapıları. TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Göker A, 1996. Yüksek Hızlı Tren TÜBİTAK Raporu. Ankara, Türkiye. 2-16 s.
- Öztürk Z, 1999. Yüksek Hızlı Demiryollarının Gelişimi ve Türkiye’nin Durumu, II.
- Ulaşım ve Trafik Kongresi, 01-02 Ekim 1999, Ankara.
- Railway Technical Research Institute Overview of Maglev R&D,2010. <http://www.rtri.or.jp/index.html>.
- Shanghai Government Mayoralty, Maglev link plan is suspended 2011, <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node23919/index.html> (2011).
- Solak K, 2011. Raylı sistem alternatifleri ile manyetik alan üzerinde hareket eden trenlerin (maglev) çok ölçütlü değerlendirme yöntemi ile karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları “Yüksek Hızlı Tren Hakkında Her şey, 2010. <http://hizlitren.tedd.gov.tr/home/detail>.
- Türkiye Kamu-Sen Araştırma Geliştirme Merkezi, “Demiryolu ve Ulaşım Ağı”, Türkiye Kamu-Sen Araştırma Geliştirme Merkezi, Ankara (2008).
- U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration, 2001. Maglev Deployment Program Final Programmatic Environmental Impact Statement, John A. Volpe National Transportation Systems Center, DOT-VNTSC-FRA-00-04, Volume II, Springfield, Virginia. 48-49p.
- U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration, 2001. Maglev Deployment Program Final Programmatic Environmental Impact Statement, John A. Volpe National Transportation Systems Center, DOT-VNTSC- FRA-00-04, Volume I, Springfield, Virginia, 243-245 p.
- U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration, 2005. Costs and Benefits of Magnetic Levitation”, U.S. Department of Transportation FRA, Washington, USA. 5-10, 24-25 p.

Kasyon Değişim Reaksiyonu ile Organokil Sentezi ve Karakterizasyonu

Mehtap EJDER KORUCU¹

ÖZET: Montmorillonit, $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}]$ genel formüllü setil trimetil amonyum bromürle kasyon-değişim reaksiyonuna tabi tutulmuştur. Modifiye örnekler X-ray difraksiyon (XRD) tekniği ve Fourier dönüşümlü infrared (FTIR) spektroskopisi ile karakterize edilmiştir. Sonuçlar montmorillonit ve organokil örneklerinin zeta potansiyeli ve temas açısı ölçümleriyle desteklenmiştir. Modifiye edilmemiş montmorillonitin bazal mesafesi XRD ile 1.28 nm olarak belirlenmiştir ve modifikasyondan sonra 1.3 KDK, 2.56 KDK ve 3.85 KDK için bu değer sırasıyla 1.75 nm, 2.03 nm ve 2.56 nm'ye artmıştır. FTIR çalışmaları modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş montmorillonit örnekleri arasındaki yapısal farklılıkları ortaya koymuştur. Zeta potansiyeli ölçümleri kil yüzey yükünün negatiften pozitif değerlere kaydığını göstermiştir. Temas açısı ölçümleri modifikasyondan sonra kilin hidrofilitesinde bir azalma olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Montmorillonit, organokil, CTAB, d- aralığı, temas açısı

Synthesis and Characterization of Organoclay via Cation Exchange Reaction

ABSTRACT: Montmorillonite has been subjected through cation-exchange reaction by cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) with general formula $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}]$. The modified samples were characterized by X-ray diffraction (XRD) technique, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. The results are supported by the measurements of zeta potentials and contact angles of montmorillonite and organoclay samples. The basal spacing of unmodified montmorillonite, determined by XRD, was 1.28 nm and after modification it increased up to 1.75 nm, 2.03 nm and 2.56 nm for 1.3 CEC, 2.56 CEC and 3.85 CEC respectively. The FTIR studies revealed structural differences between the modified and unmodified montmorillonite samples. The zeta potential measurements showed that of the clay surface charge shift from negative to positive value. Contact angle measurements have shown a reduction of the clay hydrophility after the modification

Keywords: Montmorillonite, organoclay, CTAB, d-spacing, contact angle

¹ Kafkas Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya, Kars, Türkiye

*Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mehtap EJDER KORUCU, mehtapejderk@gmail.com

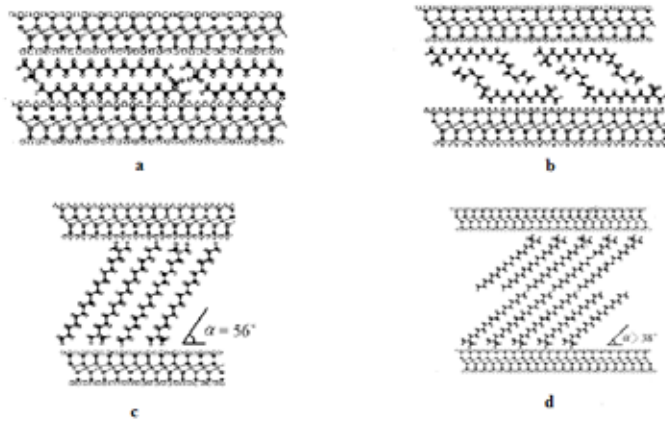
GİRİŞ

Bazık volkanik tüflerin hidrotermal değişimi sonucu oluşan killer (tabakalı silikatler), hidrofilik yüzeylere sahip tabakalı minerallerdir (Loughan, 1969). Kil mineralleri yüksek anizotropiklik, tabaka yükünün heterojenliği, geniş parçacık büyüklüğü dağılımı, belirli kation değişim kapasitesi ve düzensiz partikül şekli nedeniyle diğer kolloidal maddelerden ayırt edilmektedir (Lagaly and Zsesmer, 2003). Kil mineralleri oktahedral ve tetrahedral olmak üzere iki tip atomik kristal yapıdan oluşmaktadır. Düzgün dörtyüzlü olan birinci yapının merkezinde silisyum iyonu köşelerinde ise oksijen veya hidroksit iyonu bulunmaktadır. Düzgün dörtyüzlülerin tabanları aynı düzlem üzerinde kalmak şartıyla köşelerinden altılı halkalar vererek birleşmesiyle tetrahedral tabaka (T) veya diğer adıyla silika tabakası oluşur. Düzgün sekizyüzlü olan ikinci yapının merkezinde alüminyum iyonu ve köşelerinde ise oksijen veya hidroksit iyonu bulunmaktadır. Düzgün sekizyüzlülerin birer yüzeyleri aynı düzlemde kalacak şekilde köşelerinden birleşmesiyle oktahedral tabaka (O) veya diğer adıyla alümina tabakası oluşur (İşçi 2007). Kil mineralleri bina, seramik ve tarımdaki öneminden dolayı antik çağlardan beri incelenmektedir (Holeman, 1965). Endüstriyel ve teknolojik önemi gün geçtikçe artan kil mineralleri, partikül boyutu, yüzey kimyası, partikül şekli (Murray, 1991), yüksek spesifik yüzey alanı, yüksek kation değişim kapasitesi, tabakalı yapısı ve kimyasal ve mekanik kararlılığından dolayı birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gelfer et al., 2004; Othmani-Assmann et al., 2007; Wu et al., 2011)

Kil mineralleri üzerine yapılan araştırmalar doğal yaygınlığı, reaktivitesi, düşük maliyeti, tehlikeli

olmayan yapısından dolayı büyük ilgi görmektedir (Bibi et al., 2016). Son yıllarda, özellikle yeni malzemeler ve yeni uygulamaların oluşturulmasını sağladığı için kil minerallerinin yüzey modifikasyonu dikkat çekmektedir. Killerin yüzey modifikasyonunun ana odağı malzeme bilimidir, çünkü modifiye killer (organokil) polimer nanokompozitleri geliştirmek için gereklidir. Modifiye killer aynı zamanda toprak, su ve havadaki kirleticiler için adsorbent olarak, boyalar, kozmetik, refrakter vernik, tiksotropik sıvılar (de Paiva et al., 2008), reolojik kontrol maddeleri (Mortland et al., 1986; Lee and Kim, 2002), ileri malzemelerin hazırlanmasında (optic, elektronik, nanokompozitler gibi), atıksu arıtma (Lee and Kim 2002; Zampori et al., 2010), petrol aramalarında, yemeklik yağların ağartılmasında ve içeceklerin berraklaştırılmasında adsorplayıcı (Murray, 1991) olarak kullanılmaktadır.

Organokillerin sentezi organik bileşiklerle kil mineralleri arasındaki reaksiyon mekanizmasına dayanmaktadır. Organokiller genellikle kation değişim reaksiyonu ile çözeltide veya katı-hal (solid-state) reaksiyonu ile hazırlanmaktadır. Kation değişim reaksiyonu, kil mineralinin tabakalar arası kationlarının sulu çözelti içinde kuaterner alkil amonyum kationlarıyla yer değiştirmesine dayanır. (de Paiva et al., 2008). Kil minerallerinin kuaterner alkil amonyum kationlarıyla modifiye edilmesi sonucunda bu kationlar kil tabakaları arasında yatay çift tabaka (lateral bilayer), pseudo üçlü tabaka veya parafinik yapı oluşturacak şekilde farklı yönelmeler gösterebilmektedir (Ray and Okamoto, 2003). Alkil amonyum kationlarının kil tabakaları arasındaki yönelimleri Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Alkil amonyum iyonunun tabakalı killerde farklı tabakalar halinde yönelmesi (Lagaly, 1986). *a) yatay çift tabaka (lateral bilayer), b) pseudo üçlü tabaka, c) parafinik tek tabaka, d) parafinik çift tabaka yönelmesi.

Bu çalışmanın amacı, montmorillonit kilini katyonik bir yüzeyaktif madde olan setitrimetilamonyum bromür (CTAB) kullanarak kasyon değişim reaksiyonu

ile) ve elde edilen modifiye kil (organokil) örneklerini karakterize etmektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kullanılan Maddeler

Bu çalışmada montmorillonit (MMT), setitrimetilamonyum bromür (CTAB) ve metilen klorür kullanılmıştır. Montmorillonit Çankırı yöresinden

temin edilmiş olup kasyon değişim kapasitesi (KDK) amonyum asetat metodu (Rhoades, 1982) kullanılarak 107 meq/100 g olarak belirlenmiştir. MMT'in kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmiştir. CTAB ve metilen klorür Merck'den satın alınmıştır.

Çizelge 1. MMT'in kimyasal analiz sonuçları

Bileşen	(%)
S ₁ O ₂	59,3200
Al ₂ O ₃	17,1900
Fe ₂ O ₃	05,9490
MgO	03,6320
CaO	02,2110
Na ₂ O	01,6670
K ₂ O	00,9732
TiO ₂	00,7436
SO ₃	00,5068
Diğer	07,8074

Organokil Örneklerinin Hazırlanması

Organokil örneklerini hazırlamak için, 10 g MMT saf suda dispers edildikten sonra kilin şişmesi için 200 devir/dakika'lık hızla 10 saat karıştırılmıştır. Daha sonra CTAB'ın stokiyometrik oranları (1.3 KDK, 2.56 KDK ve 3.85 KDK) kil süspansiyonuna ilave edilerek 1 saat daha karıştırılmıştır. Karışım süzülüp yıkandıktan sonra etüvde 90°C sıcaklıkta kurutulup öğütülmüştür.

Analiz Cihazları

Organokil örneklerinin XRD analizleri için, Cu K α (λ :1,5404) radyasyon kaynaklı Rigaku 2200Dmax difraktometre kullanılmıştır. Ölçüm değerleri 20:2-

10° tarama alanında ve 2°/dakika'lık tarama hızında elde edilmiştir. Ayrıca Organokil örneklerinin FTIR spektrumları 400-4000 cm⁻¹ dalga boyu aralığında Pelkin-Elmer Spectrum-One cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Kil ve organokil numuneleri KBr ile %1 ağırlık oranında pelet haline getirilerek, nanokompozitler ise katı film halinde analiz edilmiştir. Katı parçacıkların süspansiyondaki Zeta potansiyel değerleri Zeta Meter 3.0+ kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerinin temas açısı (ıslanabilirliği) KSV CAM 101 model Gonyometre kullanılarak belirlenmiştir.

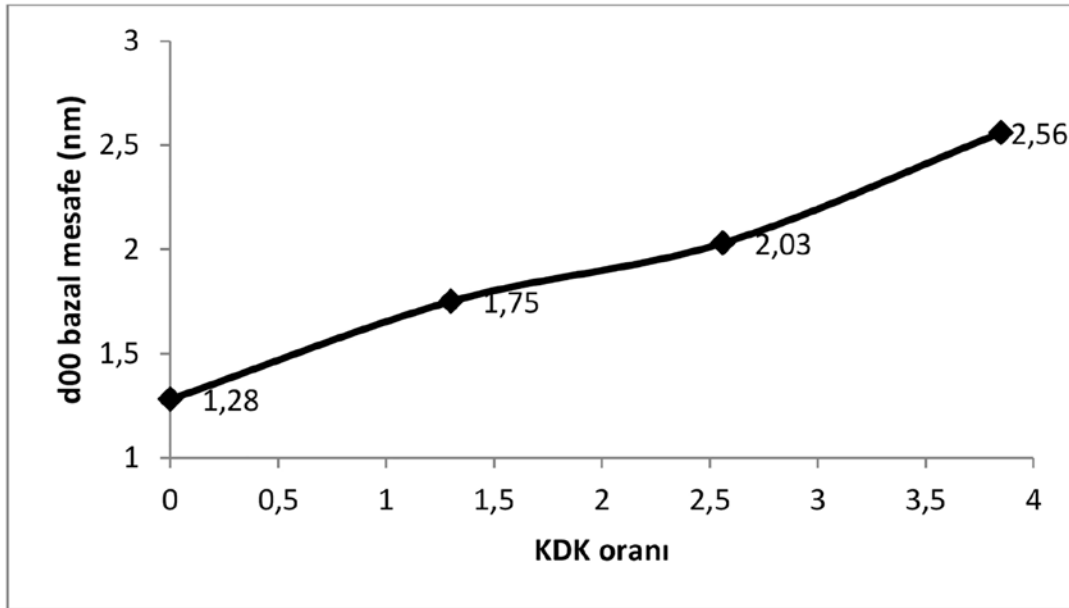
BULGULAR ve TARTIŞMA

Kilde tabakalar arası mesafe değişebilen katyonların büyüklüğüne ve hidrasyon derecelerine bağlı olarak değişebildiğinden, modifiye edici maddenin (CTAB) tabakalar arasına girip girmediği X-ışını difraksiyon analizi ile anlaşılabilir. Kil ve organokil örneklerinin bazal mesafe (d_{00}) değerleri Bragg eşitliği (eşitlik 1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$2d \sin\theta = n \lambda \quad (1)$$

Burada; Bragg açısı (θ : gelen ışınlarla atom düzlemlerinin yaptığı açı) ve λ (kullanılan X-ışınının dalga boyu) bilinirse d (atom düzlemleri arasındaki uzaklık) hesaplanabilir. Organokil örneklerinin bazal mesafelerinin zeta potansiyeli ile değişimi Şekil 1’de gösterilmiştir. Montmorillonit kilinin d_{001} aralığı 1.28 nm olarak hesaplanmıştır ki bu değer orijinal

montmorillonite ait piktir (Zhu et al., 2003; Xue et al., 2007). Ayrıca CTAB oranının artmasıyla tabakalar arası bazal mesafenin arttığı görülmektedir. Bazal mesafedeki artış CTA^+ iyonlarının kilin tabakalar arasına girdiğini göstermektedir. 1.3 KDK’lık organokil örneğinde bu mesafe 1.75 nm olmuştur. Bu değer CTAB’ın zincir sonundaki metil gruplarının kil tabakaları arasındaki bazal boşluklara girdiğini ve dolayısıyla alkil zincirlerinin birbirlerine yakın halde ve yatay çift tabaka yapısında olduğunu düşündürmektedir (Vaia et al., 1994; Zhu et al., 2003). 2.56 KDK’lık organokil örneğinde d_{001} değeri 2.03 nm olmuştur. Buda yapının pseudo üçlü tabaka düzenlenmesinde olduğunu göstermektedir (Beneke and Lagaly 1982). 3.85 KDK’lık organokil örneğinde ise d_{001} değeri 2.56 nm olmuştur. Bu sonuç, CTAB’ın kil tabakaları arasına parafinik tek tabaka düzenlenmesi ile yerleştiğini göstermektedir (Vaia et al., 1994; Zhu et al., 2003).



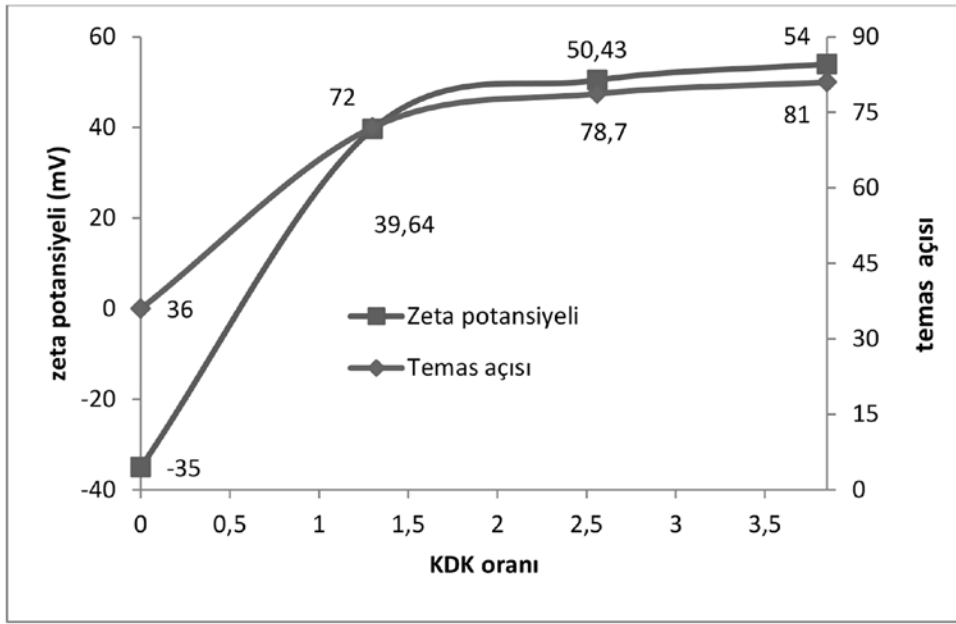
Şekil 1. Kilin d_{00} bazal mesafe değerinin CTAB miktarı ile değişimi

Şekil 2’de CTAB oranına bağlı olarak temas açısı ve zeta potansiyeli değişimi verilmiştir. CTAB miktarının artmasıyla zeta potansiyeli değerlerinin negatiften pozitif değerlere doğru temas açısı değerleriyle paralel olarak arttığı görülmektedir.

Özellikle 1.3 KDK’lık organokil örneğinde zeta potansiyeli ve temas açısı değerleri saf MMT ile

karşılaştırıldığında iki kat arttığı görülmektedir.

Bu sonuç, CTA^+ iyonlarının MMT yüzeyindeki negatif merkezlere zayıf elektrostatik etkileşimlerle bağlandığını ve yatay çift tabaka şeklinde yönlenmiş CTA^+ iyonlarının kilin ıslanma karakteristiğini negatif yönde değiştirdiğini göstermektedir (Karaca et al., 2013).

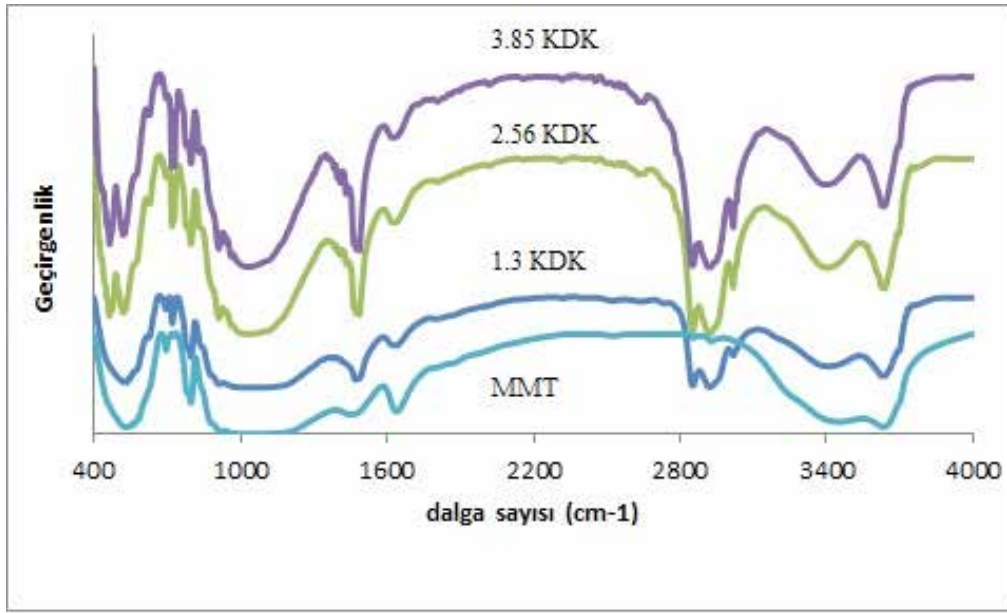


Şekil 2. Organokillerin temas açılarının zeta potansiyeli ile değişimi

MMT ve organokil örneklerinin bağ titreşim değerleri Çizelge 2'de, FTIR spektrumları ise Şekil 3' de verilmiştir.

Çizelge 2. MMT ve Organokil örneklerinin bağ titreşim değerlerinin KDK oranıyla değişimi

Örnek	Saf MMT	1.3 KDK	2.56 KDK	3.85 KDK
Bağ titreşimleri	Bağ titreşim değerleri cm^{-1}			
Yapısal OH gerilim titreşimi	3639	3634	3624	3625
Simetrik OH gerilimi(ν_1)	3419	3386	3386	3384
Asimetrik CH_2 gerilim titreşimi	— - — -	2919	2911	2905
Simetrik CH_2 gerilim titreşimi	-	2853	2844	2841
H-O-H eğilme titreşimi(ν_2)	1634	1620	1616	1614
CH_2 makaslama titreşimi	1478	1462	1463	1461
Si-O gerilim titreşimi	1030	1020	1024	1022
CH_2 sallanma titreşimi	795	790	7993	792
Asimetrik OH gerilimi(ν_3)	—	—	—	—



Şekil 3. MMT ve organofil örneklerine ait FTIR spektrumu

Genellikle alkilamonyum katyonlarının C-H gerilme bantları 3020-2800 cm^{-1} bölgesinde meydana gelir (Ebsworth and Sheppard, 1959; Madejova, 2003).

Tüm organofil örnekleri için bu band değerleri 2919-2911 ve 2905 cm^{-1} (Asimetrik CH_2 gerilim titreşimi) ve 2853-2844 ve 2841 cm^{-1} (Simetrik CH_2 gerilim titreşimi)' gözlemlenmiştir. MMT için 1634 cm^{-1} 'de gözlenen nispeten zayıf pik H-O-H eğilme titreşimi ile 3419 cm^{-1} 'de gözlenen pik ise adsorplanan su molekülü ile ilişkilidir.

CTAB oranının artması ile bu piklerde daha düşük değerlere doğru kayma görülmektedir. Bu durum organokillerde hidrojen bağı şiddetinin azaldığını da göstermektedir. CTAB moleküllerinin kil tabakaları arasına interkalasyonu sonucu hidrate katyonlarla yer değiştirmesiyle kil yüzeyi hidrofiliten hidrofobikliğe değişmektedir (Madejova, 2003).

Modifiye edilmemiş montmorillonit Si-O gerilme ve O-H eğilme bantlarıyla da (1200 cm^{-1} 'in altındaki bölgede) karakterize edilmiştir (Madejova 2003).

Montmorillonitin karakteristik bandında (1030 cm^{-1}) organofil örnekleri ile karşılaştırıldığında daha düşük değerlere kaymıştır.

SONUÇ

XRD analiz sonuçlarından, kili modifiye etmek için kullanılan CTAB'ın kilin tabakaları arasına girdiği ve bazal mesafeyi açtığı ve CTAB'ın tabakalar arasındaki yöneliminin 1.3 KDK, 2.56 KDK ve 3.85 KDK için sırasıyla yatay çift tabaka, pseudo üçlü tabaka ve parafinik tek tabaka şeklinde olduğu belirlenmiştir. CTAB oranının artmasıyla organofil örneklerinin zeta potansiyeli değerleri ham kile oranla oldukça yüksek pozitif değerlere kaymıştır.

Zeta potansiyeli değerlerinin pozitif olması kil yüzeyindeki bütün aktif merkezlerin CTAB molekülleri tarafından işgal edildiğini ve kil tabakaları arasındaki bağı CTA⁺ iyonlarının varlığını göstermektedir. FTIR spektrumundan O-H, Si-OH piklerindeki değişimler, CTAB moleküllerinin kil partiküllerinin yüzey ve ara yüzeyi ile etkileştiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Beneke K, Lagaly G, 1982. The brittle mica-like KNiAsO_4 and its organic derivatives, *Clay Minerals*, 17: 175-183.
- Bibi I, Icenhower J, Niazi NK, Naz T, Shahid M, Bashir S, 2016. Chapter 21-Clay Minerals: Structure, Chemistry, and Significance in Contaminated Environments and Geological CO_2 Sequestration. *Environmental Materials and Waste. Resource Recovery and Pollution Prevention*: 543-567
- de Paiva LB, Morales AR, Diaz FRV, 2008. Organoclays: properties, preparation and applications, *Appl. Clay Sci*, 42: 8-24
- Ebsworth EAV, Sheppard N, 1959. The infra-red spectra of some methylammonium iodides-angle deformation frequencies of NH and NH_2 groups, *Spectrochim. Acta*, 13: 261-270.
- Gelfer M, Burger C, Fadeev A, Sics I, Chu B, Hsiao BS, Heintz A, Kojo K, Hsu S, Si M, Rafailovich M, 2004. Thermally induced phase transitions and morphological changes in organoclays, *Langmuir*, 20: 3746-3758.
- Holeman, JN, 1965. U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service Engineering Division Technical Release No. 28, *Geology*.
- İşçi, S, 2007. Kil/PVA ve Organokil/PVA Nanokompozitlerin Sentezi ve Karakterizasyonu. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Karaca S, Gürses A, Ejder-Korucu M, 2013. Investigation of the Orientation of CTA^+ Ions in the Interlayer of CTAB Pillared Montmorillonite. *Journal of Chemistry*, Volume 2013: 1-10.
- Lagaly G, 1986. Interaction of alkylamines with different types of layered compounds. *Solid State Ionics*, 22: 43-51
- Lagaly G, Zsesmer S, 2003. Colloidal chemistry of clay minerals: the coagulation montmorillonite dispersion. *Advances in Colloid and Interface Science*, 100-102: 105-128.
- Lee SY, Kim SJ, 2002. Expansion characteristics of organoclay as a precursor to nanocomposites. *Colloids Surf*, 211: 19-26.
- Loughan FC, 1969. *Chemical weathering of the silicate minerals*. Elsevier, New York.
- Madejova J, 2003. FTIR techniques in clay mineral studies. *Vibrational Spectroscopy*, 31: 1-10.
- Mortland MM, Shaobai S, Boyd SA, 1986. *Clays and Clay Minerals*, 34: 581-585.
- Murray HH, 1991. Overview-clay mineral applications. *Applied Clay Science*, 5: 379-395.
- Othmani-Assmann H, Benna-Zayani M, Geiger S, Fraisse B, Kbir-Arigoib N, Trabelsi-Ayadi M, Ghermani NE, Grossiord JL, 2007. Physico-chemical characterizations of Tunisian organophilic bentonites, *J. Phys. Chem. C*, 111: 10869-10877.
- Ray SS, Okamoto M, 2003. Polymer/Layered Silicate Nanocomposites: a review from preparation to processing. *Progress Polymer Science*, 28: 1539-1641.
- Rhoades JD, 1982. Cation Exchange Capacity. *Methods of Soil Analysis. Part 2, Second edition American society of Agronomy, Inc., Wisconsin USA*: 149-157.
- Vaia RA, Teukolsky RK, Giannelis EP, 1994. Interlayer structure and molecular environment of alkylammonium layered silicates. *Chemical Materials*, 6: 1017-1022.
- Wu XL, Zhao D, Yang ST, 2011. Impact of solution chemistry conditions on the sorption behavior of Cu(II) on Lin'an montmorillonite, *Desalination*, 269: 84-91
- Xue W, He H, Zhu J, Yuan P, 2007. FTIR investigation of CTAB-Al-montmorillonite complexes. *Spectrochimica Acta Part A*, 67: 1030-1036.
- Zampori L., Gallo Stampino P., Cristiani C., Dotelli G., Cazzola P., 2010. Synthesis of organoclays using non-ionic surfactants: Effect of time, temperature and concentration. *Applied Clay Science* 48: 97-102
- Zhu, J., He, H., Guo, J., Yang, D., Xie, X., 2003. Arrangement models of alkylammonium cations in the interlayer of HDTMA⁺ pillared montmorillonites. *Chinese Science Bulletin*, 48 (4), 368-372.

Güçlü Bir Katyon Değişim Reçinesi Kullanarak Sentetik Atıksudan Cr(III)'ün Giderimi

Yeliz AŞÇI¹

ÖZET: Cr(III), çeşitli endüstriyel atıksularda var olan toksik ağır metallerden biridir. Bu çalışmada sulu çözeltilerden krom giderimi iyon değişimi yöntemiyle araştırılmıştır. Bu amaçla sorbent olarak güçlü bir katyon değiştirici reçine olan Dowex 88 kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda pH, sıcaklık, reçine miktarı ve sorpsiyon süresi gibi parametrelerin krom giderimine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, termodinamik, izoterm ve kinetik çalışmalar yapılmıştır. İzoterm çalışmalarında Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri denenmiş ve deneysel verilerin her iki izoterm modeline de uyduğu görülmüştür. Termodinamik sonuçlar, Dowex 88 reçinesine krom sorpsiyonunun ekzotermik ve kendiliğinden gerçekleştiğini göstermiştir. Kinetik çalışmalar sonucunda ise sorpsiyon verilerinin tersinir birinci mertebe kinetik modele uyduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cr(III), Dowex 88, iyon değişimi, izoterm, termodinamik

Removal of Cr(III) from Synthetic Wastewater by using a Strong Cation Exchange Resin

ABSTRACT: Cr(III), is toxic heavy metal present in wastewaters from a variety of industries. In this study, chromium removal was investigated using ion exchange method from aqueous solutions. For this purpose, strong cation exchanger resin Dowex 88 was used as sorbent. During the experimental studies, the effect of parameters such as pH, temperature, resin dosage and sorption time on chromium removal was observed. Thermodynamic, isotherm and kinetic studies were also performed. In the isotherm studies, Langmuir and Freundlich isotherm models were applied and it was occurred that the experimental data fit to both isotherm models. Thermodynamic results showed that the chromium sorption onto Dowex 88 resin had exothermic and spontaneous. As a result of the kinetic studies observed that the sorption data follows first-order reversible kinetics.

Keywords: Cr(III), Dowex 88, ion exchange, isotherm, thermodynamics

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Yeliz AŞÇI, yelizbal26@gmail.com

GİRİŞ

Krom, metal kaplamada, tekstil boyalarında, dericilikte ve ahşap koruma kimyasallarının üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmakta ve bu endüstrilerden çıkan atıksularda bulunarak çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir (Kimbrough et al., 1999; ATSDR, 2016). Krom, doğada farklı türlerde (Cr^0 , Cr^{+3} , Cr^{+6}) bulunur ve organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir. Örneğin, $Cr(VI)$, $Cr(III)$ 'e göre daha toksik ve kanserojendir. $Cr(III)$ ise düşük seviyelerde insan ve hayvan metabolizması için hayati rol oynarken yüksek miktarları tehlikeli olabilmekte ve güçlü oksidantların varlığında da toksik bir bileşik olan $Cr(VI)$ 'ya dönüşebilmektedir. Bu nedenle $Cr(III)$ 'ün atıksulardan giderilmesi gerekir (Gode and Pehlivan, 2003; Gode and Pehlivan, 2007; Mustafa et al., 2008). Atıksulardan kromu uzaklaştırmak için kimyasal çöktürme, elektrokimyasal çöktürme, iyon değişimi, adsorpsiyon, diyaliz/elektrodiyaliz, membran ayırma, ultrafiltrasyon, ters osmoz, flotasyon, elektrokoagülasyon ve sedimentasyon gibi birçok arıtım teknolojisi geliştirilmiştir (Mohan and Pittman, 2006; Alyüz and Veli, 2009). Bu prosesler arasında yer alan iyon değişim teknolojisi ise verimlilik, maliyet ve işletim kolaylığı açısından diğer proseslere göre avantajlara sahiptir. Daha da önemlisi iyon değişimi düşük derişimlerde ağır metal içeren atıksuların arıtımında kullanılan en yaygın metodlardan biridir (Dizge et al., 2009).

İyon değişim metoduyla $Cr(III)$ 'ün giderimi için katyon değişim reçinesi kullanılarak bir çok çalışma yapılmıştır. IRN77 ve SKN 1 (Rengaraj et al., 2001), Lewatit TP 207 ve Chelex-100 (Gode and Pehlivan, 2003), 1200 H, 1500 H ve IRN97H (Rengaraj et al., 2003), Amberlite IR-120 (Kocaoba and Akcin, 2005), Lewatit S-100 (Gode and Pehlivan, 2006), Chelating

b-DAEG–sporopollenin ve CEP–sporopollenin (Gode and Pehlivan, 2007), Amberlite IRC-50 (Mustafa et al., 2008) reçineleri, $Cr(III)$ 'ün gideriminde kullanılmışlardır.

Katyon değişim reçineleri genellikle sulfonik asid grubu içerirler ve daha nadir olarak karboksilik, fosfonik ve fosfinik gruplarını içerirler. Dowex tipi iyon değiştirici reçineler ise dayanıklı ve çözünmeyen reçinelerdir. Ticari olarak üretilirler ve yaygın olarak bulunurlar (Pehlivan and Altun, 2006; Alyüz and Veli, 2009). Bu çalışmanın da amacı sodyum formunda, çok kararlı bir yapıya ve mükemmel bir raf ömrüne sahip olan Dowex 88 reçinesiyle $Cr(III)$ 'ün giderimini gerçekleştirmektir. Giderim çalışmalarında sorpsiyon prosesini etkileyen; pH, reçine miktarı, sıcaklık ve süre gibi parametrelerin iyon değişimine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, Langmuir ve Freundlich izoterm modellerine uygunluğu araştırılmış, termodinamik ve kinetik hesaplamalar yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

İyon Değişim Reçinesi

Dowex 88 katyon değişim reçinesi Na formunda olup Sigma-Aldrich firması tarafından temin edilmiştir. Firma tarafından verilen reçinenin özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Reçine deneylerde kullanılmadan önce ön işlemlere tabi tutulmuştur. Dowex 88'in 20-30 gram'ı cam bir behere alınmış ve reçineden safsızlıkları uzaklaştırmak için distile suyla bir iki kez yıkanmış ve daha sonra etüvde 80 °C'da 24 saat kurutulmuştur. Son olarak reçine deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere desikatöre koyulmuştur.

Çizelge 1. Dowex 88 katyon değişim reçinesinin özellikleri

İyonik yükü	Na^+
Partikül büyüklüğü	16–40 meş
Matrix	Styrene divinylbenzene
Fonksiyonel grup	Sülfonik asit
Toplam değişim kapasitesi	1.8 eq/L
Su tutma kapasitesi	42–48%
pH	0–14
Maksimum operasyon sıcaklığı	93°C

Kullanılan Cihazlar

İyon değişim deneyleri sonunda çözeltideki Cr(III) derişimlerinin ölçümlerinde Perkin Elmer AA 400 model atomik absorpsiyon cihazı kullanılmıştır. pH ölçümleri, Hanna model pH metre ile, iyon değişimi deneyleri sıcaklık ayarlı karıştırılmalı su banyosunda (Memmert) ve deney sonrasında sıvı fazdan katı fazı ayırma işlemi ise Hettich marka (Universal 320 model) santrifüj cihazında yapılmıştır.

Kesikli Sorpsiyon Deneyleri

Cr(NO₃)₃·9H₂O tuzundan 1 g L⁻¹ Cr(III) stok çözeltisi hazırlanmış ve bu çözelti seyreltilerek tüm deneylerde kullanılmıştır. Çözeltilerin pH'ı 0.01 M

HNO₃ ve NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. Sorpsiyon deneylerinin başlangıcında Dowex 88'in 0.25 gramı 50 mL'lik santrifüj tüplerine koyulmuş ve üzerlerine pH'ı ayarlanan 100 mg L⁻¹ Cr(III) çözeltilerinden ilave edilmiştir. İyon değişim dengesini sağlayabilmek için tüpler oda sıcaklığında (25°C) karıştırılmalı su banyosunda 180 dakika 140 rpm'de çalkalanmıştır. Tüpler su banyosundan alındıktan sonra 10 dakika santrifüjlenmiş ve üstte kalan katıdan ayrılan çözelti %1 HNO₃'le asitlendirilerek Atomik Absorpsiyon cihazında analizleri yapılmıştır.

Dowex 88 reçinesiyle Cr(III) giderimini ifade eden sorpsiyon verimi ve sorpsiyon kapasitesi değerleri ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\text{Sorpsiyon (\%)} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{(C_i - C_e) V}{m} \quad (2)$$

Burada “C_i” (mg L⁻¹) başlangıç metal iyon derişimi ve “C_e” (mg L⁻¹) dengedeki derişimdir. “q_e” (mg g⁻¹), “m” sorbentin ağırlığı (g), “V” ise çözeltinin hacmidir (L).

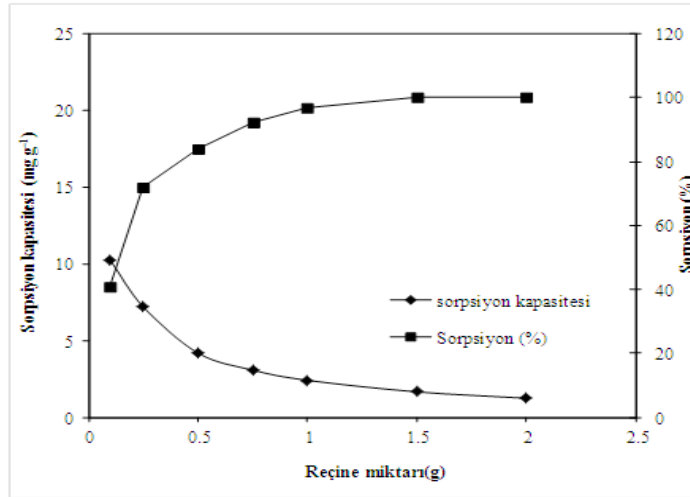
BULGULAR VE TARTIŞMA

Reçine Miktarının Etkisi

Sopsiyon deneylerinde reçine miktarının etkisi farklı reçine miktarları (0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0 g) alınarak yapılmıştır. Reçine miktarı sorpsiyonda önemli parametrelerden biridir (Pehlivan and Altun, 2006). Şekil 1'de reçine miktarının fonksiyonu olarak Cr(III)'ün giderimi görülmektedir. Görüldüğü gibi, Cr(III)'ün sorpsiyon verimliliği reçine miktarı 0.1

ile 1.0 gram arasında artmış (% 99) ve 1.0 gramdan sonra önemli bir değişiklik olmamıştır. Reçine miktarı arttıkça sorpsiyon verimliliğinin artışının sebebi reçine miktarının artmasıyla reçine yüzeyindeki sorpsiyon merkezlerinin de artmasıdır (Du and Hayashi, 2006; Alyüz and Veli, 2009; Shi et al., 2009). Öte yandan reçine miktarının artışıyla sorpsiyon kapasitesi azalmıştır. Bunun da sebebi sorpsiyon merkezlerinin artmasına karşılık reçinenin doyunluğa ulaşmasıdır (Aşçı, 2012).

Sorpsiyon kapasitesindeki farklılıkları görebilmek için bundan sonraki deneylerde 0.25 gram reçine miktarı kullanılmıştır. Ayrıca fazla reçine miktarı proses ekonomisi açısından istenmez ve çevre kirliliğine de neden olabilir.



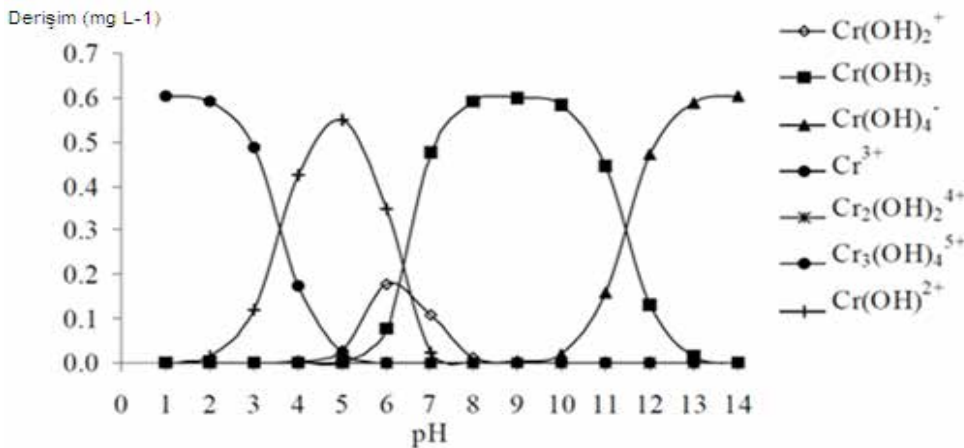
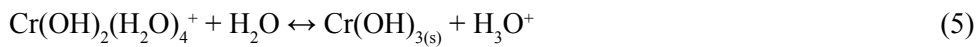
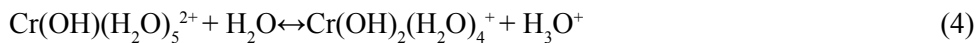
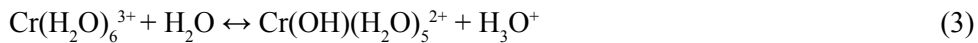
Şekil 1. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonuna reçine miktarının etkisi (C_i , 100 mg L⁻¹; sıcaklık, 25°C; pH=3; karıştırma hızı, 140 rpm).

pH'in Etkisi

Reçineye krom sorpsiyonuna pH'ın etkisini belirleyebilmek için pH 2.0-6.0 aralığında çalışılmıştır. Çözelti pH'ı sulu çözeltilerde metal iyonlarının sorpsiyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Sorbente metal katyonlarının sorpsiyonu sorbent yüzeyinin doğasına ve metal katyon türlerinin dağılımına bağlıdır (Aşçı and Şefika, 2016).

Şekil 2 ve 3'de, pH'a bağlı olarak Cr(III) türleri ve Cr(III)'ün sorpsiyonu görülmektedir. Cr(III), hidroliz, kompleksleşme, redox reaksiyonları ve adsorpsiyon

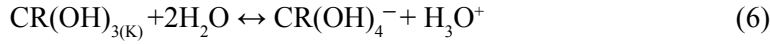
gibi farklı fiziksel ve kimyasal proseslere bağlı olarak doğada farklı derişim ve türlerde bulunur. H₂O veya OH⁻ haricinde kompleks ajanların yokluğunda Cr(III), Cr(H₂O)₆³⁺ ve hidroliz ürünleri şeklinde ortaya çıkar. Cr(H₂O)₆³⁺, orta kuvvetli bir asittir (pK~4) (Tepkime 3) ve pH 4-10 arasında CrOH²⁺(s), Cr(OH)⁺(s) ve Cr(OH)₂⁰(s) formları baskın olur. Ancak, Cr₂(OH)₃³⁺(s) pH 5.5-12 aralığında çok az çözünür (pH 6.5 ve 11.5 arasında minimum; (Richard and Bourg, 1991; Ball and Nordstrom, 1998; Kotas and Stasicka, 2000) ve bu pH aralığı aynı zamanda önemli doğal suların da pH aralığına karşılık gelir (Şekil 2).



Şekil 2. pH'a bağlı olarak Cr(III) türleri (Cr(III)=1.0 mg/L) (Kaynak: Kumral, 2007)

Cr(III)'ün doğada yaygın formları, hidroksi bileşikleri $\text{Cr}(\text{OH})_3^{(s)}$ ve $\text{Cr}(\text{OH})_4^{(s)}$ 'tür. $\text{Cr}(\text{OH})_3^{(s)}$ amfoterik davranış gösterir ve yüksek pH'larda

kolayca çözünebilen tetra hidroksi komplekslerine ($\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ (pK=15.4 veya 18.3)) dönüşür.



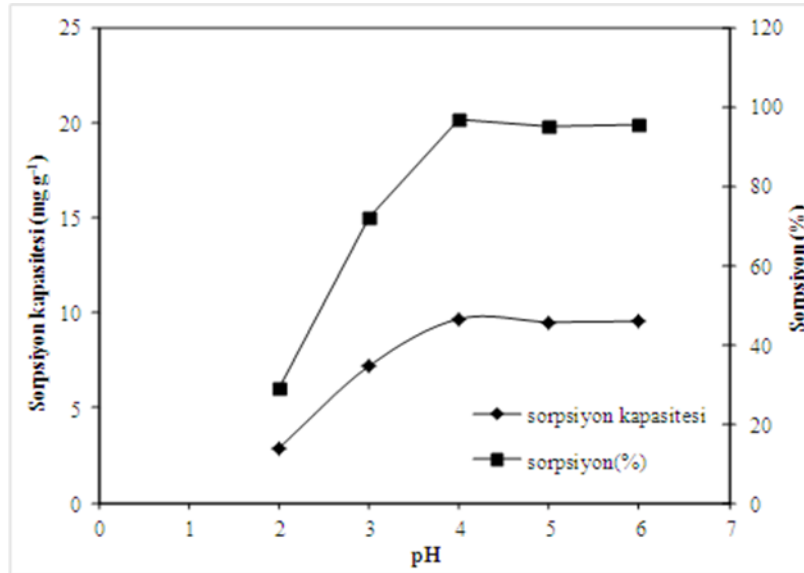
Şekil 2'de görüldüğü gibi Cr(III) çözeltileri daha derişik olduğunda ise ($>10^{-6}$ M) çekirdekli hidrolitik ürünler ($\text{Cr}(\text{OH})_4^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_5^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_6^+$) oluşur (Kotas and Štasička, 2000; Kumral, 2007).

Şekil 3'de görüldüğü gibi kromun sorpsiyon kapasitesi pH'nın 2.0'den 4.0'e artmasıyla artmış ve

daha sonra sorpsiyon kapasitesinde önemli bir değişim olmamıştır.

Sonuç olarak krom iyonlarının maksimum giderimi pH=4'te 9.67 mg g^{-1} (%97) olarak elde edilmiştir.

Bu yüzden bundan sonraki deneyler pH=4'te yapılmıştır.



Şekil 3. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonuna pH'nın etkisi (C_0 , 100 mg L^{-1} ; sıcaklık, 25°C ; reçine miktarı, 0.25 g ; karıştırma hızı, 140 rpm).

Çözelti pH'nın artışıyla Cr(III) iyonlarının sorpsiyonunun artışı şu şekilde açıklanabilir: Şekil 2'de görüldüğü gibi düşük pH'larda ortam Cr^{3+} iyonları ile baskın olup H^+ iyonları ile Cr^{3+} iyonları arasında yarışmalı bir sorpsiyon vardır. Bundan dolayı verimlilik düşüktür.

Ancak çözelti pH'ı arttıkça negatif yüklü merkezlerin sayısının artması metal katyonlarının sorpsiyonunu artırır (Gode and Pehlivan, 2007).

Dowex 88 reçinesiyle metal iyonları arasında sorpsiyon ve iyon değişimi rol oynamaktadır. Burada krom gideriminin pH'a bağlı gerçekleşmesi metal iyonlarının iyon değişim mekanizmasına göre sorbe edildiğini gösterir (Gode and Pehlivan, 2006). İyon değişim prosesinden sorumlu merkezler ise Dowex 88 matriksindeki $-\text{SO}_3\text{H}$ gruplarıdır. Aşağıdaki tepkime Dowex 88'le Cr(III)'ün iyon değişim mekanizmasını göstermektedir (Alyüz and Veli, 2009):



Sorpsiyon İzotermi

Dowex 88 reçinesine Cr(III) iyonlarının sorpsiyon dengesini araştırmak için çeşitli krom derişimlerinde (25, 50, 100, 150, 200, 250 mg L⁻¹) çalışılmış ve Langmuir ve Freundlich izoterm modellerine uyumu araştırılmıştır. İzoterm model sabitleri Cr(III) iyonlarının sorpsiyon denge verilerinden yararlanarak ve Curve Expert bilgisayar programı kullanılarak bulunmuştur.

İzoterm, bir iyonun katı fazdaki denge derişimi ile sulu fazdaki denge derişimi arasındaki ilişkidir ve

$$q_e = \frac{q_m K C_e}{1 + K C_e} \quad (8)$$

Burada q_e (mg g⁻¹) dengede sorbent birim ağırlığı başına sorbe edilen metal miktarı, C_e (mg L⁻¹) ise çözeltideki denge derişimidir. q_m , yüzey metal iyonlarıyla tamamen doyduğu zamanki tek tabakalı maksimum sorpsiyon kapasitesidir.

Langmuir sabiti K ise, Cr(III) iyonlarıyla sorbent arasındaki bağın gücünü gösterir ve

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (9)$$

Bu eşitlikte, K_F , Freundlich sorpsiyon kapasitesi, n ise sorbent sorpsiyon şiddetidir. Şekil 4'te Langmuir ve Freundlich izoterm grafikleri görülmektedir. İzoterm sabitleri, R^2 ve standart hata değerleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'de de görüldüğü gibi elde edilen R^2 değerlerinin her iki izoterm içinde 0.95'in üzerinde olması sorpsiyonun her iki izotermde de uyduğunu gösterir. Ancak Şekil 4'te görüldüğü gibi Freundlich izotermi yüksek derişimlerde elde edilen deneysel denge eğrisinden uzaklaşır. Sonuç olarak Freundlich

reçine kullanımının optimizasyonu açısından önemlidir (Gode and Pehlivan, 2006).

Langmuir izotermi, adsorban yüzeyindeki bütün merkezlerin aynı enerjiye sahip olduğu ve sorbe edilen moleküller arasında herhangi bir çekim olmadığı varsayımına dayalı olan ve tek tabakalı homojen bir sorpsiyonu açıklamak için kullanılan en yaygın izotermelerden biridir (Dizge et al., 2009; Özcan et al., 2009).

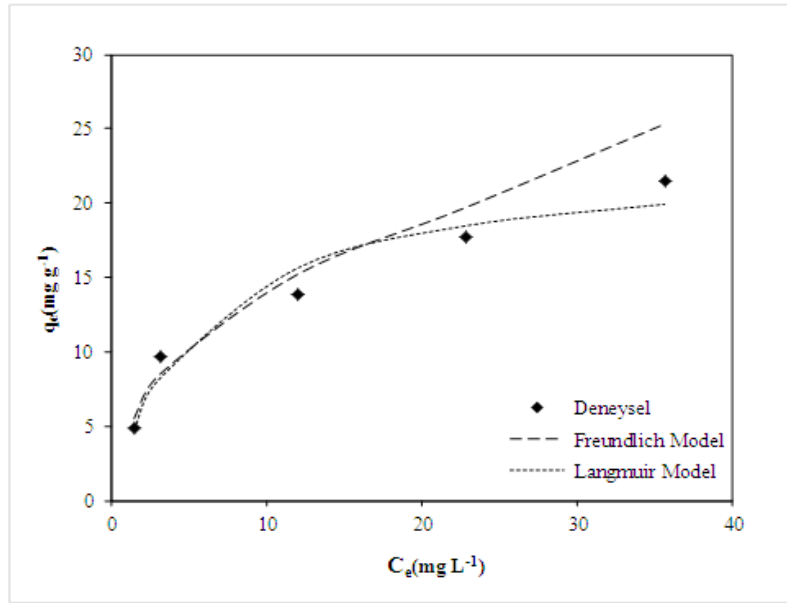
Langmuir izoterminin ifadesi ise aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibidir (Langmuir, 1916; Han et al., 2009):

sorpsiyon enerjisi ile ilgili bir sabittir.

Freundlich izotermi ise heterojen yüzeylerdeki dengeyi tanımlar. Bu yüzden burada tek bir tabaka kapasitesinden bahsedilemez.

Freundlich izotermi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Freundlich, 1907; Özcan et al., 2009):

izoterminin orta derişimlerde daha uygun olduğu söylenebilir (Treybal, 1981). Freundlich sabiti $n > 1$ olması istenen düzeyde bir sorpsiyona işaret eder ve n 'nin değeri ne kadar sıfıra yakınsa sistem o ölçüde heterojendir (Aşçı et al., 2008). Langmuir maksimum sorpsiyon kapasitesi (q_m) ise 23.15 mg g⁻¹ olarak bulunmuştur. Çizelge 3'te farklı reçinelerin maksimum sorpsiyon kapasitelerinin karşılaştırılması görülmektedir. Çizelge 3'te görüldüğü gibi Dowex 88, krom giderimi için diğer reçinelere göre uygun ve nispeten yüksek sorpsiyon kapasitesine sahiptir.



Şekil 4. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonu için Langmuir ve Freundlich sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması (pH=4; reçine miktarı, 0.25 g; sıcaklık, 25°C; karıştırma hızı, 140 rpm).

Çizelge 2. Langmuir ve Freundlich sorpsiyon izoterm sabitleri

Langmuir q_m (mg g ⁻¹)	K (L g ⁻¹)	R^2	Standart hata (σ)
23.15	0.1726	0.9756	1.6513
Freundlich K_F (L ⁿ mg ⁻ⁿ)	n	0.9892	1.1034
5.22	2.53		

Çizelge 3. Cr(III) sorpsiyonu için farklı reçinelerin maksimum sorpsiyon kapasitelerinin karşılaştırılması

Reçine	q_m (mg g ⁻¹)	Kaynaklar
Dowex 88	23.15	Yapılan çalışma
Lewatit TP-207	17.72	Gode and Pehlivan, 2003
Chelex-100	15.08	Gode and Pehlivan, 2006
Lewatit S-100	20.28	Gode and Pehlivan, 2006
b-DAEG–sporopollenin	1.23	Gode and Pehlivan, 2007
Amberlit IRC-50	32.29	Mustafa et al., 2008

Dowex 88 reçinesine Cr(III) iyonlarının sorpsiyon mekanizmasını (fiziksel ya da kimyasal) belirleyebilmek için sorpsiyon denge verilerine ayrıca Dubinin–Radushkevich (D–R) izoterm modeli uygulanmıştır. Bu modelin eşitlikleri aşağıda verilmiştir (Eşitlikler (10)-(13)):

$$q_e = q_m \exp(-\beta \varepsilon^2) \quad (10)$$

Burada q_e dengede reçinenin birim ağırlığı başına sorbe edilen metal miktarı (mol g^{-1}), q_m tek tabaka kapasitesi (mol g^{-1}), C_e çözeltideki dengederişimi (mol L^{-1})

ve β ise sorpsiyon enerjisiyle ilgili bir sabittir ($\text{mol}^2 \text{J}^{-2}$). ε ise Polanyi potansiyel sabiti olup matematiksel ifadesi aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibidir:

$$\varepsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_e} \right) \quad (11)$$

Burada R , ideal gaz sabiti ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$), T , sıcaklıktır (Kelvin).

D-R izoterm modeli (Eşitlik 10) lineerleştirilirse aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\ln q_e = \ln q_m - \beta \varepsilon^2 \quad (12)$$

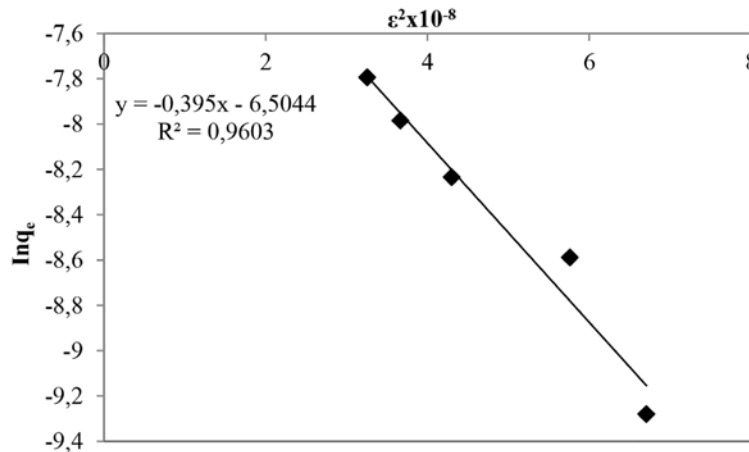
Eşitlik 12.'ye göre ε^2 'ye karşı $\ln q_e$ değerleri grafiğe geçirilirse (Şekil 5), eğim β 'sabitini, ordinatın kesim noktası ise q_m 'değerini verir. Buradan β sabiti ve q_m

değerleri sırasıyla $3.95 \times 10^{-9} \text{ mol}^2 \text{J}^{-2}$ ve $1.496 \text{ mmol kg}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Sorpsiyon enerjisi, E (kJ mol^{-1}) ise aşağıdaki eşitlikten bulunabilir:

$$E = \frac{1}{\sqrt{2\beta}} \quad (13)$$

Sorpsiyon enerjisi E 'nin değeri sorpsiyon mekanizması hakkında bilgi verir. Eğer E 'nin değeri 8 ve 16 kJ mol^{-1} arasında ise sorpsiyon kimyasal, eğer 8 kJ mol^{-1} 'den daha küçükse sorpsiyon fizikseldir. Eşitlik

13'ten E 'nin değeri 4.0 kJ mol^{-1} olarak bulunmuştur. Bu sonuç sorpsiyonun fiziksel olduğunu göstermektedir (Jain, 2001; Mishra and Patel, 2009; Aşçı, 2012; Bahatt and Shah, 2015).



Şekil 5. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonu için Dubinin-Radushkevich (D-R) izoterm grafiği (pH=4; reçine miktarı, 0.25 g; sıcaklık, 25°C; karıştırma hızı, 140 rpm).

Sorpsiyon Termodinamiği

Sorpsiyon termodinamiği farklı sıcaklıklar kullanılarak (25, 40, 60 °C) analiz edilmiştir. Termodinamik parametreler; serbest enerji değişimi

(ΔG^o), entalpi (ΔH^o) ve entropi değişimi (ΔS^o) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4'te gösterilmiştir.

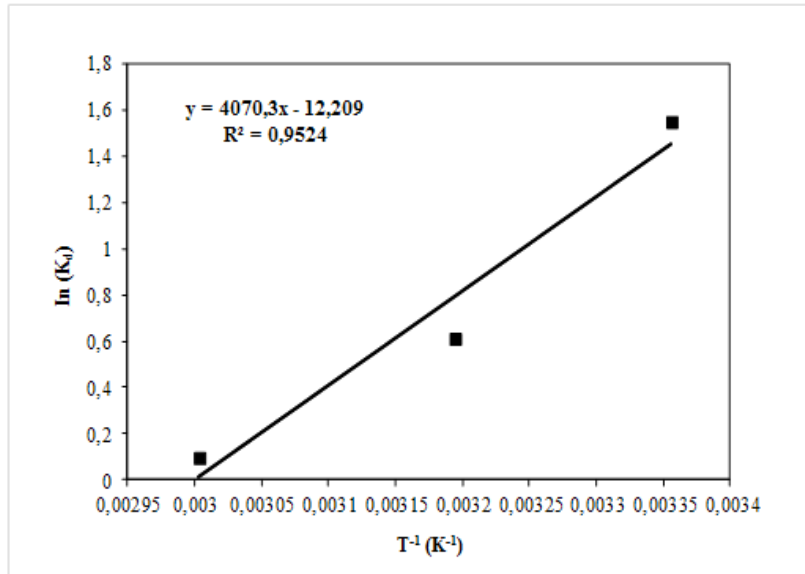
$$\Delta G^o = -RT \ln K_d \quad (14)$$

$$K_d = \frac{q_e}{C_e} \quad (15)$$

$$\ln K_d = \frac{\Delta S^o}{R} - \frac{\Delta H^o}{RT} \quad (16)$$

ΔH^o ve ΔS^o 'ın değerleri ise T^{-1} 'e karşı $\ln K_d$ 'nin çiziminden elde edilmiştir (Gupta and

Bhattacharyya, 2006) (Şekil 6).



Şekil 6. T^{-1} 'e karşı $\ln K_d$ grafiği

ΔH^o , $-33841 \text{ J mol}^{-1}$ olarak bulunmuştur. ΔH^o 'ın negatif değeri sorpsiyonun ekzotermik olduğunu göstermektedir. ΔS^o 'ın negatif değeri ise sorbe edilen türlerin serbestlik derecesindeki azalmaya işaret etmektedir (Pehlivan and Çetin, 2009). Çizelge 4'te görüldüğü gibi sıcaklığın artışıyla sorpsiyon kapasitesi ve sorpsiyon verimliliği azalmıştır. Bu nedenle optimum sıcaklık 25°C olarak seçilmiştir.

Çalışılan tüm sıcaklıklarda ΔG^o 'ın negatif değerleri sorpsiyon olayının kendiliğinden gerçekleştiğini gösterir (Dizge et al., 2009).

ΔH^o , ΔS^o ve ΔG^o 'ın benzer değerleri ayrıca Lewatit TP-207 ve Chelex 100 reçineleriyle Cr(III) giderimi için Gode ve Pehlivan (2003) tarafından da elde edilmiştir.

Çizelge 4. Farklı sıcaklıklarda Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonu için hesaplanan termodinamik parametreler

T(K)	Sorpsiyon (%)	Sorpsiyon kapasitesi (mg g ⁻¹)	ΔG^o (J mol ⁻¹)	ΔH^o (J mol ⁻¹)	ΔS^o (J mol ⁻¹ K)
298	97.92	9.67	-3592		
313	94.85	8.73	-2069	-33841	-102
333	91.69	8.44	-391		

Sürenin Etkisi ve Sorpsiyon Kinetiği

Reçineye krom sorpsiyonuna sürenin etkisi, sorpsiyonun dengeye ulaşma süresini ve metal giderim kinetiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla farklı sürelerde (2, 5, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300 dakika) ölçümler yapılarak % sorpsiyon değerleri elde edilmiştir (Şekil 7). Şekil 7'de de görüldüğü gibi reçineye krom sorpsiyonu 120. dakikaya kadar ani bir hızla artmış (%90) ve bu andan sonra 180. dakikaya

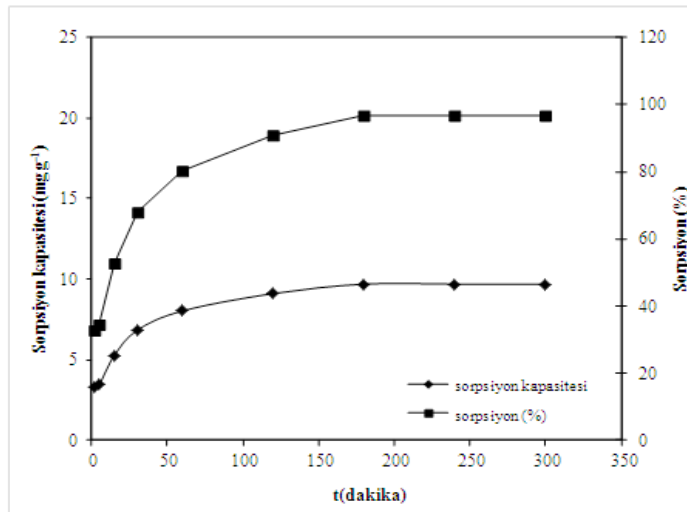
kadar daha yavaş hızda artarak %97 değerine ulaşmıştır. 180. dakikadan sonra ise sorpsiyonda önemli bir değişiklik olmamıştır.

Sorpsiyon kinetiği ise sorpsiyon mekanizmasının ve optimum proses koşullarının belirlenmesi açısından önemlidir (Alyüz and Veli, 2009). Sıvı fazdan katı faza iyonların sorpsiyonu aşağıdaki tepkimeye görüldüğü gibi tersinir birinci mertebe kinetiğe uymaktadır (Panchenkov and Lebedev, 1976).

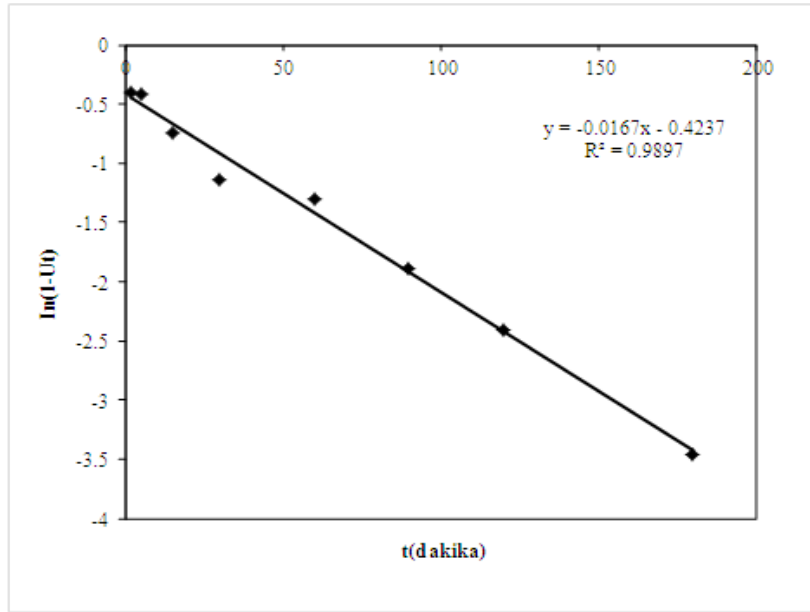


Burada k_1 ileri yöndeki (sorpsiyon) hız sabiti, k_2 ise geri yöndeki (desorpsiyon) hız sabitidir. Kinetik eşitlikler kullanılarak (Rengaraj et al., 2001; Gode and Pehlivan, 2003; Gode and Pehlivan, 2006; Shi et al., 2009;

Pehlivan and Çetin, 2009) toplam, ileri ve geri yönlü hız sabitleri hesaplanmış ve Çizelge 5'te gösterilmiştir. Toplam hız sabiti ise Şekil 8'deki doğrunun eğiminden bulunmuştur.



Şekil 7. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonuna zamanın etkisi (C_p , 100 mg L⁻¹; pH=4; reçine miktarı, 0.25 g; sıcaklık, 25°C; karıştırma hızı, 140 rpm).



Şekil 8. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyon kinetiği

Çizelge 5'te görüldüğü gibi krom giderimi için ileri yöndeki hız sabiti (sorpsiyon) geri yöndeki hız sabitinden (desorpsiyon) oldukça yüksektir. Geri

yöndeki hız sabitinin düşük olması sorpsiyonun baskın olduğunu ve sorbe edilen korumun kararlı bir şekilde reçineye bağlandığını gösterir.

Çizelge 5. Dowex 88'e Cr(III) iyonlarının sorpsiyonu için hesaplanan kinetik hız sabitleri

Toplam hız sabiti $k=k_1+k_2$ (1 min ⁻¹)	İleri yönlü hız sabiti k_1 (1 min ⁻¹)	Geri yöndeki hız sabiti k_2 (1 min ⁻¹)
1.002	0.972	0.0306

SONUÇ

Bu çalışmada sulu çözeltilerden Cr(III) iyonlarının giderimi, Dowex 88 katyon değişim reçinesi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve giderim için optimum koşullar belirlenmiştir.

Bu amaçla sorpsiyonu etkileyen faktörlerden pH, reçine miktarı, sıcaklık ve sürenin etkisi incelenmiştir.

Optimum koşullar altında ($C_i=100$ mg L⁻¹, pH=4, reçine miktarı=0.25 g 25 mL⁻¹, sıcaklık=25 °C, karıştırma hızı = 140 rpm, süre= 180 dakika), %98 giderim elde edilmiştir. İzoterm çalışmalarında Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri denenmiş ve deneysel verilerin her iki izoterme de uyduğu görülmüştür. Termodinamik sonuçlar ise sorpsiyonun ekzotermik ve kendiliğinden gerçekleştiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Alyüz B, Veli S, 2009. Kinetics and equilibrium studies for the removal of nickel and zinc from aqueous solutions by ion exchange resins. *Journal of Hazardous Materials*, 167: 482–488.
- Aşçı Y, Nurbaş M, Açikel Sağ Y, 2008. A comparative study for the sorption of Cd(II) by soils with different clay contents and mineralogy and the recovery of Cd(II) using rhamnolipid biosurfactant. *Journal of Hazardous Materials*, 154: 663-673.

- Aşçı Y, 2012. Adsorption of Zn(II) onto Turkish soil: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Desalination and Water Treatment*, 45:61–69.

- Aşçı Y, Kaya Ş, 2016. Sorption of cobalt(II) from an aqueous medium using Amberlite 200C and Dowex 88 resins: Equilibrium and kinetic studies. *Desalination and Water Treatment*, 57: 13091–1310.

- ATSDR, 2016. Agency for Toxic Substances & Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=17>. (Erişim tarihi: 23 Nisan, 2016).
- Ball, JW, Nordstrom, DK, 1998. Critical evaluation and selection of standard state thermodynamic properties for chromium metal and its aqueous ions, hydrolysis species, oxides, and hydroxides. *Journal of Chemical Engineering Data*, 43:895-918.
- Bhatt RR, Bhavna AS, 2015. Sorption studies of heavy metal ions by salicylic acid–formaldehyde–catechol terpolymeric resin: Isotherm, kinetic and thermodynamics. *Arabian Journal of Chemistry*, 8: 414-426
- Dizge N, Keskinler B, Barlas H, 2009. Sorption of Ni(II) ions from aqueous solution by Lewatit cation-exchange resin. *Journal of Hazardous Materials*, 167:915–926.
- Du YJ, Hayashi S, 2006. A study on sorption properties of Cd²⁺ on Ariake clay for evaluating its potential use as a landfill barrier material. *Applied Clay Science*, 32: 14-24.
- Freundlich H, 1907. Ueber die adsorption in Loesungen. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 57A:385-470.
- Gode F, Pehlivan E, 2003. A comparative study of two chelating ion-exchange resins for the removal of chromium(III) from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, B100:231–243.
- Gode F, Pehlivan E, 2006. Removal of chromium(III) from aqueous solutions using Lewatit S 100: The effect of pH, time, metal concentration and temperature. *Journal of Hazardous Materials*, 136, 330-337.
- Gode F, Pehlivan E, 2007. Sorption of Cr(III) onto chelating b-DAEG–sporopollenin and CEP–sporopollenin resins. *Bioresource Technology*, 98:904–911.
- Gupta SS, Bhattacharyya KG, 2006. Removal of Cr(III) from aqueous solution by kaolinite, montmorillonite and their poly(oxo zirconium) and tetrabutylammonium derivatives. *Journal of Hazardous Materials*, 128:247-257.
- Han R, Zhang J, Han P, Wang Y, Zhao Z, Tang M, 2009. Study of equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters about methylene blue adsorption onto natural zeolite. *Chemical Engineering Journal*, 145:496-504.
- Jain CK, 2001. Adsorption of zinc onto bed sediments of the River Ganga: adsorption models and kinetics. *Hydrological Sciences Journal*, 46:419–434.
- Kimbrough DE, Cohen Y, Winer AM, Creelman L, Mabuni CA, 1999. Critical Assessment of Chromium in the Environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29:1-46.
- Kocaoba S, Akcin G, 2005. Removal of chromium (III) and cadmium (II) from aqueous solutions. *Desalination*, 180:151-156.
- Kotas J, Stasicka Z, 2000. Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. *Environmental Pollution*, 107:263-283.
- Kumral E, 2007. Speciation of Chromium in Waters via Sol-Gel Preconcentration Prior to Atomic Spectrometric Determination. İzmir Institute of Technology, Master Thesis, 63s.
- Langmuir L, 1916. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. *Journal of the American Chemical Society*, 38:2221-2295.
- Mishra PC, Patel RK, 2009. Removal of lead and zinc ions from water by low cost adsorbents. *Journal of Hazardous Materials*, 168:319-325
- Mohan D, Pittman CU, 2006. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri-and hexavalent chromium from water. *Journal of Hazardous Materials*, B137:762-811.
- Mustafa S, Shah KH, Naeem A, Waseem M, Tahir M, 2008. Chromium (III) removal by weak acid exchanger Amberlite IRC-50 (Na). *Journal of Hazardous Materials*, 160:1-5.
- Özcan AS, Gök Ö, Özcan A, 2009. Adsorption of lead(II) ions onto 8-hydroxy quinoline-immobilized bentonite. *Journal of Hazardous Materials*, 161:499-509.
- Panchenkov GM, Lebedev GM, 1976. *Chemical Kinetics and Catalysis*. Mir Publishers, Moscow. p. 431.
- Pehlivan E, Altun T, 2006. The study of various parameters affecting the ion exchange of Cu²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Cd²⁺, and Pb²⁺ from aqueous solution on Dowex 50W synthetic resin. *Journal of Hazardous Materials*, 134:149-156.
- Pehlivan E, Çetin S, 2009. Sorption of Cr(VI) ions on two Lewatitanion exchange resins and their quantitative determination using UV–visible spectrophotometer. *Journal of Hazardous Materials*, 163: 448–453.
- Rengaraj S, Yeon KH, Moon SH, 2001. Removal of chromium from water and wastewater by ion exchange resins. *Journal of Hazardous Materials*, 87:273-287.
- Rengaraj S, Joo CK, Kim Y, Yi J, 2003. Kinetics of removal of chromium from water and electronic process wastewater by ion exchange resins: 1200H, 1500H and IRN97H. *Journal of Hazardous Materials*, 102:257-275.
- Richard FC, Bourg ACM, 1991. Aqueous geochemistry of chromium: a review. *Water Research*, 25:807-816.
- Shi T, Wang Z, Liu Y, Jia S, Changming D, 2009. Removal of hexavalent chromium from aqueous solutions by D301, D314 and D354 anion-exchange resins. *Journal of Hazardous Materials*, 161:900–906.
- Treybal RE, 1981. *Mass-Transfer Operations*. McGraw-Hill Chemical Engineering Series.

Mikrokanallarda Nanoakışkanların Kaynamalı Akış Karakteristikleri

Eyüphan MANAY¹

ÖZET: Mikrocihazlarda giderek artan ısı akısı değerleri nedeniyle geleneksel ısı transfer arttırım yöntemleri mikrosistemlerin soğutulmasında yetersiz kalmaktadır. Kaynama ile ısı transferi yüksek ısı transfer katsayılarının elde edilmesi yanında yüzey sıcaklığının neredeyse sabit olması nedeniyle yüksek ısı atımını gerektiren mikrosistem uygulamaları için önemli bir potansiyele sahiptir. Diğer yandan geleneksel akışkanlar yerine nanoakışkanların kullanımı yüksek ısı performans için önemli bir alternatif olarak düşünülmektedir. Nanoakışkanların tek fazla ısı transferiyle ilgili birçok çalışma olmasına rağmen mikrokanallarda kaynamalı akış durumunda nanoakışkan kullanımıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Literatürde nanoakışkanların kaynamalı akışta kullanımının bazı çalışmalara göre uygun olup olmadığı yönünde belirsizlikler vardır. Bu nedenle nanoakışkanların kaynamalı akış şartlarında kullanılabilirliği ile ilgili daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, farklı nanoakışkanlar ile yapılan deneysel çalışmalar derlenmiş ve nanoakışkanların mikrokanallarda kaynamalı akışta kullanımının avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kaynamalı akış, kritik ısı akısı, mikrokanal, nanoakışkan

Flow Boiling Characteristics of Nanofluids in Microchannels

ABSTRACT: Due to the ever increasing heat flux values, traditional heat transfer enhancement methods fail to satisfy on cooling of micro systems. Flow boiling heat transfer has a great potential for the applications requiring high heat removal rates because high heat transfer coefficients are achieved in addition to surface temperature to be nearly constant. On the other hand, use of nanofluids instead of traditional fluids is thought to be an important alternative for high thermal performance. Although there are numerous study on the single phase heat transfer of nanofluids, a few number of study concerning with the flow boiling heat transfer of nanofluids in microchannels exists. In the literature, there are some conflicts on whether the use of nanofluids in flow boiling is appropriate or not. Thus, more detailed studies on the usability of nanofluids in boiling flow conditions are required. In this study, experimental studies conducted by with nanofluids were reviewed, and the advantages and disadvantages of the using nanofluids in boiling flows in microchannels were determined.

Keywords: Critical heat flux, flow boiling, microchannel, nanofluid

¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Eyüphan MANAY, emanay@erzurum.edu.tr

GİRİŞ

Elektronik cihazların boyut ve ağırlıklarının gittikçe azalması ve daha kompakt hale gelmesi bu cihazların birim alanından olan ısı transferi yayılım miktarının önemli ölçüde artmasına yol açmıştır. Havacılık, savunma, uzay, tıp gibi yüksek teknoloji alanlarında kullanılan elektronik ekipmanların artan ısı akısı değerleri nispeten daha az yüzey sıcaklık artışının görüldüğü iki fazlı soğutma uygulamalarını cazip hale getirmektedir (Ritchey et al., 2014).

Diğer yandan, insan akciğerlerindeki solunum sisteminde, böbreklerdeki boşaltım sisteminde ve doğadaki diğer birçok canlı sistemlerde gözlemlendiği üzere, mikro ölçüdeki pasajlarda taşınım süreci daha verimli gerçekleşmektedir (Kandlikar et al., 2013). Mikrokanalların yüksek ısı transfer alan/hacim oranına sahip olması ve akış ve ısı transfer karakteristiklerinde makro ölçekteki kanallara kıyasla farklı kuvvetlerin ön plana çıkması yeni bir taşınım prosesinin oluşmasına neden olmuştur (Kandlikar et al. 2014).

Mikrokanallar yüksek ısı transfer alan/hacim değerine sahip olduklarından dolayı küçük yüzeylerden yüksek miktarda ısı transferi gerçekleştirmektedirler. Bu ise ısı transferi sistemlerinde daha az miktarda akışkan ile daha fazla ısı transferi elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Öte yandan, kaynama sırasında sıvı-gaz faz değişiminde buharlaşma gizli ısının kullanılması, yüzey sıcaklığının neredeyse sabit kalması ve böylelikle yüksek ısı transfer katsayılarının elde edilmesine yol açmaktadır (Kandlikar, 2016).

Kaynamalı akışın makro kanallar yerine mikrokanallarda kullanılması ise sistemin ısı transferi performansını artırmaktadır.

Son yıllarda ivme kazanan teknolojik gelişmeler yüksek etkinliğe sahip ısı transferi sistemlerine olan ihtiyacın daha da artmasına yol açmıştır.

Isı transferinin iyileştirmesi için aktif ve pasif metodlar içeren birçok araştırma yapılmıştır (Bahiraei ve Hangi, 2015). İlk olarak (Choi, 1995) tarafından önerilen akışkanın ısıl özelliklerini arttırmak için temel akışkana nanopartikül eklenmesi fikri birçok araştırmacının nanoakışkanlarla ısı transferi arttırımı konusuna yoğunlaşmasını sağlamıştır.

Bu makalede mikrokanallarda nanoakışkanların kaynamalı akışta termofiziksel özellikleri, akış ve ısı transfer karakteristikleri ile ilgili son zamanlarda yapılmış olan çalışmalar özetlenmiş ve literatür değerlendirmesi yapılmıştır.

Mikrokanallarda Nanoakışkanların Kaynamalı Akış Karakteristikleri

Bu bölümde, nanoakışkanların mikrokanallarda kaynamalı akışa ait akış rejimleri, ısı transfer katsayısı, basınç düşüşü, kritik ısı akısı karakteristikleriyle ilgili bir literatür değerlendirmesi yapılmıştır. Kaynamalı akışta nanoakışkan kullanımının ısı transferi, basınç düşüşü ve kritik ısı akısına etkisi araştıran çalışmalar sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilmiştir.

Bu tablolarda verilen deneysel çalışmalar genellikle mini kanallarda ya da makro ölçekte yapılmış çalışmaları içermektedir.

Literatürde nanoakışkanlar ile yapılmış mikrokanallarda kaynamalı akış ısı transfer karakteristiklerini inceleyen yayınlanmış çok az sayıda çalışma vardır. Son zamanlarda yapılmış çalışmalar Çizelge 3’te özetlenmiştir.

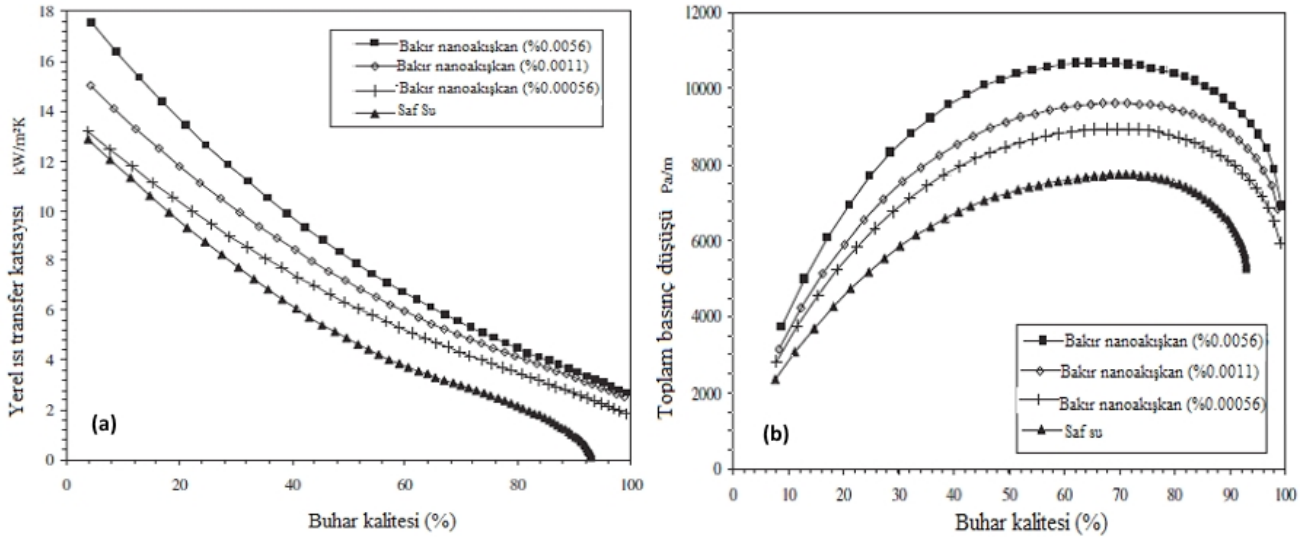
Çizelge 1. Nanoakışkanların kaynamalı akış ısı transfer katsayısı ile ilgili yapılan deneysel çalışmaların özeti (Fang et al., 2015)

Yazar	Akış Parametreleri: Çıkış basıncı P (kPa) /d (mm)/L (mm)/G (kg m ⁻² s) /q (kW m ⁻²)	Nanoakışkanlar; konsantrasyon	Partikül boyutu (nm)	Yüzeysel Analizi	Isı Transferi
Faukner et al., 2003	101/0.923-1.714/10 ^a /100-2750	Al ₂ O ₃ , Al-N/su; 0.25-0.5 wt%	a	a	Hem artış hem de azalma mevcuttur
Peng et al., 2009	78.25/8.12/1400/100-200/3.08-6.16	CuO/R113; 0-0.5 wt%	40	TEM	% 29.7'lik artış
Kim et al., 2010	101/5.53/100/1500-2500/100-7500	Al ₂ O ₃ /su, ZnO/su, elmas/su; 0.001-0.1 vol%	40-165.4	SEM	Birbirine yakın (\pm % 20 içerisinde).
Boudouh et al., 2010	^a /0.8/160/167-616/ ^a	Cu/su; 0.00056-0.0056 vol%	35	a	Artan konsantrasyonla beraber artış
Henderson et al., 2010	835/7.9/2000/125-390/5.8-16.2; 336/7.9/2000/125-390/0.7-3.1	SiO ₂ /R134a; 0.05-0.5 vol%. CuO/R134a/POE; 0.02-0.08 vol%	200-300 SiO ₂ için 30 CuO için	a	SiO ₂ /R134a için % 55 azalma; CuO/R134a/POE için >% 100 artış
Xu and Xu, 2012	101/0.143/7.5/171-401/0-1000	Al ₂ O ₃ /su; 0.2 wt%	40	SEM TEM	% 17 artış
Abedini et al., 2013	101/10/1000/137-303/51-102	TiO ₂ /su; 0.1-2.5 vol%	20	a	Artan konsantrasyonla beraber artış
Cehade et al., 2013	101/0.8/160/87-653/3-6	Ag/su; 0.000237-0.000475 vol%	35	a	% 132-% 162 artış
Rana et al., 2013; Rana et al., 2014	101/21.8/500/405-710/100-550	ZnO/su; 0.001-0.01 vol%	40	SEM	Artan konsantrasyonla artış
Sun and Yang, 2014	101/10/1400/120-330/ ^a	Cu/R141b, Al/R141b, Al ₂ O ₃ /R141b, CuO/R141b, 0.1-0.3 wt%	40	a	Cu/R141b için % 49 artış
Sarafraz and Hormozi, 2014	^a /30/140/353-1059/0-190	CuO/su; 0.5-1.5 vol%	50	SEM	Konsantrasyon ile kötüleşme

^a Mevcut değil veya yayınlanmamış

Boudouh et al. (2010) bakır bir plaka üzerine yerleştirilmiş hidrolik çapı 800 µm olan dikdörtgen kesitli 50 adet paralel kanal kullanarak Cu-su nanoakışkanının akış kaynama ısı transferi ve basınç düşüşü karakteristiklerini incelemiştir. Ortalama çapı 35 nm olan bakır nanopartiküller % 0.00056, 0.0011 ve 0.0056 olacak şekilde çok düşük hacimsel oranlarda temel akışkan su içerisine dağıtılmıştır. Nanopartikül konsantrasyonu ile beraber yüzey sıcaklığı azalmıştır. Kanal çıkış bölgesinde % 0.0011 hacimsel nanopartikül oranı için doyma sıcaklığı saf suya göre azalarak 98°C olmuştur. Temel akışkan içerisindeki bakır nanopartiküller lokal olarak

ısı transferini artırarak kaynama başlangıcını hızlandırmıştır. Nanopartikül konsantrasyonuna bağlı olarak yerel ısı transfer katsayısının değişimi Şekil 1a'da verilmiştir. Nanopartikül konsantrasyonu ile beraber artan ısı transfer katsayısı, mikrokanal yüzeyi ve akışkan giriş sıcaklığının azalmasının yanında kaynama yüzeyinde nanopartiküllerin etkisiyle artan lokal ısı akısından kaynaklanmaktadır. Cu nanopartikül konsantrasyonu ile artan yerel ısı akısı aynı zamanda buhar kalitesini de arttırmıştır. Şekil 1b farklı nanopartikül konsantrasyonu için buhar kuruluk derecesine bağlı olarak kanal boyunca oluşan toplam basınç kayıplarını göstermektedir.



Şekil 1. Cu-su nanoakışkanı için hacimsel konsantrasyon oranına bağlı olarak (a) yerel ısı transfer katsayısı değişimi (b) toplam basınç düşüşü (Boudouh et al., 2010)

Lee and Mudawar (2007) bir mikrokanallı ısı alıcıda Al_2O_3 -su nanoakışkanını kullanarak akış kaynama deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Kullanılan alüminyum oksit partikülleri 36 nm ortalama büyüklüğünde olup temel akışkan olan sudaki hacimsel konsantrasyon değerleri % 1 ve % 2'dir. Deneyler, bakır blok üzerine işlenmiş, 215 μ m genişliğinde ve 821 μ m derinliğinde 21 adet paralel mikrokanal kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kaynama olayı başladığında mikrokanal çıkışına yakın bölgede yerel buharlaşmadan dolayı nanopartiküllerin büyük kümeler halinde birikmeye başladığını gözlemlemişlerdir. Bu kümelenme hızlı bir şekilde mikrokanal girişine doğru ilerlemiş ve bütün kanala yayılarak akışkanın ısı alıcısı içerisine girişini engellemiştir. Dolayısıyla, nanopartiküllerin ana akışkan içerisinde topaklanmalarını engellemek ve ara yüzey özelliklerini iyileştirmek için yüzey aktif maddeler kullanılmalıdır.

Vafai and Wen (2010; 2011) 510 μ m çaplı tek bir mikrokanal içerisinde Al_2O_3 -su nanoakışkanının sıkıştırılmış sıvı akış kaynama özelliklerini 600-1650 $kg\ m^{-2}s^{-1}$ arasında

değişen kütleli akı aralığında deneysel olarak incelemişlerdir. Deneylerde kullanılan alüminyum oksit nanopartiküllerinin ortalama büyüklüğü 25 nm'dir. Kaynama kritik ısı akısı değerinin hem saf su hem de Al_2O_3 -su nanoakışkanı için artan kütleli debi ile arttığı gözlenmiştir. Saf su ile karşılaştırıldığında Al_2O_3 -su nanoakışkanının kaynama kritik ısı akısı değerinde % 0.1 gibi çok düşük nanopartikül konsantrasyonunda % 51 'lik gibi kayda değer bir artış görülmüştür.

Nanoakışkan kaynamasında daha fazla kabarcık oluşumunun meydana geldiği fakat ömürlerinin daha kısa olduğu gözlenmiştir. Saf su ve nanoakışkan için farklı yanma olayı karakteristikleri elde edilmiştir. Al_2O_3 -su nanoakışkanı kullanımında iğne deliği şeklinde yanık bölgeler oluşmuştur.

Yüzeyde nanopartiküllerin birikmesinin kızgın noktaların oluşmasına neden olabileceği veya mikrokanal içinde büyüyen kabarcıkların altında kalan kuru bölgelerin genişlemesinin nanopartiküller tarafından engellenmesi bu tip bir yanma şekline yol açabileceği belirtilmiştir.

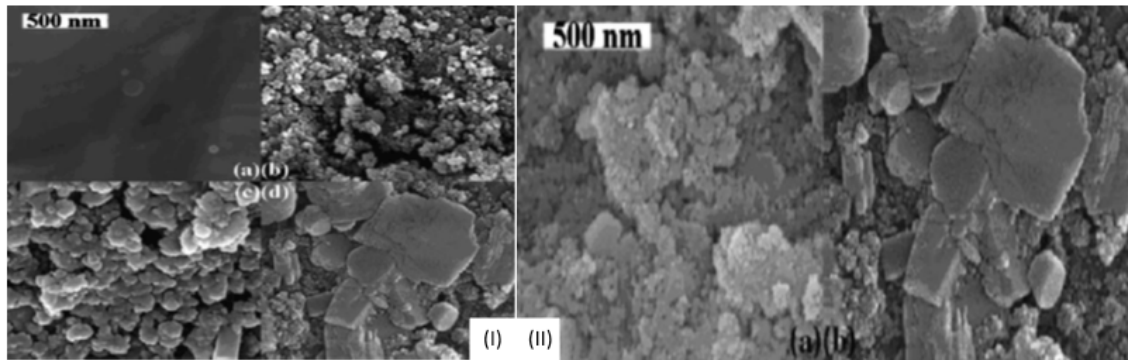
Çizelge 2. Nanoakışkanların kaynamalı akış kritik ısı akısı değeriyle ilgili yapılan deneysel çalışmaların özeti (Fang et al., 2015)

Yazar	Akış Parametreleri: Çıkış basıncı P (kPa) /d (mm)/L (mm)/G (kg m ⁻² s) /q (kW m ⁻²)	Nanoakışkan türü ve konsantrasyonu	Partikül boyutu (nm)	Yüze Analizi	Kritik Isı Akısı
Kim et al., 2008	101/8.7/240/≥1000/0-3000	Al ₂ O ₃ /su;0.01-0.1 vol%	40-50	a	% 30 artış
Kim et al., 2009	101/5.53//1500-2500/ ^a	Al ₂ O ₃ /su, ZnO/su, elmas/su; 0.001-0.1 vol%	<100	SEM	Al ₂ O ₃ /su, ZnO/su, elmas/su nanoakışkanları için sırasıyla % 53, % 53 ve % 38'lik artış
Ahn et al., 2010	^a /10×5 (dikdörtgen)/1200/0-4000/0-3000	Al ₂ O ₃ /su;0.01 vol%	47	TEM	% 25-% 51 artış
Kim et al. 2010	101/10.98/500/100-300/10-2000	Al ₂ O ₃ /su;0.001-0.1 vol%	50	FE-SEM	% 70.2 artış
Vafai and Wen, 2010	101/0.51/306/600-1650/246.14	Al ₂ O ₃ /su;0.001-0.1 vol%	25	SEM	% 51 artış
Vafai and Wen, 2011	101/0.51/306/600-1980/175	Al ₂ O ₃ /su;0.001-0.1 vol%	25	SEM	Çok düşük konsantrasyon
Lee et al., 2012	101/12.7/500/100-250/100-3500	Al ₂ O ₃ /su;SiC/su; 0.01 vol%	50	SEM	Al ₂ O ₃ /su için % 15 artış ve SiC/su için % 41 artış
Lee et al., 2013	101/12.7/500/100-250/100-3500	GO/su; 0.01 vol%	a	SEM	% 100 artış
Lee et al., 2013	110/10.92/250/100-500/ ^a	Fe ₂ O ₃ /su, Al ₂ O ₃ /su; 0.01-0.1 vol%	25	SEM	Fe ₂ O ₃ /su için önemli bir artış

^a Mevcut değil veya yayınlanmamış

Nanopartikül yoğunluğunun artmasıyla mikrokanal yüzeyi üzerinde oluşan gözenekli yapı tabakasının kalınlığının arttığı ve daha yoğun hale geldiği gözlenmiştir (Şekil 2-I). Kaynama yüzeylerinde yapılan detaylı gözlemler, partikül konsantrasyonunun artışıyla kirlenme etkilerinin kanal çıkışında daha belirgin hale geldiği ve yüzey özelliklerinin değiştiğini ortaya çıkarmıştır (Şekil 2-II).

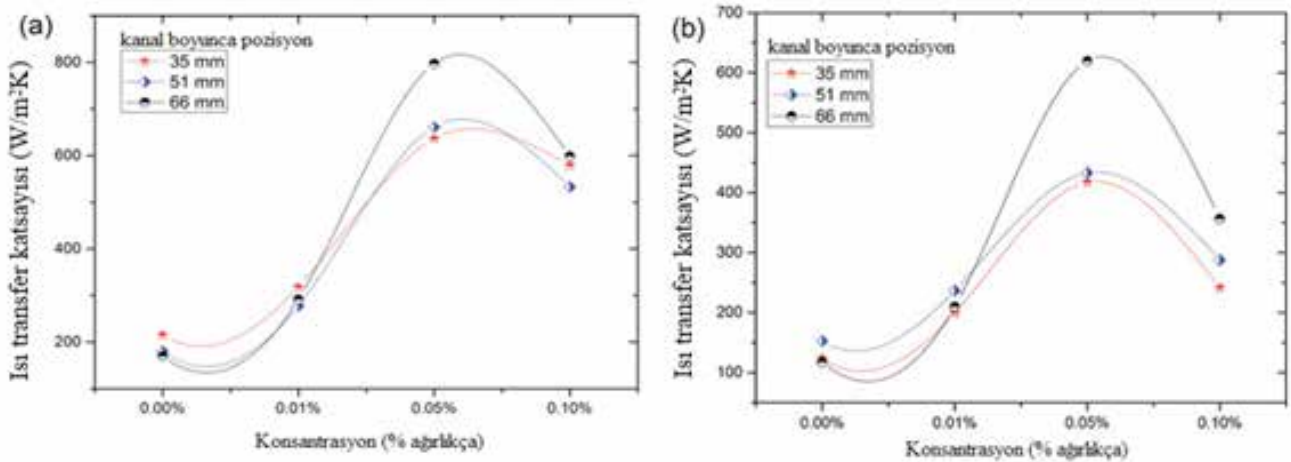
Düşük partikül hacimsel oran değerlerinde nanoakışkanın ısı transfer katsayısı ve Nusselt sayısında önemli bir artış gözlenirken silikon mikrokannallar boyunca basınç düşüşünde ki artış nispeten daha az olmuştur. Nanoakışkanın Nusselt sayısının, artan Reynolds sayısı, Prandtl sayısı ve nanopartikül konsantrasyonu ile beraber arttığı görülmüştür.



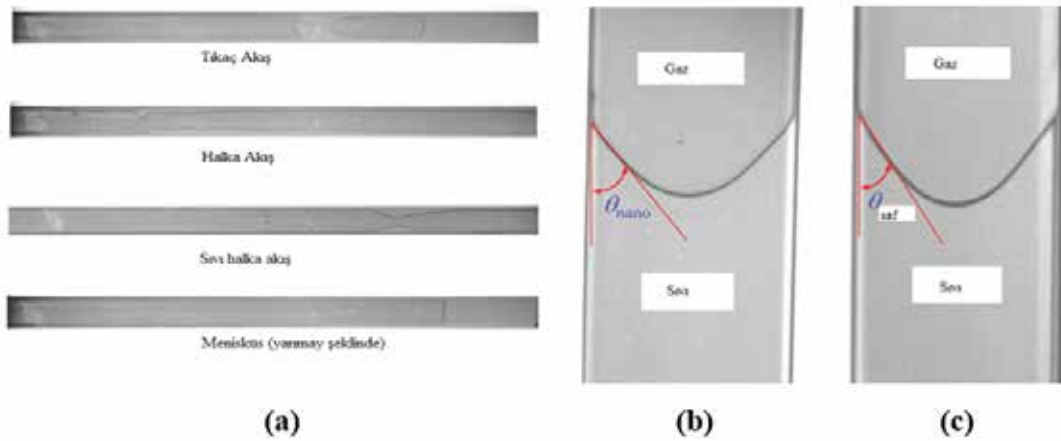
Şekil 2. (I) Farklı hacimsel oranlar için SEM görüntüleri (a) saf su (b) % 0.001 alüminyumoksit, (c) % 0.01 alüminyumoksit, (d) % 0.1 alüminyumoksit, (II) % 0.1 alüminyumoksit için test bölümünün (a) girişine, (b) çıkışına ait SEM görüntüleri (Vafai and Wen, 2010)

Duursma et al. (2015) hidrolik çapı 571 μm , 762 μm ve 1454 μm olan dairesel kesitli yatay mikrokannallarda alüminyum oksit/etanol nanoakışkanı kullanarak tek fazlı akış ve kaynamalı akış ısı transferi karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneysel verilerde, Reynolds sayısı 2.3 ile 18.1 arasında değişirken, mikrokannal duvarlarına 1.5 ile 9 kW m^{-2} aralığında değişen sabit üniform ısı akısı değeri uygulanmıştır. Deneysel veriler, alüminyum oksit partikül konsantrasyon değerleri % 0.01 ile % 0.1 arasında olan nanoakışkanlar ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel verilerine göre tek fazlı akışta, mikrokannal içerisindeki basınç düşüşü nanopartikül konsantrasyonu ile önemli bir değişim göstermemiştir. Kaynamalı akışta ise mikrokannal basınç kayıpları kararsız ve dalgalı bir şekil almıştır. Mikrokannal giriş basınç değerleri çıkış değerlerine kıyasla daha büyük salınım genliğine sahipken frekans değerleri giriş ve çıkışta birbirine yakın olarak ölçülmüştür. Kaynamalı akışta etanole alüminyum oksit nanopartiküllerinin ilave edilmesinin saf etanole göre ısı transferini arttırdığı görülmüştür. % 0.05 nanopartikül konsantrasyon değerinde saf etanole göre nanoakışkanın ısı transfer katsayısında maksimum beş katlık bir artış görülmüştür. Daha yüksek konsantrasyon değerlerinde ısı transfer katsayısında azalma meydana gelmiştir. Şekil 3 farklı Reynolds sayıları için saf etanol ve değişik

konsantrasyon oranlarına sahip alüminyumoksit-etanol nanoakışkanının kanal boyunca ısı transfer katsayısının değişimini göstermektedir. Isı transferindeki maksimum artışın kanal çıkışına yakın bölgede meydana geldiği görülmüştür. Deneysel verilerde, aynı zamanda mikrokannal içerisinde nanoakışkan kaynamasına ait akış rejimleri ve akış sıvı-gaz ara yüzeyinin biçimi yüksek hız görüntüleme teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Şekil 4a deney sırasında mikrokannalda gözlenen akış kaynama biçimlerini göstermektedir. Alüminyum oksit nanopartikül ilavesinin sadece saf etanole göre sıvı/gaz arayüzeyini daha kararlı hale getirdiği gözlenmiştir. Kaynama sırasında yüzeyde toplanan nanopartiküllerin, lokal partikül konsantrasyonun arttığı bu durum nanoakışkan viskozitesinin artmasına yol açarak sıvı/gaz arayüzeyinin daha kararlı olmasına yardımcı olduğu öne sürülmüştür. Bu durumun yüksek Reynolds sayılarında ve ısı akısı değerlerinde daha belirgin hale geldiği gözlenmiştir. Ayrıca, nanoakışkan kullanımında yüzey temas açısının saf etanole göre arttığı gözlenmiş ve üçlü temas noktası civarının ısı transferi için önemli olduğu ifade edilmiştir (Şekil 4b). Xu and Xu (2012) boyutu $100 \times 250 \times 7500 \mu\text{m}$ olan tek bir mikrokannal içerisinde saf su ve ağırlıkça % 0.2 oranında ortalama partikül boyutu 40 nm alüminyum oksit içeren Al_2O_3 -su nanoakışkanı için akış kaynama ısı transfer özelliklerini incelemişlerdir.



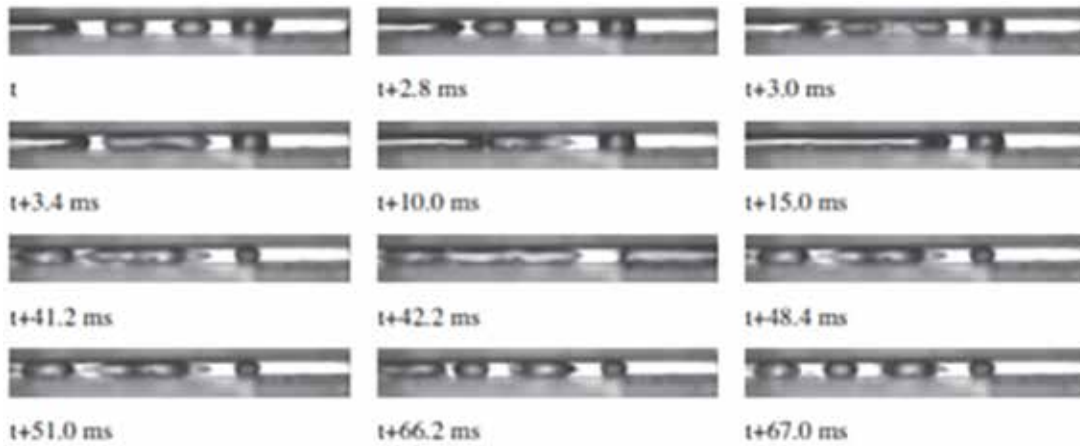
Şekil 3. Isı transfer katsayısının nanopartikül konsantrasyonu ile değişimi (a) $\text{Re}=4.5$ $q=4.5 \text{ kW m}^{-2}$, (b) $\text{Re}=11.3$ $q=7.5 \text{ kW m}^{-2}$ (Duursma et al., 2015)



Şekil 4. (a) Mikrokanalda nanoakışkan kaynama akış biçimleri, (b) % 0.01 etanol hacimsel konsantrasyonda temas açısı (c) saf etanolde temas açısı (Duursma et al., 2015)

Mikrokanallarda kaynama sırasında oluşan kabarcıklar küçük kanal genişliğinden dolayı mikrokanal yüzeyleri tarafından hapsedilir ve akış doğrultusunda uzamış kabarcık oluşumuna neden olur. Oluşan bu uzun yapıdaki kabarcık kanal girişine

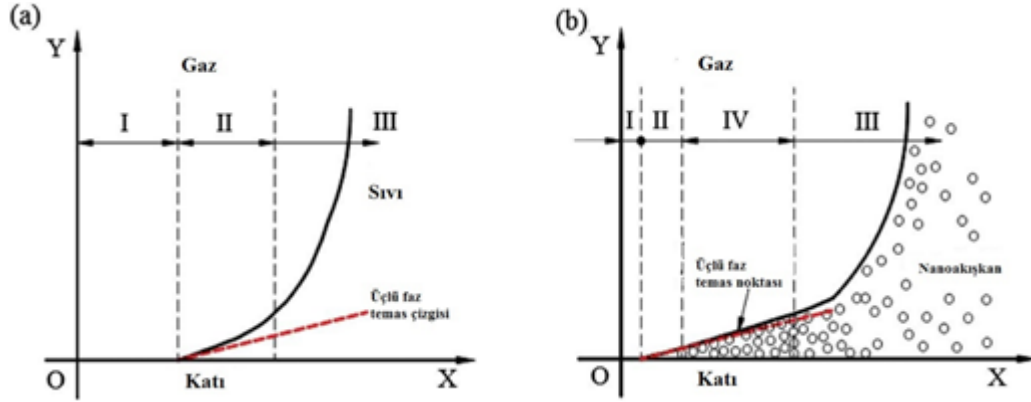
doğru hareket ederek kanalı bloke eder ve kanaldaki basıncın yükselmesine ve kütleli debinin azalmasına yol açar. Faz değişimi sırasında tekrarlayan biçimde kabarcıkların birleşmesi ve parçalanması kaynama prosesini kararsız hale getirmektedir (Şekil 5).



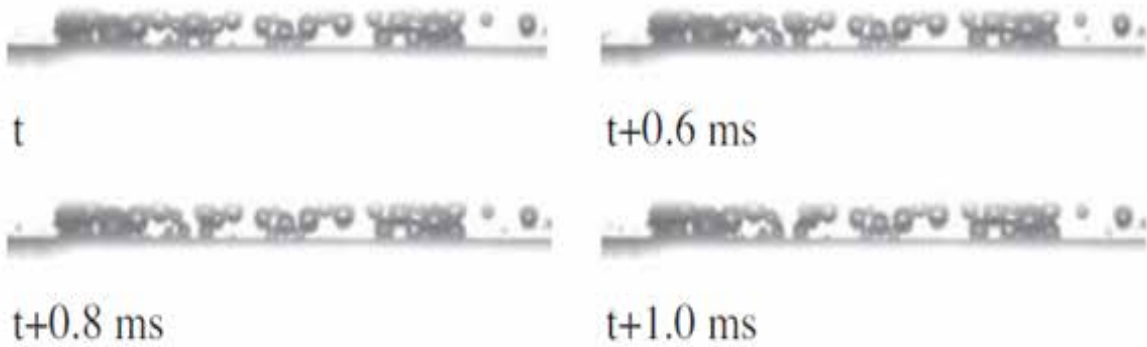
Şekil 5. Kabarcıkların kaynama sırasında birleşme ve ayrılması (saf su için) (Xu and Xu, 2012)

Mikrokanallarda kaynamalı akışta nanoakışkan kullanılması durumunda kaynama prosesinin daha kararlı hale geldiği gözlenmiştir. Nanoakışkanlı kaynama prosesinde mikrokanal içerisinde uzamış kabarcıklar yerine Şekil 6 ve 7’de görüldüğü gibi çok sayıda fakat daha küçük boyutta kabarcık oluşumunun kaynamayı kararlı hale getirdiği öne sürülmüştür. Küçük kabarcık oluşumunun mikrokanal içerisinde uzun kabarcıklı akış yerine isole edilmiş kabarcıklı akışa olanak vermesi kanalın bloke edilmesini dolayısıyla

basıncın dalgalarının oluşmasını engellemiştir. Ayrıca nanoakışkanlı kaynamada daha düşük ısıtıcı yüzey sıcaklığı elde edilmiş olup bu durum nanoakışkanın kaynamayı daha stabil hale getirmesinin yanısıra kaynama ısı transferini arttırdığının da bir göstergesidir. Nanoakışkanlı kaynamada ısıtıcı yüzey üzerinde görülen kuru buhar tabakasının azalması, sıvı film tabakasının artması ve nanopartiküllerin sınır tabakayı rahatsız ederek mikro taşınımı arttırması kaynama ısı transferinin artmasına yol açmıştır.



Şekil 6. Katı-sıvı-gaz üçlü faz temas çizgisi (a) su için (b) nanoakışkan için (Xu and Xu, 2012)

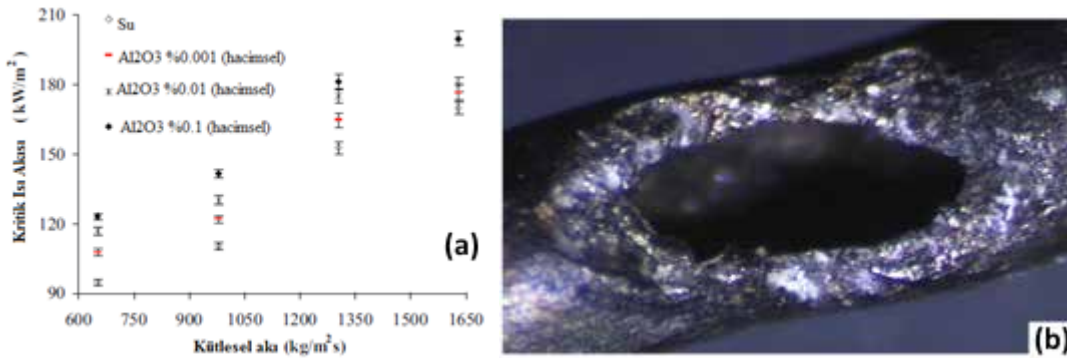


Şekil 7. Nanoakışkan kaynama sırasında kabarcık oluşumu (Xu and Xu, 2012)

Vafai and Wen (2014) 510 μm çaplı tek bir mikrokanalda Al_2O_3 -su nanoakışkanının kritik ısı akışı değerini deneysel olarak incelemiştir.

Deneyler, % 0.001, % 0.01 ve % 0.1 hacimsel nanopartikül yoğunluğuna sahip nanoakışkanlarla yapılmıştır. Nanoakışkan kaynamalı akışında mikrokanal içerisinde 40-140 kPa aralığında değişen basınç dalgalanmaları görülmüştür. Bu salınımlı değişim kaynama sırasında oluşan kabarcıkların

mikrokanal çeperleri tarafından sınırlandırılmasından kaynaklanmaktadır. Nanoakışkan kullanımında görülen basınç düşüşü ve sıcaklık periyodunun ve genliğinin saf suya nazaran daha büyük olduğu gözlenmiştir. 85°C nanoakışkan alt soğutma değerinde, saf suya göre kritik ısı akısındaki artış kütle akısına göre % 4-31 aralığında iken 45°C'lik alt soğutma için bu artış % 8-51 arasında olmuştur (Şekil 8a). Nanoakışkan kullanımında yüksek ısı akışı değerlerinde Şekil 8b'de görüldüğü gibi iğne deliği şeklinde yüzeyde yanma görülmüştür.

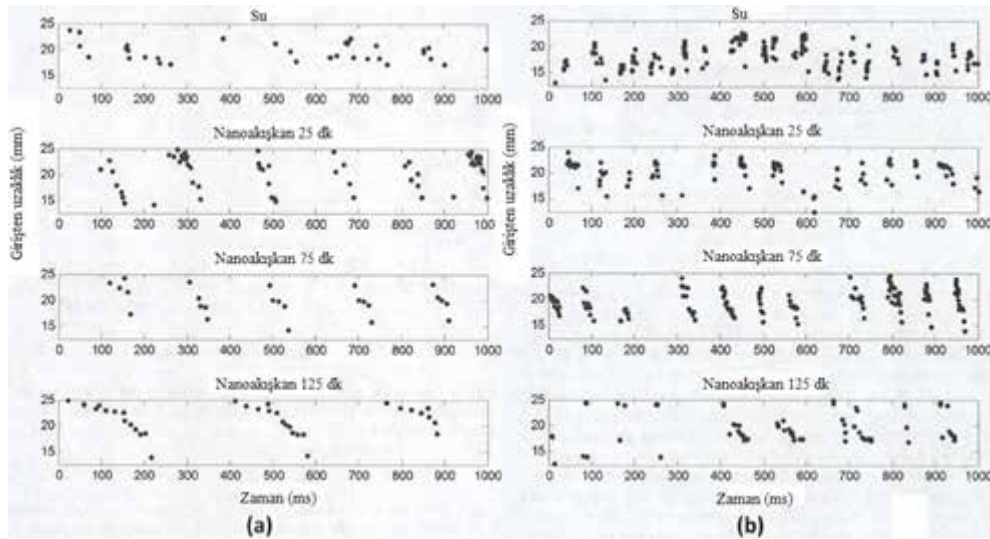


Şekil 8. (a) Kritik ısı akısının hacimsel konsantrasyon ve kütleli akı ile değişimi, (b) kritik ısı akısından dolayı yüzeyde meydana gelen yanma (Vafai and Wen, 2014)

Edel and Mukherjee (2013; 2015) dikdörtgen kesitli 229 μm hidrolik çaplı prinçten yapılmış tek bir mikrokanalda saf su ve hacimsel olarak % 0.001 alüminyum oksit nanopartikül içeren Al_2O_3 -su nanoakışkanına ait akış kaynama karakteristiklerini deneysel olarak incelemiştir. Kaynamalı akışta mikrokanal içerisinde uzun kabarcık oluşumunun kanal girişine doğru gelişmesi nanoakışkan kullanılması durumunda saf suya göre daha yavaş gerçekleşmiştir. Aynı zamanda, artan ısı akışı mikrokanal yüzey sıcaklığını ve uzun kabarcık oluşum başlangıç noktasının kanal girişine doğru ilerleme hızını arttırmıştır. Mikrokanal yüzeyinde nanopartikül birikmesinden dolayı uzun kabarcık oluşum başlangıç noktaları kanal

boyunca yayılma göstermekle birlikte kanalın çıkış bölgesine yakın bir noktada yoğunluk göstermiştir. Saf su deneylerinde ise bu noktalar kanalda gelişigüzel bir dağılım göstermiştir (Şekil 9).

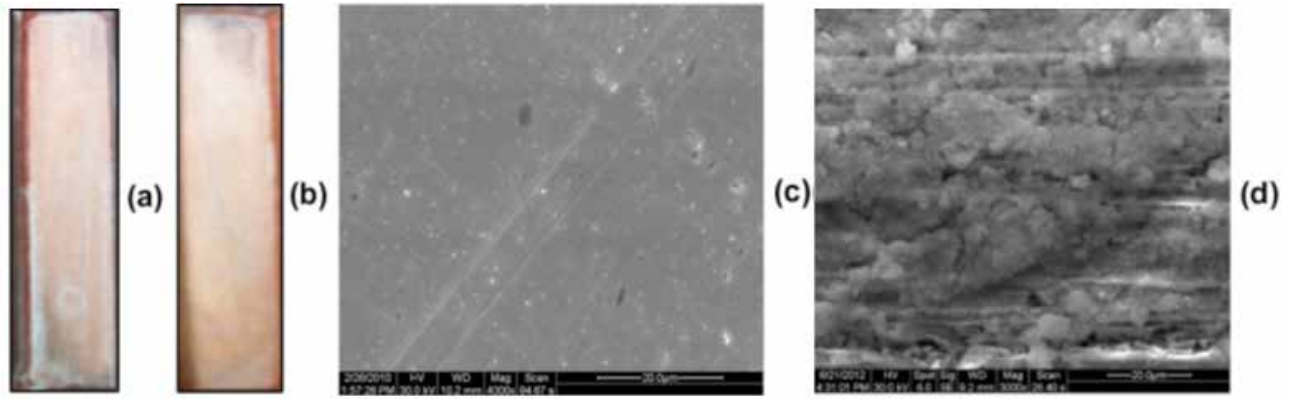
Morshed et al. (2013) 672 μm hidrolik çapındaki tek bir bakır mikrokanalda yüzey morfolojisinin akış kaynama özellikleri üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. İlk olarak bakır mikrokanalda alüminyumoksit-etanol nanoakışkanı ile havuz kaynama prosesi gerçekleştirilerek kanal yüzeyinin Al_2O_3 nanopartikülleriyle kaplanması sağlanmıştır. Daha sonra saf su ile akış kaynama deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Zamana bağlı olarak uzun kabarcık oluşumu başlangıç yeri (a) $Re=100$ $q=130 \text{ kW m}^{-2}$ (b) $Re=100$ $q=300 \text{ kW m}^{-2}$ (Edel and Mukherjee, 2015)

Kaynamalı akış deneyleri süresince çok ince nanopartikül tabakasının mikrokanal yüzeyinde bulunmaya devam ettiği yapılan SEM analiziyle görülmüştür (Şekil 10). Al_2O_3 nanopartiküllerinin kaynama başlangıcını kaplamasız yüzeye göre bir miktar geciktirdiği görülmüştür. Kaplamasız çıplak bakır mikrokanal ve alüminyumoksit nanopartikülleriyle

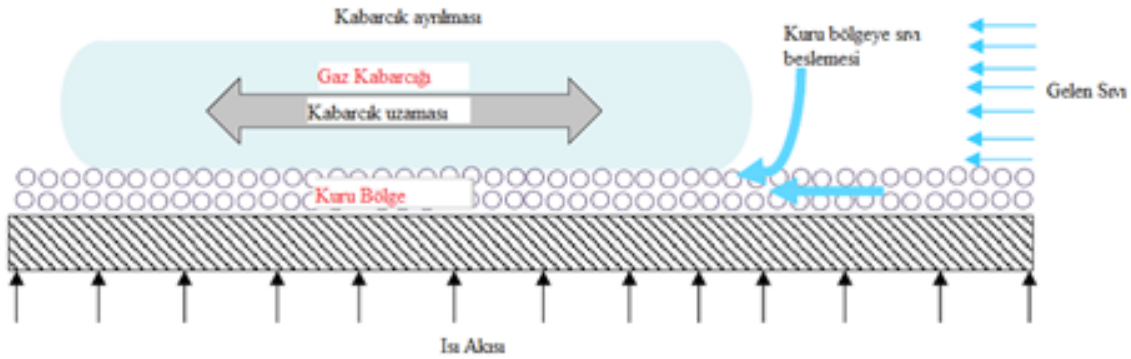
kaplı mikrokanalda kaynamanın benzer olarak mikrokanal çıkışında başladığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, nanotabakanın ince olmasının basınç kayıpları üzerinde gözle görülür bir artış meydana getirmeyeceği söylenebilir. Nanopartikül kaplamasına sahip mikrokanalda ısı transfer katsayısının kütleli akıdan bağımsız olduğu görülmüştür.



Şekil 10. Al_2O_3 nanopartikülleriyle kaplanmış bakır yüzey (a) Birikmeden hemen sonra Al_2O_3 kaplanmış bakır yüzey (b) Kaynama deneyi sonrası Al_2O_3 kaplanmış Cu yüzeyi (c) Kaplamasız bakır borunun SEM görüntüsü (d) Kaynama sonrası Al_2O_3 kaplanmış bakır yüzeyin SEM görüntüsü (Morshed et al. 2013)

Diğer taraftan, nanopartikül kaplamasının çıplak yüzeye göre kritik ısı akı değerini kütleli debiye bağlı olarak % 17-39 arasında arttırdığı görülmüştür. Düşük kütleli debilerde artış oranının daha fazla

olduğu görülmüştür. Nanopartikül kaplamanın yüzeyin ıstatılabilirliğini arttırarak mikrokanal yüzeyinde buhar tabakasının oluşumunu geciktirmesi yüksek ısı akısı değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Nanopartiküllerle kaplı yüzeyde kritik ısı akısı arttırım mekanizması (Morshed et al. 2013)

Nanoakışkanlar ile kaynamalı akış, ısıtıcı yüzeyi üzerinde nanopartiküllerin birikmesine yol açar. Yüzeyde biriken ince nanopartikül tabakası kanal yüzeyinin ıstatılabilirliğini değiştirir. Nanopartiküller statik temas açısının azalmasına yol açarak yüzeyin ıstatılabilirliğini arttırmışlardır (Ahn and Kim, 2011).

Nanopartikül ilavesiyle yüzey pürüzlülüğündeki ve adezyon kuvvetindeki artış yüzey ıstatılabilirliğini arttırmıştır (Kandlikar et al., 2014). Yüksek ıstatılabilirlik kabarcık dinamiğini değiştirerek kritik ısı akısı değerini artırır. Yüzeyde nanopartikül

birikmesi nanopartiküllerin boyutu ve dağılımı, ısı akısı, nanopartikül-sıvı etkileşimi, nanopartikül konsantrasyonu, çalışma süresi ve yüzey pürüzlülüğü gibi birçok parametreye bağlı olduğundan deneysel sonuçlar arasında farklılıklara yol açmaktadır.

Nanoakışkan kullanmak yerine mikrofabrikasyon teknikleri kullanarak ısıtıcı yüzey üzerinde nano yapı bir tabaka oluşturmak nanoakışkanlarla edinilen üstünlükleri elde etmek için alternatif bir yöntem olarak düşünülebilir (Kandlikar et al., 2014).

Çizelge 3. Mikrokanallarda nanoakışkanlarla yapılmış kaynamalı akış çalışmaları

Yazar	Temel akışkan	Nano partikül	Hacimsel Oran (vol.%)	Kanal Geometrisi ve Ölçüleri	Akış özellikleri	Sonuçlar
Lee and Mudawar, 2007	Su	Al ₂ O ₃	1, 2	Bakır blok üzerine işlenmiş 215µm genişlik, 815µm derinliğinde 41 adet paralel mikrokanal	Re=248	Çıkış bölgesinde başlayan nanopartikül birikmesi kanal girişine doğru ilerleyerek kanalı tıkamıştır. Akış kaynamada nanoakışkan kullanımı uygun değildir
Vafai and Wen, 2010; Vafai and Wen, 2011	Su	Al ₂ O ₃	0.01- 0.1	510 µm çaplı dairesel paslanmaz çelik bir kanal	G=600-1650 kg m ⁻² s ⁻¹	Kritik ısı akısı değeri % 0.1 nanopartikül hacimsel oran değerinde % 51'lik bir artış göstermiştir. Yüksek ısı akısı değerlerinde yüzeyde yanmaya bağlı olarak iğne tipi deformasyon meydana gelmiştir.
Wu et al., 2009	Su	Al ₂ O ₃	0.15, 0.26	194.5 µm hidrolik çaplı silikon trapez mikrokanal	Re=200-1400, Pr=4.8, 5.6	Nanoakışkanın Nusselt sayısının, artan Reynolds sayısı, Prandtl sayısı ve nanopartikül konsantrasyonu ile beraber arttığı görülmüştür.
Duursma et al., 2015	Etanol	Al ₂ O ₃	0.01-0.1	D _h =571, 762, 1454 µm	Re=2.3, 18.1	%0.05 nanopartikül konsantrasyon ısı transfer katsayısında maksimum beş katlık bir artış olmuştur. Sıvı/gaz arayüzeyinin kararlılığı artmıştır. Yüzey temas açısı artmıştır. Vizkozite artmıştır.
Xu and Xu, 2012	Su	Al ₂ O ₃	0.2 (ağırlıkça)	100 × 250 × 7500 µm mikrokanal	G=171, 285, 401 kg m ⁻² s ⁻¹	Küçük kabarcık oluşumu görülmüş, kararlılık artmış, basınç dalgalanması azalmıştır. Kaynama ısı transferi artmıştır.
Vafai and Wen, 2014	Su	Al ₂ O ₃	0.001, 0.01, 0.1	510 µm çaplı dairesel paslanmaz çelik bir kanal	G=600-1650 kg m ⁻² s ⁻¹	40-140 kPa aralığında basınç dalgalanmaları görülmüştür. Daha uzun kabarcık oluşumu görülmüştür. Kritik ısı akısı kütle akısı ile lineer olarak artmıştır, nanopartikül konsantrasyonu ile yükselmiştir.
Edel and Mukherjee 2015	Su	Al ₂ O ₃	0.001	Dikdörgen kesitli 229 µm hidrolik çaplı prinçten yapılmış tek bir mikrokanal	Re=100	Kabarcık oluşum bölgeleri artmıştır. Gaz fazının kanal içinde kalma süresi kısalmış ve kaynama kararlı hale gelmiştir.
Morshed et al., 2013	Etanol	Al ₂ O ₃	-	672 µm hidrolik çaplı tek mikrokanal	G=23, 46, 92 kg m ⁻² s ⁻¹	Aluminyumoksit kaplamalı Cu yüzeyinde ısı transfer katsayısı % 5 azalmış, kritik ısı akısı düşük debilerde daha fazla olmak üzere % 17-39 arasında artmıştır.
Boudouh et al., 2010	Su	Cu	0.00056, 0.0011, 0.0056	800 µm hidrolik çaplı, 50 paralel mikrokanal	G=217, 516 kg m ⁻² s ⁻¹	Nanopartiküller kaynama başlangıcını hızlandırmıştır. Yerel ısı akısı, ısı transfer katsayısı ve buhar kalitesi ve toplam basınç düşüşü konsantrasyonla beraber artmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada ısı transferinin artırılması amacıyla son yıllarda yoğun araştırmalar yapılan nanoakışkanlar ve mikrokanallarda kaynamalı ısı transferi üzerine geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Bu alanda araştırma yapacak araştırmacılar için referans olacak bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

* Genel olarak mikrokanallarda kaynamalı akışta çok düşük konsantrasyon değerlerine sahip nanoakışkan kullanımı dahi kaynama karakteristiklerini iyileştirdiği görülmüştür.

* Nanoakışkan kullanımı vizkoziteyi arttırdığı ve yüzeydeki kabarcık büyümesini düzenli hale getirdiğinden dolayı kaynama olayının en büyük sorunlarından biri olan kararsızlığın azalmasına yardımcı olmuştur.

* Nanoakışkan kullanımında kaynama sırasında daha küçük çaplı fakat çok sayıda kabarcıklı akış biçimi görülmüştür.

* Kaynamalı akışta nanoakışkan kullanımı kabarcık oluşum bölgelerini artırmıştır. Benzer şekilde

gaz fazının kanal içinde kalma süresini kısaltarak kaynama sürecinin kararlılığını da arttırmıştır.

* Nanoakışkan kullanımının kaynama sırasında görülen akış biçimlerini değiştirerek basınç dalgalanmalarını azaltmıştır.

* Nanoakışkan kullanımında basınç kayıpları arttırmasına rağmen kaynama sırasında görülen basınç dalgalanmalarını azaltmıştır.

* Yüzey üzerine nanopartiküllerle kaplama yapılması kaynama başlangıcını geciktirmiştir.

* Nanopartiküllerin kritik ısı akısı üzerinde arttırıcı yönde etkisi olduğu görülmüştür. Kaynama kritik ısı akısı değerinin artan hacimsel nanopartikül konsantrasyon değerleriyle beraber artmıştır.

* Nanoakışkan ısı transfer katsayısının artan Reynolds sayısı ve partikül konsantrasyon değerleriyle beraber arttığı belirtilmiştir. Kaynamada yüksek ısı akısı değerlerinde yüzeyde görülen yanma olayı nanoakışkan kullanımında farklı biçimlerde gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

- Abedini E, Behzadmehr A, Rajabnia H, Sarvari SMH, Mansouri SH, 2013. Experimental investigation and comparison of subcooled flow boiling of TiO₂ nanofluid in a vertical and horizontal tube, Proc. IMechE Part C J. Mech. Eng. Sci. 227 (8):1742-1753.
- Ahn HS, Kim H, Jo H, Kang SH, Chang WP, Kim MH, 2010. Experimental study of critical heat flux enhancement during forced convective flow boiling of nanofluid on a short heated surface, Int. J. Multiph. Flow 36:375-384.
- Ahn HS, Kim MH, 2011. The effect of micro/nanoscale structures on CHF enhancements, Nuclear Engineering and Technology 43(3):205-216.
- Bahiraie M, Hangi M, 2015. Flow and heat Transfer characteristics of magnetic nanofluids: A review, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 374: 125-138.
- Boudouh M, Gualous HL, De Labachellerie M, 2010. Local convective boiling heat transfer and pressure drop of nanofluid in narrow rectangular channels, Appl. Therm. Eng. 30 (17-18): 2619-2631.
- Chehade AA, Gualous HL, Le Masson S, Fardoun F, Besqet A, 2013. Boiling local heat transfer enhancement in minichannels using nanofluids, Nanoscale Res. Lett. 8:1-20.
- Choi SUS, 1995. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticle, ASME FED 231:99-105.
- Duursma G, Sefiane K, Dehaene A, Harmand S, Wang Y, 2015. Flow and Heat Transfer of Single-and Two-Phase Boiling of Nanofluids in Microchannels, Heat Transfer Engineering 36(14-15):1252-1265.
- Edel Z, 2013. Experimental investigation of regular fluids and nanofluids during flow boiling in a single microchannel at different heat fluxes and mass fluxes, Master's Thesis, Michigan Technological University.
- Edel Z, Mukherjee A, 2015. Flow Boiling Dynamics of Water and Nanofluids in a Single Microchannel at Different Heat Fluxes, Journal of Heat Transfer 137:011501.
- Fang X, Wang R, Chen W, Zhang H, Ma C, 2015. A review of flow boiling heat transfer of nanofluids, Applied Thermal Engineering 91:1003-1017..
- Faukner D, Khotan M, Shekarriz R, 2003. Practical design of a 1000 W/cm² cooling system, in: Proc. of 19th IEEE SEMI-THERM Symposium, San Jose, CA, March 11-13.
- Henderson K, Park Y-G, Liu LP, 2010. Flow boiling heat transfer of R-134a-based nanofluids in a horizontal tube, Int. J. Heat Mass Transf. 53 (5-6):944-951.
- Kandlikar GS 2013. Heat Transfer in Microchannels-2012 Status and Research Needs, Journal of Heat Transfer 135: 091001.
- Kandlikar GS 2016. Heat Transfer and Fluid Flow in Microchannels and Minichannels, Second Edition, Butterworth-Heinemann, 592 p.
- Kandlikar SG, 2016. Mechanistic Considerations for Enhancing Flow Boiling Heat Transfer in Microchannels, Journal of Heat Transfer 138: 021504.
- Kim SJ, McKrell T, Buongiorno J, Hu L-W, 2008. Alumina nanoparticles enhance the flow boiling critical heat flux of water at low pressure, ASME J. Heat Transf. 130:044501.

- Kim SJ, McKrell T, Buongiorno J, Hu L-W, 2009. Experimental study of flow critical heat flux in aluminaewater, zinc-oxideewater and diamondewater nanofluids, *J. Heat Transf.* 131:043204.
- Kim SJ, McKrell T, Buongiorno J, Hu LW, 2010. Subcooled flow boiling heat transfer of dilute alumina, zinc oxide, and diamond nanofluids at atmospheric pressure, *Nucl. Eng. Des.* 240: 1186-1194.
- Kim TI, Chang WJ, Chang SH, 2010. An experimental study on CHF enhancement in flow boiling using Al_2O_3 nano-fluid, *Int. J. Heat Mass Transf.* 53 (5-6):1015-1022.
- Lee J, Mudawar I, 2007. Assessment of the effectiveness of nanofluids for single-phase and two-phase heat transfer in micro-channels. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 50: 452-463.
- Lee SW, Kim KM, Bang IC, 2013. Study on flow boiling critical heat flux enhancement of graphene oxide/water nanofluid, *Int. J. Heat Mass Transf.* 56:348-356.
- Lee SW, Park SD, Kang S, Kim SM, Seo H, Lee DW, Bang IC, 2012. Critical heat flux enhancement in low flow boiling of Al_2O_3 and SIC nanofluids under low pressure and low flow conditions, *Nucl. Eng. Technol.* 44 (4SI):429-436.
- Lee T, Lee JH, Jeong YH, 2013. Flow boiling critical heat flux characteristics of magnetic nanofluid at atmospheric pressure and low mass flux conditions, *Int. J. Heat Mass Transf.* 56:101-106.
- Morshed, AKMM, Paul TC, Khan JA, 2013. Effect of Al_2O_3 deposition on flow boiling performance of water in a microchannel, *Experimental Thermal and Fluid Science* 47:6-13.
- Peng H, Ding GL, Jiang WT, Hu HT, Gao YF, 2009. Heat transfer characteristics of refrigerant-based nanofluid flow boiling inside a horizontal smooth tube, *Int. J. Refrig.* 32:1259-1270.
- Rana KB, Agrawal GD, Mathura J, Puli U, 2014. Measurement of void fraction in flow boiling of ZnOewater nanofluids using image processing technique, *Nucl. Eng. Des.* 270:217-226.
- Rana KB, Rajvanshi AK, Agrawal GD, 2013. A visualization study of flow boiling heat transfer with nanofluids, *J. Vis.* 16 (2):133-143.
- Ritchey SN, Weibel JA, Garimella SV, 2014. Local measurement of flow boiling heat transfer in an array of non-uniformly heated microchannels, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 71: 206-216.
- Sarafraz MM, Hormozi F, 2014. Scale formation and subcooled flow boiling heat transfer of CuO/water nanofluid inside the vertical annulus, *Exp. Therm. Fluid Sci.* 52:205-214.
- Sun B, Yang D, 2014. Flow boiling heat transfer characteristics of nano-refrigerants in a horizontal tube, *Int. J. Refrig.* 38:206-214.
- Vafaei S, Wen D, 2010. Critical heat flux (CHF) of subcooled flow boiling of alumina nanofluids in a horizontal microchannel. *Journal of Heat Transfer* 132:102404.
- Vafaei S, Wen D, 2011. Flow boiling heat transfer of alumina nanofluids in single microchannels and the roles of nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research* 13:1063-1073.
- Vafaei S, Wen D, 2014. Critical heat flux of nanofluids inside a single microchannel: Experiments and correlations. *Chemical Engineering Research and Design* 92:2339-2351.
- Wu X, Wu H, Cheng P, 2009. Pressure Drop and Heat Transfer of Al_2O_3 -H₂O Nanofluids through Silicon Microchannels, *J. Micromech. Microeng.* 19(10):105020.
- Xu L, Xu J, 2012. Nanofluid stabilizes and enhances convective boiling heat transfer in a single microchannels, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55:5673-5686.

Decomposition of Hyper Spaces of Soft Sets

Alkan ÖZKAN¹, Metin AKDAĞ²

ABSTRACT: In this paper, firstly, we define two new hyperspaces of soft sets called co-compact and co-Lindelöf topological spaces and obtain some properties of them. Secondly, by use these topological spaces we define the C-continuous and L-continuous of soft multifunction and obtain some characterization of them. Finally, we give the decomposition of these topological spaces with Vietoris soft topological spaces.

Keywords: Soft continuity, soft hyperspaces, soft multifunction, soft sets, soft topological spaces



Esnek Kümelerin Hiper Uzaylarının Ayrıştırılması

ÖZET: Bu makalede ilk olarak, esnek ko-kompakt ve esnek ko-Lindelöf topolojik uzaylar olarak isimlendirilen esnek kümelerde iki yeni hiper uzay tanımladık ve bazı özelliklerini elde ettik. İkinci olarak, bu uzayları kullanarak esnek küme değerli dönüşümlerin C-sürekliliği ve L-sürekliliğini tanımladık ve bazı karakterizasyonlarını elde ettik. Son olarak, bu iki uzayın birbiriyle ve bir diğer hiper uzay olan Vietoris topolojik uzay ile karşılaştırmasını verdik.

Anahtar kelimeler: Esnek hiper uzay, esnek küme, esnek küme değerli dönüşüm, esnek süreklilik, esnek topolojik uzay

¹ İğdir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bilgisayar, İğdir, Türkiye
²Sorumlu yazar/Corresponding Author: Alkan ÖZKAN, alkan.ozkan@igdir.edu.tr

INTRODUCTION

Soft set theory has rich potential for practical applications in several sciences. Molodtsov (1999) introduced the concept of soft sets. Pei and Miao (2005) investigated the relationships between soft sets and information systems. Çağman et al. (2011) defined a soft topological space. Zorlutuna et al. (2012) studied some concepts in soft topological spaces. Çağman and et al. (2011) redefined the operations of the soft sets and constructed a uni-int decision making method by using these new operations. Then Akdağ and Erol (2014, 2015) introduced the concept of soft multifunction and studied their properties in many paper. Many researchers studied on soft set theory such as Shabir and Naz (2011), Weijian (2012), Varol and et al. (2012), Roy and Samanta (2014), Nazmul and Samanta (2013).

MATERIALS AND METHODS

Preliminaries

Definition 2.1. Let $S(X, E)$ be the family of all soft sets and (U, E) be a soft open set in $S(X, E)$. The soft set families $(U, E)^+$ and $(U, E)^-$ are defined as follows:

$$(U, E)^+ = \{(G, E) \in S(X, E) : (T, E) \tilde{\subseteq} (U, E)\},$$

$$(U, E)^- = \{(G, E) \in S(X, E) : (T, E) \tilde{\cap} (U, E) \neq \Phi\}. \text{ (Akdağ et al., 2015-b)}$$

Proposition 2.2. For non-null soft sets (G, E) and (H, E) in $S(X, E)$ the following statements are true;

$$(a) (G, E)^+ \cap (H, E)^+ = ((G, E) \tilde{\cap} (H, E))^+$$

$$(b) (G, E)^+ \cup (H, E)^+ \subset ((G, E) \tilde{\cup} (H, E))^+$$

$$(c) ((G, E) \tilde{\cap} (H, E))^- \subset (G, E)^- \cap (H, E)^-$$

$$(d) (G, E)^- \cup (H, E)^- = ((G, E) \tilde{\cup} (H, E))^-$$

$$(e) (G, E) \tilde{\subseteq} (H, E) \text{ if and only if } (G, E)^+ \subset (H, E)^+$$

$$(f) (G, E) \tilde{\subseteq} (H, E) \text{ if and only if } (G, E)^- \subset (H, E)^-$$

$$(g) (G, E) \tilde{\cap} (H, E) = \Phi \text{ if and only if } (G, E)^+ \cap (H, E)^+ = \Phi$$

$$(h) (G, E)^- \cap (H, E)^- \neq \Phi. \text{ (Akdağ et al., 2015-b)}$$

Proposition 2.3. Let (X, τ, E) be a soft topological space and $\mathbb{S}(X, E)$ be the family of all null soft sets. Then the soft set families

$$\beta_1 = \{(U, E)^+ : (U, E) \text{ soft open set}\}$$

$$\beta_2 = \{(U, E)^- : (U, E) \text{ soft open set}\}$$

are soft base (soft sub base) for different soft topological spaces on $\mathbb{S}(X, E)$, resp. (Akdağ et al., 2015-b)

Definition 2.4. The soft topological spaces which mentioned in above proposition are called

soft upper Vietoris and soft lower Vietoris and denoted by τ_{SV^+} , τ_{SV^-} , respectively.

The family of soft sets $\beta_1 \cup \beta_2 = \{(U, E)^+, (U, E)^- : (U, E) \text{ soft open set}\}$ is the soft sub base for a soft topological space. This space is called Vietoris soft topological space and denoted by τ_{SV} . Also, $\tau_{SV^+} \cup \tau_{SV^-}$ is soft base for the soft vietoris topology. (Akdağ et al., 2015-b)

Definition 2.5. Let $S(X, E)$ and $S(Y, K)$ be two families of soft sets. Let $u: X \rightarrow Y$ be multifunction and $p: E \rightarrow K$ be mapping. Then a soft multifunction $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ is defined as follows:

For a soft set (G, A) in $S(X, E)$, $(F(G, A), K)$ is a soft set in (Y, K) given by

$$F(G, A)(k) = \begin{cases} \bigcup_{e \in p^{-1}(k) \cap A} u(G(e)) & , \text{if } p^{-1}(k) \cap A \neq \emptyset \\ \emptyset & , \text{if } p^{-1}(k) \cap A = \emptyset \end{cases}$$

$(F(G, A), K)$ is called soft image of a soft set (G, A) .

Moreover, $F(G, A) = \tilde{\cup} \{F(E_e^x) : E_e^x \tilde{\subseteq} (G, A)\}$. (Akdağ et al., 2015-a)

Definition 2.6. Let $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ be a soft multifunction.

i. The soft upper inverse image of (H, K) denoted by $F^+(H, K)$ and defined as

$$F^+(H, K) = \{E_e^x \tilde{\subseteq} \tilde{X} : F(E_e^x) \tilde{\subseteq} (H, K)\}$$

ii. The soft lower inverse image of (H, K) denoted by $F^-(H, K)$ and defined as

$$F^-(H, K) = \{E_e^x \tilde{\subseteq} \tilde{X} : F(E_e^x) \tilde{\cap} (H, K) \neq \Phi\}.$$

Also, $F(\tilde{X}) = \tilde{\cup} F(E_e^x)$. (Akdağ et al., 2015-a)

Definition 2.7. Let $F, G: X \rightarrow Y$ be two soft multifunctions. For $E_e^x \tilde{\subseteq} \tilde{X}$, the combination and intersection of F and G is denoted by

$$(F \cup G)(E_e^x) = F(E_e^x) \tilde{\cup} G(E_e^x),$$

$(F \cap G)(E_e^x) = F(E_e^x) \tilde{\cap} G(E_e^x)$ resp. (Akdağ et al., 2015-b)

Definition 2.8. Let $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ and $G: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ be two soft multifunctions. Then, F equal to G if $F(E_e^x) = G(E_e^x)$, for each $E_e^x \in \tilde{X}$. (Akdağ et al., 2015-a)

Definition 2.9. The soft multifunction $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ is called surjective if p and u are surjective. (Akdağ et al., 2015-a)

Theorem 2.10. Let $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ be a soft multifunction. For soft sets (F, E) , (G, E) and for a family of soft sets $(G_i, E)_{i \in I}$ in soft family $S(X, E)$ the following are hold:

- (a) $F(\Phi) = \Phi$
- (b) $F(\tilde{X}) \tilde{\subseteq} \tilde{Y}$
- (c) $F((G, A) \tilde{\cup} (H, B)) = F(G, A) \tilde{\cup} F(H, B)$ and in general
 $F(\tilde{\cup}_i (G_i, E)) = \tilde{\cup}_i F(G_i, E)$
- (d) $F((G, A) \tilde{\cap} (H, B)) \tilde{\subseteq} F(G, A) \tilde{\cap} F(H, B)$ in general
 $F(\tilde{\cap}_i (G_i, E)) \tilde{\subseteq} \tilde{\cap}_i F(G_i, E)$
- (e) If $(G, E) \tilde{\subseteq} (H, E)$, then $F(G, E) \tilde{\subseteq} F(H, E)$. (Akdağ et al., 2015-a)

Theorem 2.11. Let $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ be a soft multifunction. For soft sets (G, K) , (H, K) in soft family $S(Y, K)$ the following statements are true:

- (a) $F^-(\Phi) = \Phi$ and $F^+(\Phi) = \Phi$
- (b) $F^-(\tilde{Y}) = \tilde{X}$ and $F^+(\tilde{Y}) = \tilde{X}$
- (c) $F^-((G, K) \tilde{\cup} (H, K)) = F^-(G, K) \tilde{\cup} F^-(H, K)$
- (d) $F^+(G, K) \tilde{\cup} F^+(H, K) \tilde{\subseteq} F^+((G, K) \tilde{\cup} (H, K))$
- (e) $F^-((G, K) \tilde{\cap} (H, K)) \tilde{\subseteq} F^-(G, K) \tilde{\cap} F^-(H, K)$
- (f) $F^+(G, K) \tilde{\cap} F^+(H, K) = F^+((G, K) \tilde{\cap} (H, K))$
- (g) If $(G, K) \tilde{\subseteq} (H, K)$, then $F^-(G, K) \tilde{\subseteq} F^-(H, K)$ and $F^+(G, K) \tilde{\subseteq} F^+(H, K)$. (Akdağ et al., 2015-a)

Proposition 2.12. Let $F: S(X, E) \rightarrow S(Y, K)$ be a soft multifunction. For a soft subset (G, E) in X and for soft subsets (H, K) , (U, K) in Y the following statements are true:

- (a) $(G, E) \tilde{\subseteq} F^+(F(G, E)) \tilde{\subseteq} F^-(F(G, E))$. If F is surjective then
 $(G, E) = F^+(F(G, E)) = F^-(F(G, E))$
- (b) $F(F^+(H, K)) \tilde{\subseteq} (H, K) \tilde{\subseteq} F(F^-(H, K))$.
- (c) If $(H, K) \tilde{\cap} (U, K) = \Phi$ then $F^+(H, K) \tilde{\cap} F^-(U, K) = \Phi$. (Akdağ et al., 2015-a)

Proposition 2.13. Let $F: (X, \tau, E) \rightarrow (Y, \sigma, K)$ and $G: (Y, \sigma, K) \rightarrow (Z, \eta, L)$ be soft multifunction. Then the followings are true;

- (a) $(F^-)^- = F$
- (b) $(GoF)^-(T, C) = F^-(G^-(T, C))$ and $(GoF)^+(T, C) = F^+(G^+(T, C))$, for a soft subset (T, C) in Z . (Akdağ et al., 2015-a)

Proposition 2.14. Let $F, G: (X, \tau, E) \rightarrow (Y, \sigma, K)$ be two soft multifunctions. For a soft set (H, K) in Y the following statements are hold:

- (a) $(F \cup G)^-(H, K) = F^-(H, K) \tilde{\cup} G^-(H, K)$.
- (b) $(F \cup G)^+(H, K) = F^+(H, K) \tilde{\cup} G^+(H, K)$
- (c) $(F \cap G)^-(H, K) \tilde{\subseteq} F^-(H, K) \tilde{\cap} G^-(H, K)$
- (d) $F^+(H, K) \tilde{\cap} G^+(H, K) \tilde{\subseteq} (F \cap G)^+(H, K)$. (Akdağ et al., 2015-b)

Proposition 2.15. Let $F: (X, \tau, E) \rightarrow (Y, \sigma, K)$ be soft multifunction. The followings are true for soft set (G, K) in Y ;

- (a) $F^+(\tilde{Y} - (G, K)) = \tilde{X} - F^-(G, K)$
- (b) $F^-(\tilde{Y} - (G, K)) = \tilde{X} - F^+(G, K)$. (Akdağ et al., 2015-a)

Definition 2.16. A soft topological space (X, τ, E) is called soft compact space if each open soft cover of \tilde{X} has a finite soft subcover. (Zorlutuna et al., 2012)

Definition 2.17. A soft topological space (X, τ, E) is called soft Lindelöf if each open soft cover of \tilde{X} has a soft countable subcover. (Weijian, 2012)

Definition 2.18. A soft topological space (X, τ, E) is called soft Lindelöf closed if each Lindelöf soft set in it are soft closed.

Proposition 2.19. Let (X, τ, E) be a soft compact space and (M, E) be a closed soft set, then (M, E) is a soft compact set. (Varol et al., 2012)

Definition 2.20. Let (X, τ, E) be a soft topological space and $E_e^x, E_e^y \in \tilde{X}$ such that $E_e^x \neq E_e^y$. Then (X, τ, E)

is called a soft Hausdorff space if there exist open soft sets (F, E) and (G, E) such that $E_e^x \tilde{\in} (F, E)$, $E_e^y \tilde{\in} (G, E)$ and $(F, E) \tilde{\cap} (G, E) = \phi$. (Shabir et al., 2011)

Upper (Lower) Co-Compact and Co-Lindelöf Topological Spaces

Lemma 3.1. Let (Y, τ, K) be soft topological space. The followings are true for soft set (G, K) in Y .

$$i) S(Y, K) - (G, K)^+ = \left(\tilde{Y} - (G, K) \right)_+$$

$$ii) S(Y, K) - (G, K)^- = \left(\tilde{Y} - (G, K) \right)_-$$

$$\mathbf{Proof.} \ i) (B, K) \in S(Y, K) - (G, K)^+ \Leftrightarrow (B, K) \notin (G, K)^+ \Leftrightarrow (B, K) \tilde{\not\in} (G, K) \\ \Leftrightarrow (B, K) \tilde{\cap} \left(\tilde{Y} - (G, K) \right) \neq \phi \Leftrightarrow (B, K) \in \left(\tilde{Y} - (G, K) \right)_+$$

$$ii) (B, K) \in S(Y, K) - (G, K)^- \Leftrightarrow (B, K) \notin (G, K)^- \Leftrightarrow (B, K) \tilde{\cap} (G, K) = \phi \\ \Leftrightarrow (B, K) \tilde{\subset} \left(\tilde{Y} - (G, K) \right) \Leftrightarrow (B, K) \in \left(\tilde{Y} - (G, K) \right)_-$$

Lemma 3.2 For soft sets (C_1, K) , (C_2, K) in $S(Y, K)$ the following statements are true:

$$i) [S(Y, K) - (C_1, K)^-] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (C_2, K)^-] = S(Y, K) - [(C_1, K)^- \cup (C_2, K)^-]$$

$$ii) S(Y, K) - [(C_1, K)^+ \cup (C_2, K)^+] = [S(Y, K) - (C_1, K)^+] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (C_2, K)^+]$$

$$\mathbf{Proof.} \ i) (H, K) \in [S(Y, K) - (C_1, K)^-] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (C_2, K)^-] \\ \Leftrightarrow (H, K) \in S(Y, K) - (C_1, K)^- \text{ and } (H, K) \in S(Y, K) - (C_2, K)^-$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \notin (C_1, K)^- \text{ and } (H, K) \notin (C_2, K)^-$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \tilde{\cap} (C_1, K) = \phi \text{ and } (H, K) \tilde{\cap} (C_2, K) = \phi$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \tilde{\cap} [(C_1, K) \cup (C_2, K)] = \phi$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \notin [(C_1, K) \cup (C_2, K)]^-$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \in S(Y, K) - [(C_1, K) \cup (C_2, K)]^-$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \in S(Y, K) - [(C_1, K)^- \cup (C_2, K)^-].$$

$$ii) (H, K) \in S(Y, K) - [(C_1, K)^+ \cup (C_2, K)^+]$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \notin [(C_1, K)^+ \cup (C_2, K)^+]$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \notin (C_1, K)^+ \text{ and } (H, K) \notin (C_2, K)^+$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \in S(Y, K) - (C_1, K)^+ \text{ and } (H, K) \in S(Y, K) - (C_2, K)^+$$

$$\Leftrightarrow (H, K) \in [S(Y, K) - (C_1, K)^+] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (C_2, K)^+].$$

Proposition 3.3. Let (Y, τ, K) be a soft topological space. Then the soft set families

$$\beta_3 = \{S(Y, K) - (C, K)^- : (C, K) \text{ compact}\} \tilde{\cup} \{\phi\}$$

$$\beta_4 = \{S(Y, K) - (C, K)^+ : (C, K) \text{ compact}\}$$

are soft base and soft subbase for different soft topological spaces on $S(Y, K)$, respectively.

Proof. We know that $(C, K) = \phi$ is soft compact set and $(C, K)^- = \emptyset$. Therefore $S(Y, K) - (C, K)^- = S(Y, K) \in \beta_3$. Thus $S(Y, K) = \bigcup_{(B, K) \in \beta_3} (B, K)$. For $S(Y, K) - (C_1, K)^-$, $S(Y, K) - (C_2, K)^- \in \beta_3$ let $(H, K) \in [S(Y, K) - (C_1, K)^-] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (C_2, K)^-]$. Since

$[S(Y, K) - (C_1, K)^-] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (C_2, K)^-] = S(Y, K) - [(C_1, K)^- \cup (C_2, K)^-]$ then $(H, K) \in S(Y, K) - [(C_1, K)^+ \cup (C_2, K)^+]$. Also we have $(C_1, K)^- \cup (C_2, K)^- = ((C_1, K) \tilde{\cup} (C_2, K))^-$. Since $(C_1, K) \tilde{\cup} (C_2, K)$ is soft compact set then $S(Y, K) - [(C_1, K)^- \cup (C_2, K)^-] \in \beta_3$. Thus β_3 is soft base for a soft topological space.

Similarly it can be show that β_4 is soft sub base for a soft topological space.

Definition 3.4. The soft topological spaces which mentioned in above proposition are called soft upper co-compact and soft lower co-compact and denoted by τ_{SC^+} , τ_{SC^-} , respectively.

Lemma 3.5. A soft closed set in a soft compact topological spaces is soft compact.

Proof. Let (X, τ, E) be a soft compact topological spaces and (H, E) be a soft closed set in X . Let the family $\{(G_i, E) : i \in I\}$ be a soft open cover of (H, E) . Then the family $\{(G_i, E) : i \in I\} \tilde{\cup} (\tilde{X} - (H, E))$ a soft open cover of \tilde{X} . Since (X, τ, E) is a soft compact topological spaces then we obtain $\{(G_{i_1}, E), \dots, (G_{i_n}, E)\} \tilde{\cup} (\tilde{X} - (H, E))$ is a finite soft cover of \tilde{X} . Therefore $\{(G_{i_1}, E), \dots, (G_{i_n}, E)\}$ is a finite soft cover of (H, E) and thus (H, E) is soft compact.

Lemma 3.6. A soft compact set in a soft Hausdorff topological spaces is soft closed.

Proof. Let (X, τ, E) be a soft Hausdorff topological spaces and (C, E) be a soft compact set in X . We will show that $\tilde{X} - (C, E)$ is soft open set. Let $E_e^x \tilde{\in} \tilde{X} - (C, E)$ then $E_e^x \tilde{\not\in} (C, E)$. Since (X, τ, E) is soft Hausdorff topological spaces, for every soft point $E_e^y \tilde{\in} (C, E)$ such that $E_e^x \neq E_e^y$, there exists (U_y, E) and (P_y, E) two soft neighborhood of E_e^y , E_e^y resp., such that $(U_y, E) \tilde{\cap} (P_y, E) = \phi$. Then the family $\{(P_y, E) : E_e^y \tilde{\in} (C, E)\}$ is the soft open neighborhood of (C, E) . Since (C, E) is soft compact set there exists a finite soft sub cover such that $(C, E) \tilde{\subset} \bigcup_{i=1}^n (P_{y_i}, E)$. Since $(U_{y_i}, E) \tilde{\cap} (P_{y_i}, E) = \phi$ for every $y_i \in \{y_1, \dots, y_n\}$ then we have that $\left(\bigcup_{i=1}^n (U_{y_i}, E) \right) \tilde{\cap} (P_{y_i}, E) = \phi$. Also $\bigcup_{i=1}^n (U_{y_i}, E)$ is a soft neighborhood of soft point E_e^x .

$(\bigcup_{i=1}^n (U_{y_i}, E)) \tilde{\cap} (\bigcup_{i=1}^n (P_{y_i}, E)) = \phi$ for $y_i \in \{y_1, \dots, y_n\}$. So, $(\bigcup_{i=1}^n (U_{y_i}, E)) \tilde{\cap} (C, E) = \phi$ and thus we obtain $E_e^x \in (\bigcup_{i=1}^n (U_{y_i}, E)) \tilde{\cap} \tilde{X} - (C, E)$. Therefore $\tilde{X} - (C, E)$ is soft open set and (C, E) is soft closed set.

Remark 3.7. In a compact and Hausdorff soft topological spaces, a soft set is compact if and only if it soft closed.

Theorem 3.8. Let (Y, τ, K) be a soft topological space. Then the following statements are true for the soft topological spaces $\tau_{SC^+}, \tau_{SC^-}, \tau_{SV^+}, \tau_{SV^-}$ on $S(Y, K)$:

- i) If (Y, τ, K) Hausdorff then $\tau_{SC^+} \leq \tau_{SV^+}$ and $\tau_{SC^-} \leq \tau_{SV^-}$.
- ii) If (Y, τ, K) Hausdorff and compact then $\tau_{SC^+} = \tau_{SV^+}$ and $\tau_{SC^-} = \tau_{SV^-}$.

Proof. i) Let $S(Y, K) - (C, K)^- \in \beta_3$. Since $S(Y, K) - (C, K)^- = (\tilde{Y} - (C, K))^+$, (C, K) is soft compact and (Y, τ, K) Hausdorff then $\tilde{Y} - (C, K)$ is a soft open set. Then $(\tilde{Y} - (C, K)) \in \tau_{SV^+}$ and $S(Y, K) - (C, K)^- \in \tau_{SV^+}$. Thus we have that $\tau_{SC^+} \leq \tau_{SV^+}$.

Similarly by use $S(Y, K) - (C, K)^+ = (\tilde{Y} - (C, K))^-$ it can be show that $\tau_{SC^-} \leq \tau_{SV^-}$.

ii) In a Hausdorff and compact soft topological space, the compact soft sets are soft closed and the soft closed sets are soft compact. Therefore we have $\tau_{SC^+} = \tau_{SV^+}$ and $\tau_{SC^-} = \tau_{SV^-}$.

Definition 3.9. Let $(X, \vartheta, E), (Y, \tau, K)$ be two soft topological spaces and $E_e^{x_0}$ be soft point in X . Then the soft multifunction $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$ is called;

- i) soft upper C continuous at $E_e^{x_0}$ if for each soft compact set (C, K) such that $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$, there exists (P, E) soft neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$ for every $E_e^x \in (P, E)$.
- ii) soft lower C continuous at $E_e^{x_0}$ if for each soft set (C, K) such that $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (C, K) \neq \phi$ and $\tilde{Y} - (C, K)$ is soft compact, there exists (P, E) a soft neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (C, K) \neq \phi$ for every $E_e^x \in (P, E)$.

RESULTS AND DISCUSSION

Theorem 3.10. Let $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$ be soft multifunction. Then the following statements are true;

i) F is soft upper C continuous at $E_e^{x_0}$ if and only if the mapping $f: (X, \vartheta, E) \rightarrow (S(Y, K), \tau_{SC^+}, K)$ is continuous at $E_e^{x_0}$.

ii) F is soft lower C continuous at $E_e^{x_0}$ if and only if $f: (X, \vartheta, E) \rightarrow (S(Y, K), \tau_{SC^-}, K)$ is continuous at $E_e^{x_0}$.

Proof. i) (\Rightarrow) Let $f(E_e^{x_0}) \in S(Y, K) - (C, K)^- \in \beta_3$. Then we have that $f(E_e^{x_0}) \in (\tilde{Y} - (C, K))^+ = \{(A, K): (A, K) \tilde{\cap} \tilde{Y} - (C, K)\}$ and $f(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} \tilde{Y} - (C, K) = \phi$. Then $f(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$ and $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$. Since F is soft upper C continuous at $E_e^{x_0}$, then there exists (P, E) a soft neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$ for every $E_e^x \in (P, E)$. Thus $f(E_e^x) \notin (C, K)^-$ and $f(E_e^x) \in S(Y, K) - (C, K)^-$. Thus we have that

$f: (X, \vartheta, E) \rightarrow (S(Y, K), \tau_{SC^+}, K)$ is continuous at $E_e^{x_0}$.

(\Leftarrow) Let (C, K) be a soft compact set such that $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$. Then

$f(E_e^{x_0}) \notin (C, K)^-$ and $f(E_e^{x_0}) \in S(Y, K) - (C, K)^- \in \beta_3$. Since $f: (X, \vartheta, E) \rightarrow (S(Y, K), \tau_{SC^+}, K)$ is continuous at $E_e^{x_0}$, then there exists (P, E) a soft neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $f(P, E) \in S(Y, K) - (C, K)^-$. Thus $f(E_e^x) \in S(Y, K) - (C, K)^-$ for every $E_e^x \in (P, E)$. Therefore $F(E_e^x) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$. Hence F is soft upper C continuous at $E_e^{x_0}$.

ii) Similarly it can be proof.

Theorem 3.11. Let (Y, τ, K) be a Hausdorff soft topological spaces. Then the following statements are equivalent for a soft multifunction $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$.

- i) F is soft upper C continuous .
- ii) $F^+(V, K)$ is soft open set for every soft open set (V, K) such that $\tilde{Y} - (V, K)$ is soft compact.
- iii) $F^-(H, K)$ is soft closed set for every soft compact set (H, K) .

Proof. (i \Rightarrow ii) Let $E_e^{x_0} \in F^+(V, K)$ and (V, K) be a soft open set such that $\tilde{Y} - (V, K)$ is soft compact. Then $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$ and $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (\tilde{Y} - (V, K)) = \phi$. Since F is soft upper C continuous at $E_e^{x_0}$, there exists (P, E) a soft neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$ for every soft point $E_e^x \in (P, E)$. Then we obtain $E_e^{x_0} \in (P, E) \tilde{\cap} F^+(V, K)$ and $E_e^{x_0} \in \text{int}(F^+(V, K))$. Therefore $F^+(V, K) \tilde{\cap} \text{int}(F^+(V, K))$. This shows that $F^+(V, K)$ is soft open set.

(ii \Rightarrow iii) Let (H, K) be a soft compact set. Then (H, K) is soft closed. So, $\tilde{Y} - (H, K)$ is soft open set such that its complement is soft compact. By hypothesis, $F^+(\tilde{Y} - (H, K))$ is soft open. Since $F^+(\tilde{Y} - (H, K)) = \tilde{X} - (F^-(H, K))$, then $\tilde{X} - (F^-(H, K))$ is soft open and $F^-(H, K)$ soft closed .

(iii \Rightarrow i) Let (C, K) be soft compact set with $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$. Then $F(E_e^{x_0}) \tilde{\subset} \tilde{Y} - (C, K)$. By hypothesis $F^-(C, K)$ is soft closed and thus $\tilde{X} - (F^-(C, K)) = F^+(\tilde{Y} - (C, K))$ is soft open and $E_e^{x_0} \in F^+(\tilde{Y} - (C, K))$. If we take $(P, E) = F^+(\tilde{Y} - (C, K))$ soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$, then we obtain $F(E_e^x) \tilde{\subset} \tilde{Y} - (C, K)$ for every $E_e^x \in F^+(\tilde{Y} - (C, K))$ and thus $F(E_e^x) \tilde{\cap} (C, K) = \phi$. Hence F is soft upper C continuous at $E_e^{x_0}$.

Theorem 3.12. Let $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$ be a soft multifunction. The following statements are equivalent;

- i) F is soft lower C continuous
- ii) $F^-(V, K)$ is soft open set for every soft open set (V, K) such that $\tilde{Y} - (V, K)$ is compact.
- iii) $F^+(H, K)$ is soft closed set for every soft compact set (H, K) .

Proof. Similar to previous proposition it can be proof.

Proposition 3.13. Let (Y, τ, K) be a soft topological space. Then the soft set families

$$\beta_5 = \{S(Y, K) - (L, K)^+ : (L, K) \text{ Lindelöf}\} \cup \{\phi\}$$

$$\beta_6 = \{S(Y, K) - (L, K)^- : (L, K) \text{ Lindelöf}\}$$

are soft base and soft sub base for a different soft topological spaces on $S(Y, K)$, respectively.

Proof. Since $(L, K) = \phi$ is soft Lindelöf set and $(L, K)^+ = \emptyset$ then $S(Y, K) - (L, K)^+ = S(Y, K) \in \beta_5$. Thus $S(Y, K) = \cup_{(B, K) \in \beta_5} (B, K)$.

Let $(H, K) \in S(Y, K) - (L_1, K)^+$ and $(H, K) \in S(Y, K) - (L_2, K)^+$. Then we have that

$(H, K) \in [S(Y, K) - (L_1, K)^+] \tilde{\cap} [S(Y, K) - (L_2, K)^+] = S(Y, K) - [(L_1, K)^+ \cup (L_2, K)^+]$. Thus β_5 is soft base for a soft topological space.

Similarly it can be show that β_6 is soft sub base for a soft topological space.

Definition 3.14. The topological spaces which mentioned in above proposition are called soft upper co-Lindelöf and soft lower co-Lindelöf and denoted by τ_{SL^+} , τ_{SL^-} , respectively.

Lemma 3.15. Every soft compact set is soft Lindelöf set.

Proof. It is obvious from the definition of soft compact sets and soft Lindelöf sets.

Definition 3.16. (Y, τ, K) is called Lindelöf-closed soft topological space if every soft Lindelöf set in (Y, τ, K) is soft closed set.

Theorem 3.17. Let (Y, τ, K) be a soft topological space. Then the following statements are true for the soft topological spaces τ_{SL^+} , τ_{SL^-} , τ_{SC^+} , τ_{SC^-} , τ_{SV^+} , τ_{SV^-} on $S(Y, K)$;

- i) If (Y, τ, K) Lindelöf-closed soft topological space then $\tau_{SL^+} \leq \tau_{SV^+}$ and $\tau_{SL^-} \leq \tau_{SV^-}$.
- ii) $\tau_{SC^+} \leq \tau_{SL^+}$ and $\tau_{SC^-} \leq \tau_{SL^-}$.

Proof. i) Let $S(Y, K) - (L, K)^- \in \beta_5$. Since $(L, K)_+$ is Lindelöf soft set by hypothesis (L, K) is soft closed. Also, we know that $S(Y, K) - (L, K)^- = (\tilde{Y} - (L, K))_+$ and $(\tilde{Y} - (L, K))_+ \in \tau_{SV^+}$ then we have $S(Y, K) - (L, K)^- \in \tau_{SV^+}$. Thus $\tau_{SL^+} \leq \tau_{SV^+}$.

Similarly by use $S(Y, K) - (L, K)^+ = (\tilde{Y} - (L, K))_-$ it can be show that $\tau_{SL^-} \leq \tau_{SV^-}$.

ii) In a soft topological space, the Lindelöf soft sets are soft compact. So, the proof is obvious.

Remark 3.18. Let (Y, τ, K) be a Lindelöf-closed soft topological space. Then

$$\tau_{SC^+} \leq \tau_{SL^+} \leq \tau_{SV^+} \text{ and } \tau_{SC^-} \leq \tau_{SL^-} \leq \tau_{SV^-}.$$

Definition 3.19. Let (X, ϑ, E) , (Y, τ, K) be two soft topological spaces and $E_e^{x_0}$ be soft point in X . The soft multifunction $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$ is called;

- i) soft upper L continuous at $E_e^{x_0}$ if for each (L, K) soft Lindelöf set with $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (L, K) = \phi$, there exists (P, E) neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (L, K) = \phi$ for every $E_e^x \tilde{\in} (P, E)$.
- ii) soft lower L continuous at $E_e^{x_0}$ if for each (L, K) soft set with $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (L, K) \neq \phi$ and $\tilde{Y} - (L, K)$ is soft Lindelöf set, there exists (P, E) soft neighbourhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (L, K) \neq \phi$ for every $E_e^x \in (P, E)$.

Theorem 3.20. Let $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$ be a soft multifunction.

- i) F is soft upper L continuous at $E_e^{x_0}$ if and only if the mapping $f: (X, \vartheta, E) \rightarrow (S(Y, K), \tau_{SL^+}, K)$ is continuous at $E_e^{x_0}$.
- ii) F is soft lower L continuous at $E_e^{x_0}$ if and only if $f: (X, \vartheta, E) \rightarrow (S(Y, K), \tau_{SL^-}, K)$ continuous at $E_e^{x_0}$.

Proof. It can be show similar to Proposition 3.10.

Proposition 3.21. Let (Y, τ, K) be soft Lindelöf-closed topological space. Then the following statements are equivalent for a soft multifunction $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$;

- i) F is soft upper L continuous at $E_e^{x_0}$ if and only if for every soft open set (V, K) with $\tilde{Y} - (V, K)$ is soft Lindelöf and $F(E_e^{x_0}) \tilde{\subset} (V, K)$ there exists (P, E) soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\subset} (V, K)$ for every $E_e^x \tilde{\in} (P, E)$.
- ii) F is soft lower L continuous at $E_e^{x_0}$ if and only if for every soft open set (V, K) with $\tilde{Y} - (V, K)$ is soft

Lindelöf and $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$ there exists (P, E) soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(E_e^x) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$ for every $E_e^x \tilde{\subseteq} (P, E)$.

Proof. It can be show easily.

Theorem 3.22. Let (Y, τ, K) be soft Lindelöf-closed topological space. Then the following statements are equivalent for a soft multifunction $F: (X, \vartheta, E) \rightarrow (Y, \tau, K)$;

i) F is soft upper L continuous if and only if $F^+(V, K)$ is soft open set for every soft open set (V, K) with $\tilde{Y} - (V, K)$ is soft Lindelöf.

ii) F is soft lower L continuous if and only if $F^-(V, K)$ is soft open set for every soft open set (V, K) with $\tilde{Y} - (V, K)$ is soft Lindelöf.

Proof. i) (\Rightarrow) Let $\tilde{Y} - (V, K)$ be a soft Lindelöf set and $E_e^{x_0} \in F^+(V, K)$. Then we have $F(E_e^{x_0}) \tilde{\subseteq} F(F^+(V, K)) \tilde{\subseteq} (V, K)$ and thus $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (\tilde{Y} - (V, K)) = \phi$. Since $\tilde{Y} - (V, K)$ soft Lindelöf and F is soft upper L continuous at $E_e^{x_0}$ then there exists (P, E) soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(P, E) \tilde{\cap} (\tilde{Y} - (V, K)) = \phi$. Then $F(P, E) \tilde{\subseteq} (V, K)$ and thus $E_e^{x_0} \in (P, E) \tilde{\subseteq} F^+(V, K)$. Hence we have that $E_e^{x_0} \in \text{int}(F^+(V, K))$. Thus $F^+(V, K) \tilde{\subseteq} \text{int}(F^+(V, K))$ and $F^+(V, K)$ is soft open set.

(\Leftarrow) Let (L, K) be soft Lindelöf set and $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (L, K) = \phi$. Then $F(E_e^{x_0}) \tilde{\subseteq} \tilde{Y} - (L, K)$. Since (Y, τ, K) is soft Lindelöf-closed, by hypothesis we have $F^+(\tilde{Y} - (L, K))$ is soft open set and $E_e^{x_0} \in F^+(\tilde{Y} - (L, K))$. Put $(P, E) = F^+(\tilde{Y} - (L, K))$ soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$. Thus $F(E_e^{x_0}) \tilde{\subseteq} F(F^+(\tilde{Y} - (L, K))) \tilde{\subseteq} (\tilde{Y} - (L, K))$. Also $F(F^+(\tilde{Y} - (L, K))) \tilde{\cap} (L, K) = \phi$. Hence F is soft upper L continuous at $E_e^{x_0}$.

ii) (\Rightarrow) Let $\tilde{Y} - (V, K)$ be soft Lindelöf set and $E_e^{x_0} \in F^-(V, K)$. Then $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$. Since $\tilde{Y} - (V, K)$ soft Lindelöf and F is soft lower L continuous at $E_e^{x_0}$ then there exists (P, E) soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$ such that $F(P, E) \tilde{\cap} (V, K) = \phi$. Then

$E_e^{x_0} \in (P, E) \tilde{\subseteq} F^-(V, K)$. Hence

$E_e^{x_0} \in \text{int}(F^-(V, K))$. Thus we obtain

$F^-(V, K) \tilde{\subseteq} \text{int}(F^-(V, K))$ and $F^-(V, K)$ is soft open set.

(\Leftarrow) Let $\tilde{Y} - (V, K)$ be soft Lindelöf set and $F(E_e^{x_0}) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$. Since (Y, τ, K) is soft Lindelöf-closed topological space then (V, K) soft open set. By hypothesis $F^-(V, K)$ is soft open set and $E_e^{x_0} \in F^-(V, K)$. Put $(P, E) = F^-(V, K)$ soft open neighborhood of $E_e^{x_0}$. Thus we have that $F(P, E) \tilde{\cap} (V, K) \neq \phi$. Hence F is soft lower L continuous at $E_e^{x_0}$.

CONCLUSIONS

In this paper we study on hyperspaces of soft sets. Then we give the relationship between of hyperspaces of soft sets. We obtain characterizations

of these hyper spaces and investigate properties. We expect that results in this paper will be basis for further applications of soft multifunctions in soft sets theory.

REFERENCES

- Akdağ M, Erol F, 2014. Upper and Lower Continuity of Soft Multifunctions, Appl. Math. Inf. Sci. 8, No. 6, 2873-2880.
- Akdağ M, Erol F, 2015-a. Multifunction between soft topological spaces, International Journal of Mathematics Trends and Technology 20(1): 62-69.
- Akdağ M, Erol F, 2015-b. On Hyperspaces of soft sets, Journal of New Theory, 7: 86-97.
- Akdag M, Erol F, 2015-c. Soft b-continuous and soft b-irresolute multifunctions, Journal of Advanced Studies in Topology 6:3, 82-89.
- Çağman N, Enginoğlu S, 2010. Soft set theory and uni-int decision making, European Journal of Operational Research, 207: 848-855.
- Çağman N, Karataş S, Enginoğlu S, 2011. Soft topology, Computer Math. Appl. 62: 351-358.
- Molodtsov D, 1999. Soft set theory-First results, Comput. Math. with Appl. 37 (4/5): 19-31.
- Nazmul SK and Samanta SK, 2013. Neighborhood properties of soft topological spaces, Annal. Fuzzy Math. Info. 6(1):1-15.
- Pei D, Miao D, 2005. From soft sets to information systems, in Proceedings of the IEEE International Conference on Granular Computing, 2: 617-621.
- Roy S, Samanta TK, 2014. A note on Soft Topological Spaces, Punjab University Journal of Mathematics, 46(1): 19-24.
- Shabir M, Naz M, 2011. On soft topological spaces, Comput. Math. Appl. 61: 1786-1799.
- Varol BP, Shostak A, Aygün H, 2012. A New Approach to Soft Topology, Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics Volume 41(5): 731-74.
- Weijian R, 2012. The countabilities of soft topological spaces, International Journal of Computational and Mathematical Sciences, 6: 159-162.
- Zorlutuna I, Akdağ M, Min WK, Atmaca S, 2012. Remarks on soft topological spaces, Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics, 3: 171-185.

Some Curvature Characterizations for Hessian Manifolds with Constant Hessian Sectional Curvature

Münevver YILDIRIM YILMAZ¹

ABSTRACT: Let N be a compact hypersurface in the Hessian manifold $F^{n+1}\left(-\left(\frac{c}{4}\right)\right)$. We firstly introduce Hessian manifold concept then using second fundamental tensor, we obtain some curvature characterizations which are new for Hessian manifolds with constant Hessian sectional curvature.

Keywords: Hessian manifold , sectional curvature, second fundamental form.

Sabit Hessian Kesit Eğrilikli Hessian Manifolmaları için Bazı Eğrilik Karakterizasyonları

ÖZET: N , $F^{n+1}\left(-\left(\frac{c}{4}\right)\right)$ Hessian manifoldunun kompakt bir hiperyüzeyi olsun. Önce Hessian manifold konsepti hakkında bilgi vereceğiz sonra ikinci temel tensörü kullanarak sabit Hessian kesit eğrilikli Hessian manifoldları için bazı eğrilik karakterizasyonları elde edeceğiz.

Anahtar Kelimeler: Hessian manifoldu, kesit eğriliği, ikinci temel form.

¹ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, Elazığ, Türkiye

² Sorumlu yazar/Corresponding Author: Münevver YILDIRIM YILMAZ, munyildirim@gmail.com

INTRODUCTION

The rigidity results of submanifolds are very useful tools because of containing conditions under which submanifolds of a space can differ only by a location in this space. In (Li, 1997), generalized Cheng-Yau’s works and obtain some nice results about hypersurfaces in real spaceforms in a Lorentzian space form. In the light of this brilliant work, many authors interested the rigidity conditions in numerous aspects. (Camargo et al., 2008; Caminha, 2006; Colares and De Lima, 2002; Ho, 2015).

On the other hand a Riemannian metric g on M defines a Hessian metric if g can be written $g = D_A^2 f$ with a local function f . The pair of this type $(D_A, g = D_A^2 f)$ defines a Hessian structure on the manifold and $(N, D_A, g = D_A^2 f)$ structure called a Hessian manifold where N is a manifold with a flat affine connection (Shima, 1986; Shima, 1995; Shima, 2007). A Hessian manifold may be regarded as a real number version of a Kaehler manifold. Thus many authors are examined the similarity between Kaehlerian and Hessian ones. In the framework of these studies, (Bektaş, 2006; Yılmaz, 2008) obtained some curvature conditions, results and integral inequalities on this type of manifolds.

In the present work, we consider a compact n -dimensional hypersurface in the Hessian manifold $F^{n+1} \left(-\left(\frac{c}{4}\right) \right)$, we calculate rigidity characterizations which are new for space forms of Hessian manifolds.

MATERIAL AND METHOD

In this section we will focus on Hessian manifold concept and give some basic remarks for manifolds with Hessian sectional curvature. Let N^{n+p} be a Hessian manifold equipped with Hessian pair $(D_A, g = D_A^2 u)$. We present technical tools for the Hessian pair $(D_A, g = D_A^2 u)$ by using affine coordinate system $\{x^1, \dots, x^{n+p}\}$ according to D ,

Roughly speaking, one may define Hessian metric in the following way ;

$$g_{ij} = \frac{\partial^2 f}{\partial x^i \partial x^j} \tag{1}$$

Let us define a tensor field in terms of \square (Riemannian connection) and D_A as follows

$$\gamma(X, Y) = \square_X Y + D_{AX} Y$$

where \square is the Riemannian connection for g . Then using Cristoffel’s symbols of \square

$$\gamma^i_{jk} = \Gamma^i_{jk} = \frac{1}{2} g^{ir} \frac{\partial g_{rj}}{\partial x^k} \tag{3}$$

$$\gamma_{ijk} = \frac{1}{2} \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^k} = \frac{1}{2} \frac{\partial^3 u}{\partial x^i \partial x^j \partial x^k} \tag{4}$$

$$\gamma_{ijk} = \gamma_{jik} = \gamma_{kji} \tag{5}$$

Using this $(1,2)$ type tensor field g one may define a $(1,3)$ type tensor field S by flat affine connection

$$S = D_A \gamma \tag{6}$$

and name it the Hessian curvature tensor $(D_A, g = D_A^2 u)$. This curvature has following properties

$$S^i_{jkl} = \frac{\partial \gamma^i_{jl}}{\partial x^k} \tag{7}$$

$$S_{ijkl} = \frac{1}{2} \frac{\partial^4 f}{\partial x^i \partial x^j \partial x^k \partial x^l} - \frac{1}{2} g^{rs} \frac{\partial^3 f}{\partial x^i \partial x^k \partial x^r} - \frac{\partial^3 f}{\partial x^j \partial x^l \partial x^s} \tag{8}$$

$$S_{ijkl} = S_{ilkj} = S_{kjil} = S_{jilk} = S_{klji} \tag{9}$$

The relations between Riemannian curvature tensor for \square and Hessian curvature tensor can be written in the following way;

$$R^i_{jkl} = g^i_{rk} g^r_{jl} - g^i_{rl} g^r_{jk}$$

$$R_{ijkl} = \frac{1}{2} (S_{jilk} - S_{ijlk}) \tag{10}$$

(Shima 2007)

Definition 1.1 Let us define an endomorphism by a symmetric operator σ , by using Hessian curvature tensor of a Hessian manifold $(N, D_A, g = D_A^2 f)$ as follows

$$\sigma(x)^{ik} = S_j^i \xi^k \xi^{jl} \tag{Shima 1995}$$

Definition 1.2 The Hessian sectional curvature by direction ζ_X can be define in the following way by using a contravariant symmetric tensor ζ_X at x

$$\sigma(\zeta_x) = \frac{\langle \sigma(\zeta_x) \zeta_x \rangle}{\langle \zeta_x, \zeta_x \rangle} \tag{12}$$

(Shima 1995)

Theorem 1.1. Let us define a Hessian manifold of dimension $n+2$ $(N^{n+2}, D_A, g = D_A^2 f)$, if the Hessian sectional curvature $s(V_x)$ is subject to x , then $(N^{n+2}, D_A, g = D_A^2 f)$ is a manifold with constant Hessian sectional curvature c . $(N^{n+2}, D_A, g = D_A^2 f)$ has constant Hessian sectional curvature c iff the Hessian sectional curvature tensor satisfies the following equation

$$S_{ijkl} = \frac{c}{2} (g_{ij}g_{kl} + g_{il}g_{kj}). \tag{13}$$

(Shima 1995)

Remark 1.1 If $(N^{n+2}, D_A, g = D_A^2 f)$ has constant Hessian sectional curvature c , then Riemannian manifold (N^{n+2}, g) has constant sectional curvature $-\frac{c}{4}$. (Shima 1995)

In the following, let us establish Hessian space forms for each constant c where c denotes Hessian sectional curvature. We know due to (Shima and Yagi 1997) that if $(N^{n+2}, D_A, g = D_A^2 f)$ Hessian manifold is simply connected Hessian and metric is complete, then $(N^{n+2}, D_A, g = D_A^2 f)$ is isomorphic to $(q, \tilde{D}, \tilde{D}^2 a)$ where q is convex in R^{n+2} , \tilde{D} is a flat connection on R^{n+2} . Here a is a C^∞ function (convex) on q .

I. First case ($c = 0$)

$(\mathbb{R}^{n+2}, \tilde{D}, g = (\frac{1}{2})\tilde{D}^2 \left\{ \sum_{A=1}^{n+2} (x^A)^2 \right\})$ Euclidean space is a Hessian manifold with zero Hessian sectional curvature and also it is simply connected (Shima 2007).

II. Second case ($c > 0$)

Theorem 1.2. Define a q domain in R^{n+2} by the help of a positive constant c as follows

$$x^{n+2} > \frac{c}{2} \sum_{A=1}^{n+1} (x^A)^2, \tag{14}$$

and for a smooth function a on q we establish a as follows

$$j = -\frac{1}{c} \log \left\{ x^{n+2} - \frac{c}{2} \sum_{A=1}^{n+1} (x^A)^2 \right\}. \tag{15}$$

Then $(q, \tilde{D}, \tilde{D}^2 a)$ Hessian manifold with positive constant Hessian sectional curvature and also it is simply connected. Then (q, g) is isometric to the $(H(-\frac{c}{4}), g)$ hyperbolic space with constant sectional curvature $-c/4$;

$$H = \left\{ (x^1, \dots, x^n, x^{n+2}) \in R^{n+2} \mid x^{n+2} > 0 \right\}, \tag{16}$$

$$g = \frac{1}{(x^{n+2})^2} \left\{ \sum_{A=1}^{n+1} (dx^A)^2 + \frac{4}{c} (dx^{n+2})^2 \right\}.$$

(Shima 2007)

III. Third case ($c < 0$)

Theorem 1.3. Defining a as a smooth function on R^{n+2} in the following way by using a negative constant c ,

$$a = -\frac{1}{c} \log \left(\sum_{A=1}^{n+p} e^{-cx^A} + 1 \right), \tag{17}$$

Hence $(R^{n+p}, \tilde{D}, \tilde{D}^2 a)$ is Hessian manifold with negative constant Hessian sectional curvature and also it is simply connected. Then (R^{n+p}, g) Riemannian manifold is isometric a domain of the sphere

$\sum_{A=1}^{n+p+1} V_A^2 = -\frac{4}{c}$ defined by $V_A > 0, \square A$ (Shima 2007). The proofs of the theorems above and detailed information can be found in (Shima 2007).

RESULTS AND DISCUSSION

Theorem 2.1 Let N be a compact hypersurface in a

Hessian manifold $F^{n+1}(-\frac{c}{4})$ If

$$|\nabla S|^2 \geq n^2 |\nabla H|^2 \tag{18}$$

and

$$nH^2 \leq |S|^2 \leq -n\frac{c}{4} + \frac{n^3}{2(n-1)}H^2 - \frac{n-2}{2(n-1)}\sqrt{n^4H^4 + (l-n)n^2H^2c} \tag{19}$$

one of the following conditions holds

$$(1) \quad |S^2| \equiv nH^2 \tag{20}$$

and N is a totally umbilical hypersurface

(2)

$$|S|^2 \equiv n\frac{c}{4} - \frac{n^3}{2(n-1)}H^2 + \frac{n-2}{2(n-1)}\sqrt{n^4H^4 + (l-n)n^2H^2c} \tag{21}$$

N has two distinct principal curvatures as follows ,

$$l_{1=...l_k} = \frac{nH + \sqrt{n^2H^2 + 4k(k-n)c/4}}{2k} \tag{22}$$

$$l_{k+1=...l_n} = \frac{nH - \sqrt{n^2H^2 + 4k(k-n)c/4}}{2(n-k)}$$

for $1 \leq k \leq n$

Proof.

We choose a local field of orthonormal frames

e_1, \dots, e_{n+1} in $F^{n+1}(-\frac{c}{4})$ such that restricted to N^n , e_1, \dots, e_n are tangent to N^n . Let w_1, \dots, w_{n+1} be its dual frame field. The range of indices are as follows

$$1 \leq A, B, C \leq n+1; \quad 1 \leq i, j, k \leq n.$$

Then the structure equations of $F^{n+1}(-\frac{c}{4})$ are given by

$$dw_A = -\sum w_{AB} \wedge w_B, \quad w_{AB} + w_{BA} = 0 \tag{23}$$

$$dw_{AB} = -\sum w_{AC} \wedge w_{CB} + \frac{1}{2} \sum \bar{R}_{ABCD} w_C \wedge w_D \tag{24}$$

Restricting these to N^n we find

$$w_{n+1} = 0, \tag{25}$$

$$0 = dw_{n+1} = \sum_i w_{n+1i} \wedge w_i$$

$$w_{in+1} = \sum_j h_{ij} w_j, \quad h_{ij} = h_{ji}.$$

The second fundamental tensor of N is given by $S = \sum_{i,j} h_{ij} w_i \otimes w_j$. Using the Riemannian curvature tensor of N , the Gauss equation can be written as

$$R_{ijkl} = -\frac{c}{4} (d_{ik}d_{jl} - d_{il}d_{jk}) + \sum (h_{ik}^a h_{jl}^a - h_{il}^a h_{jk}^a) \tag{26}$$

$$n(n-1)\left(R + \frac{c}{4}\right) = n^2H^2 - |S|^2, \tag{27}$$

here we denote R for the normalized scalar curvature, $H = (l \setminus n) \sum h_{ii}$ is the mean curvature and $|S|^2 = (l \setminus n) \sum_{i,j} h_{ij}^2$ is the norm square of the second fundamental form of N respectively.

The Codazzi equation can be written as

$$h_{ijk} = h_{ikj} \tag{28}$$

and the derivative of the second fundamental tensor is introduced by the following equation

$$\sum_k h_{ijk} w_k = dh_{ij} + \sum_k h_{kj} w_{ki} + \sum_k h_{ik} w_{kj}. \tag{29}$$

One may define Codazzi tensor on N by $f = \sum_{i,j} f_{ij} w_i \otimes w_j$ and $f_{ij} = l_i d_{ij}$. Taking into account of compactness of N , one may write

$$\int_M \left[|\nabla f|^2 - |\nabla(\text{tr} f)|^2 \right] + \int_M \frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ijij} (l_i - l_j)^2 = 0 \tag{30}$$

(Li 1997)

Recall that $f_{ij} = h_{ij}$ and $h_{ij} = l d_{ij}$, equation (30) can be written in the following way

$$\int_M \left[|\nabla S|^2 - n^2 |\nabla H|^2 \right] + \int_M \frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ijij} (l_i - l_j)^2 = 0 \tag{31}$$

Using (26) we find

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ijij} (l_i - l_j)^2 = -n \frac{c}{4} |S|^2 + n^2 H^2 \frac{c}{4} - |S|^4 + nH \sum_i l_i^3. \tag{32}$$

Taking $c = l_i - H$ and $|Z|^2 = \sum_i c_i^2$. We set

$$\begin{aligned} \sum_i c_i &= 0, \quad |Z|^2 = |S|^2 - nH^2 \\ \sum_i l_i^3 &= \sum_i c_i^3 + 3H|Z|^2 + nH^3. \end{aligned} \tag{33}$$

Realising (33) in (26) we conclude $\sum_i c_i^2 = b^2$,

where $b = \text{const} \geq 0$. Then

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ijij} (l_i - l_j)^2 = |Z|^2 \left(\frac{-nc}{4} + nH^2 - |Z|^2 \right) + nH \sum_i c_i^3 \tag{34}$$

Realising c_i as real numbers by $\sum_i c_i = 0$ and $\sum_i c_i^2 = b^2$, where $b = \text{const} \geq 0$. Then

$$-\frac{n-2}{\sqrt{n(n-1)}} b^3 \leq \sum_i c_i^3 \leq \frac{n-2}{\sqrt{n(n-1)}} b^3 \tag{35}$$

and conclude that equality holds iff $(n-1)$ of the c_i are equal (Li 1997).

From (35) we obtain

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \sum_{i,j} R_{ijij} (l_i - l_j)^2 &\geq \left(|S|^2 - nH^2 \right) \left(-n \frac{c}{4} + 2nH^2 - |S|^2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{n(n-2)}{\sqrt{n(n-1)}} |H| \sqrt{|S|^2 - nH^2} \right) \end{aligned} \tag{36}$$

Using (6) into (31) we arise the following condition

$$\int_M \left[|\nabla S|^2 - n^2 |\nabla H|^2 + (|\nabla S|^2 - nH^2) \left(-n\frac{c}{4} + 2nH^2 - |S|^2 - \frac{n(n-2)}{\sqrt{n(n-1)}} |H| \sqrt{|S|^2 - nH^2} \right) \right] \\ + \int_M \left[|\nabla S|^2 - n^2 |\nabla H|^2 \right] + \\ \left[(|S|^2 - nH^2) \left(\sqrt{|S|^2 - nH^2} + \frac{1}{2}(n-2) \sqrt{\frac{n}{n-1}} |H| \right) \right. \\ \left. + \sqrt{\frac{n^3 H^2}{4(n-1)} - \frac{nc}{4}} \right) \\ - \sqrt{|S|^2 - nH^2} - \frac{1}{2}(n-2) \sqrt{\frac{n}{n-1}} |H| + \sqrt{\frac{n^3 H^2}{4(n-1)} - \frac{nc}{4}} \left. \right] \\ \leq 0 \tag{37}$$

(1) $|S|^2 \equiv nH^2$ and M is totally umbilical, or

$$(2) |S|^2 \equiv -n\frac{c}{4} + n^3 H^2 / 2(n-1) - (n-2) \sqrt{n^4 H^4 + (l-n)n^2 H^2 c / 2(n-1)} \tag{40}$$

Remark 2.2. Let N be a compact hypersurface with constant normalized scalar curvature \bar{R} in an $(n+1)$ -dimensional Hessian manifold $F^{n+1}(-\frac{c}{4})$. Assume

$$(1) \bar{R} \equiv R + \frac{c}{4} \geq 0 \tag{41}$$

and the norm square $|S|^2$ holds the following inequality

$$(2) n\bar{R} \leq |S|^2 \leq \frac{n[n(n-1)\bar{R}^2 + (l-n)\bar{R}c + nc^2 / 16]}{(n-2)(nR - \frac{c}{2})} \tag{42}$$

Then either

$$264 |S|^2 \equiv n\bar{R} \tag{43}$$

Observe that $n^2 H^2 + (l-n)c \geq 0$ if $c > 0$. This is the desired result.

Remark 2.1 Let N compact hypersurface of a Hessian manifold $F^{n+1}(-\frac{c}{4})$ with constant mean curvature H . If (18) satisfies then one of the following conditions holds

(1) $|S|^2 \equiv nH^2$ and N is totally umbilical

$$(2) |S|^2 \equiv -n\frac{c}{4} + n^3 H^2 / 2(n-1) - (n-2) \sqrt{n^4 H^4 + (l-n)n^2 H^2 c / 2(n-1)} \tag{38}$$

Proof. As we know if $trh_{ij} = const$ then

$$|\nabla S|^2 = |\nabla(trS)|^2 \tag{39}$$

Using (18)-(22) (Th. 2.1) it follows that one of the conditions given below is satisfied

and N is totally umbilical or

$$|S|^2 \equiv \frac{n[n(n-1)\bar{R}^2 + (l-n)\bar{R}c + nc^2 / 16]}{(n-2)(nR - \frac{c}{2})} \tag{44}$$

and (40) holds iff < 0 .

Proof. Let $f_{ij} = h_{ij}$ and using Gauss equation

$$n^2 H^2 - |S|^2 = n(n-1)\bar{R} \geq 0 \\ |\nabla S|^2 \geq n^2 |\nabla H|^2 \tag{45}$$

Using (27) we get that (19) is equivalent to

(42) recall that $-\frac{c}{4} \leq 0$ does not valid because of the

compactness of N . Hence we get Remark 2.2.

Theorem 2.2 Assume that N be compact hypersurface in a Hessian manifold $F^{n+1}(-\frac{c}{4})$.

(1) If Hessian sectional curvature of N is positive and (18) satisfied then N is totally umbilical.

(2) If Hessian sectional curvature of N is nonnegative and (18) satisfied then one of the conditions below is valid

a) N is totally umbilical or

b) N has two different principal curvatures indicated below

$$l_{1=...l_k} = \frac{nH + \sqrt{n^2H^2 + k(k-n)c}}{2k} \tag{46}$$

$$l_{k+1=...l_n} = \frac{nH - \sqrt{n^2H^2 + k(k-n)c}}{2(n-k)}$$

where $1 \leq k \leq n$.

We give the following lemma before proving the theorem

Lemma 2.3 Denoting Codazzi tensor on a Riemannian manifold N by $f = \sum f_{ij}w_i \otimes w_j$ we can assume the following conditions hold

$$|\nabla f|^2 \geq |\nabla(\text{tr}f)|^2 \tag{47}$$

(1) If the sectional curvature of N is positive, then all eigenvalues of Codazzi tensor are equal to each other on N

(2) If the sectional curvature of N is nonnegative, then $|\nabla f|^2 = |\nabla(\text{tr}f)|^2$, $R_{ijij} = 0$, when eigenvalues of Codazzi tensor on N is different from each other.

Proof. Establish $f_{ij} = h_{ij}$ $f_{ij} = h_{ij} = l d_{ij}$ in Lemma

2.3 and recalling that $R_{ijij} = -\frac{c}{4} + l_i l_j$ we obtain the proof.

CONCLUSION

The curvature equations and estimates are have great importance in order to develop the geometry of manifolds with boundary. The aim of this study is to obtain rigidity characterizations which are new for Hessian spaceforms. Using the results obtained on second fundamental form, we also get eigenvalue estimates for Hessian manifolds with nonnegative sectional curvature.

REFERENCES

- Bektas M, Yıldırım M, 2006. Integral inequalities for submanifolds of Hessian manifolds with constant Hessian sectional curvature. Irania. Jour. of Scien. and Techno. Transact. A, 30(2):235-239.
- Camargo FEC, Chavesa RVB, Sousa Jr LAM, 2008. Rigidity theorems for complete spacelike hypersurfaces with constant scalar curvature in De Sitter space. Differential Geometry and its Applications. 26(6): 592-599.
- Caminha A, 2006. A rigidity theorem for complete CMC hypersurfaces in Lorentz manifolds. Diff. Geom. and its Applic.. 24(6):652–659.
- Colares AG, De Lima HF, 2002. Some rigidity theorems in semi-Riemannian warped products, Kodai Mathemat. J. 35(2): 268-282.
- Ho PT, 2015. Differentiable rigidity of hypersurface in space forms. Manuscripta mathem. 146: 463-472.
- Kobayashi, S, Nomizu K, 1969. Foundations of differential geometry, Vols. I, II, Inter science, N. York.
- Li, H, 1997. Global rigidity theorems for hypersurfaces. Arkiv Math. 35: 327-351.
- Shima H, 1986. Vanishing theorems for compact Hessian manifolds. Annals Institute. Fourier Grenob.. 36(3):183-205.
- Shima H, 1995. Hessian manifolds of constant Hessian sectional curvature. Journal of Mathematical Society of Japan. 47(4): 735-753.
- Shima H, 2007. The Geometry of Hessian structures. World Scien. Publ., First edition Singapore, Japan. 246p.
- Shima H, Yagi, K., 1997. Geometry of Hessian manifolds, Differential Geometry and its Applications. 7(3): 277–290.
- Yılmaz MY, Bektas, M, 2008. A survey on curvatures of Hessian manifolds. Chaos, Solit. & Fract. 38(3): 620-630.

Weighted Lacunary I-Statistical Convergence

Şükran KONCA¹

ABSTRACT: In this paper, we define the concepts of weighted lacunary \square -statistical convergence or $S_{(R,\theta)}(I)$ -convergence and $[R, p_r, \theta]^I$ -summability, and investigate some inclusion relations.

Keywords. I-statistical convergence, ideal convergence, Riesz mean, weighted

Ağırlıklı Lacunary I-İstatistiksel Yakınsaklık



ÖZET: Bu makalede, $S_{(R,\theta)}(I)$ veya ağırlıklı lacunary I-istatistiksel yakınsaklık ile $[Rp_r, q]^I$ -toplanabilirlik kavramları tanımlanmıştır ve bazı kapsama bağıntıları araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağırlık, I-istatistiksel yakınsaklık, İdeal yakınsaklık, Riesz ortalama

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik, Bitlis, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Şükran Konca, skonca@beu.edu.tr

INTRODUCTION

The concept of statistical convergence was formally introduced by Fast (1951), Steinhaus (1951) and later on by Schoenberg (1959). Many years later, it has been discussed in the theory of Fourier analysis, ergodic theory and number theory under different names.

The notion of I-convergence was studied at initial stage by Kostyrko et al. (2000-2001) as a generalization of statistical convergence which was further studied in topological spaces (Lahiri et al., 2005). Kostyrko et al. (2005) gave some of basic properties of I-convergence and dealt with extremal I-limit points. Later on it was studied by Salat et al. (2004), Hazarika and Savaş (2011), Tripathy and Hazarika (2011) and many others. More applications of ideals can be seen in (Lahiri et al., 2005; Tripathy et al., 2009; Das et al., 2011; Hazarika and Savaş, 2011; Kumar et al., 2013; Altundağ and Sözbir, 2015)

Recently, Başarır and Konca (2014) have obtained a new lacunary sequence and a new

concept of statistical convergence which is called weighted lacunary statistical convergence by combining both of the definitions of lacunary sequence and Riesz mean.

In this paper, we define the concepts of weighted lacunary \square -statistical convergence or $S_{(R,\theta)}(I)$ -convergence and $[R, p_r, q]$ -summability, and investigate some inclusion relations.

MATERIAL AND METHODS

Definitions and Preliminaries

In this section, we present some definitions and notations needed throughout the paper.

Let (p_k) be a sequence of positive real numbers and $P_n = p_1 + p_2 + \dots + p_n$ for $n \in \mathbb{N}$ (the set of all natural numbers).

Then the Riesz transformation of $x = (x_k)$ is defined as $t_n = I/P_n \sum_{k=1}^n p_k x_k$. If the transformation sequence (t_n) has a finite limit L then the sequence x is said to be Riesz convergent to L . We denote the set of all Riesz convergent sequences by (R, p_n) . Let us note that if $P_n \rightarrow \infty$ as $n \rightarrow \infty$ then Riesz mean is regular summable method. Throughout the paper, let $P_n \rightarrow \infty$ as $n \rightarrow \infty$ and $P_0 = p_0 = 0$.

A lacunary sequence is an increasing integer sequence $\theta = (k_r)$ such that $k_0 = 0$ and $h_r = k_r - k_{r-1} \rightarrow \infty$ as $r \rightarrow \infty$.

The intervals determined by θ will be defined by $I_r = (k_{r-1}, k_r]$ and the ratio $\frac{k_r}{k_{r-1}}$ will be defined by q_r (for details on lacunary sequence see (Fridy and Orhan, 1993)).

Let $q = (k_r)$ be a lacunary sequence, (p_k) be a sequence of positive real numbers such that

$H_r := \sum_{k \in I_r} p_k, P_{k_r} := \sum_{k \in (0, k_r]} p_k, P_{k_{r-1}} := \sum_{k \in (0, k_{r-1}]} p_k, Q_r = \frac{P_{k_r}}{P_{k_{r-1}}}, P_0 = 0, I'_r = (P_{k_{r-1}}, P_{k_r}]$. It is easy to see that $H_r = P_{k_r} \square P_{k_{r-1}}$. If we take $p_k = 1$ for all $k \in \mathbb{N}$ then $H_r, P_{k_r}, P_{k_{r-1}}, Q_r$ and I'_r reduce to h_r, k_r, k_{r-1}, q_r and I_r , respectively. Throughout the paper by $\lim_k x_k$ we mean $\lim_{k \rightarrow \infty} x_k$ for brevity, we assume that $P_n \rightarrow \infty$ as $n \rightarrow \infty$ such that $H_r \rightarrow \infty$ as $r \rightarrow \infty$.

The sequence $x = (x_k)$ is said to be (R, p_r, θ) -summable to L in $\lim_{r \rightarrow \infty} \omega_r(x) = L$. In this case, we write $x_k \rightarrow L(R, p_r, \theta)$ (Başarır and Konca, 2014).

Definition 2.1. (Fast, 1951) Recall that a number sequence $x = (x_k)$ is said to be statistically convergent to a number L (denoted by $S - \lim_k x_k = L$) provided that for every $\varepsilon > 0$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \left| \left\{ k \leq n : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| = 0$$

where the vertical bars denote the cardinality of the enclosed set. Let S denotes the set of all statistically convergent sequences of numbers.

Definition 2.2. (Fridy and Orhan, 1993) Let $\theta = (k_r)$ be a lacunary sequence. A sequence $x = (x_k)$ of numbers is said to be lacunary statistically convergent to a number L (denoted by $S_{\theta} - \lim_k x_k = L$) if for each $\varepsilon > 0$,

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| = 0$$

and S_{θ} denotes the set of all lacunary statistically convergent sequences of numbers.

Definition 2.3. (Fast, 1951) Recall that a number sequence $x = (x_k)$ is said to be weighted statistically convergent to a number L (denoted by $S_R - \lim_k x_k = L$) provided that for every $\varepsilon > 0$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{P_n} \left| \left\{ k \leq P_n : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| = 0.$$

By S_R , we denote the set of all statistically convergent sequences of numbers. Moricz and Orhan (2004) have defined the concept of statistical

summability (R, p_n) as follows:

A sequence $x = (x_k)$ is statistically summable to L by the weighted mean method determined by the sequence (p_k) or briefly statistically summable (R, p_n) to L if $S - \lim_n t_n(x) = L$. In this case, we write $S_R - \lim x = L$.

Definition 2.4. (Başarır and Konca, 2014) A sequence $x = (x_k)$ is said to be weighted lacunary statistically convergent to L if for every $\varepsilon > 0$,

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I'_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| = 0.$$

In this case, we write $S_{(R,\theta)} - \lim_k x_k = L$. We denote the set of all weighted lacunary statistically convergent sequences by $S_{(R,\theta)}$.

Definition 2.5. (Kostyrko et al., 2000-2001) For any non-empty set X , $P(X)$ denotes the power set of X . A family of sets $I \subset 2^X = P(X)$ is called an ideal in X if and only if

- 1) $\emptyset \in I$
- 2) For each $A, B \in I$ we have $A \cup B \in I$,
- 3) For $A \in I, B \subseteq A$ we have $B \in I$,

A non-empty family of sets $F \subset P(X)$ is called a filter in X if and only if

- 1) $\emptyset \notin F$

2) For each $A, B \in I$ we have $A \cup B \in I$,

3) For $A \in I, B \subseteq A$ we have $B \in I$.

It immediately implies that $I \subset P(X)$ is a non-trivial ideal if and only if the class $F = F(I) = \{ X - A \mid A \in I \}$ is a filter on X . The filter $F = F(I)$ is called the filter associated with the ideal I . An ideal I is called non-trivial ideal if $I \neq \emptyset$ and $X \notin I$. Also, a non-trivial ideal I is called an admissible ideal in X if and only if it contains $\{ \{x\} : x \in X \}$. Throughout the paper, I and w are considered as a non-trivial admissible ideal and the spaces of all sequences, respectively, unless otherwise stated. By I_{fin} , we mean the ideal of all subsets of \mathbb{N} .

Definition 2.6. (Kostyrko et al., 2000-2001) Given $I \subset 2^{\mathbb{N}}$ is a nontrivial ideal in \mathbb{N} . The sequence $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$ in w is said to be I -convergent to the number L , if for each $\varepsilon > 0$ the set $A(\varepsilon) = \{ n \in \mathbb{N} : |x_n - L| \geq \varepsilon \}$ belongs to I . We write $I - \lim x_k = L$.

Recently, Das et al. (2011) unified the ideas of statistical convergence and ideal convergence to introduce new concepts of I -statistical convergence and I -lacunary statistical convergence as follows.

Definition 2.7. (Das et al., 2011) A sequence $x = (x_k)$ of numbers is said to be I -statistical convergent or $S(I)$ -convergent to L , if for every $\varepsilon > 0$ and $\delta > 0$

$$\left\{ n \in \mathbb{N} : \frac{I}{n} \left| \left\{ k \leq n : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \right\} \in I.$$

In this case, we write $x_k \rightarrow L(S(I))$ or $S(I) - \lim x_k = L$.

Let $S(I)$ denotes the set of all I -statistically convergent sequences of numbers. For $I = I_{fin}$, I -statistical convergence coincides with statistical convergence.

Definition 2.8. (Das et al., 2011) Let $\theta = (k_r)$ be a lacunary sequence. A sequence $x = (x_k)$ of numbers is said to be I -lacunary statistically convergent or $S_q(I)$ -convergent to L , if for every $\varepsilon > 0$ and $\delta > 0$

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{I}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \right\} \in I.$$

In this case, we write $x_k \rightarrow L(S_\theta(I))$ or $S_\theta(I) - \lim x_k = L$. The set of all I -lacunary statistically convergent sequences will be denoted by $S_\theta(I)$.

Definition 2.9. (Altundağ and Sözbir, 2015) A sequence $x = (x_k)$ is said to be weighted I -statistically convergent or $S_R(I)$ -convergent to L , if for every $\varepsilon > 0$ and $\delta > 0$

$$\left\{ n \in \mathbb{N} : \frac{I}{P_n} \left| \left\{ k \leq P_n : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \right\} \in I$$

In this case, we write $x_k \rightarrow L(S_R(I))$ or $S_R(I) - \lim x = L$. Let $S_R(I)$ denotes the set of all weighted I -statistically convergent sequences coincides with S_R .

RESULTS AND DISCUSSION

Main Results

Let I be an admissible ideal of \mathbb{N} . A sequence $x = (x_k)$ is said to be $[R, p_r, \theta]^I$ -summable to L ,

$$\text{if for any } \varepsilon > 0, \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \in I$$

In this case, we write $[R, p_r, \theta]^I - \lim x = L$ or

$$x_k \rightarrow L \left([R, p_r, \theta]^I \right).$$

Now, we give a new concept which will be called weighted lacunary I -statistical convergence. Let us investigate some relations related with this notion.

Definition 3.1. A sequence $x = (x_k)$ is said to be weighted lacunary I -statistical convergent (or $S_{(R,q)}(I)$ -convergent to L), if for every $\varepsilon > 0$ and $\delta > 0$,

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I'_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \right\} \in I.$$

Then we have

$$\begin{aligned} \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| &\geq \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I'_r} p_k |x_k - L| \\ &\geq \frac{1}{H_r} \sum_{\substack{k \in I'_r \\ k \in K_r(\varepsilon)}} p_k |x_k - L| \\ &\geq e \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I'_r : p_k |x_k - L| \geq e \right\} \right| \end{aligned}$$

hich implies $\frac{1}{e} \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| \geq \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I'_r : p_k |x_k - L| \geq e \right\} \right|$. Thus for any $d > 0$ we have the following

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq e \right\} \right| \geq d \right\} \subseteq \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| \geq ed \right\}.$$

In this case, we write $S_{(R,\theta)}(I) - \lim x = L$ or

$x_k \rightarrow L \left(S_{(R,q)}(I) \right)$. The class of weighted lacunary I -statistical convergent sequences will be denoted by $S_{(R,q)}(I)$. For $I = I_{fin}$, $S_{(R,q)}(I)$ convergence

coincides with $S_{(R,\theta)}$. If $p_k = 1$ for all $k \in \mathbb{N}$, then $S_{(R,q)}(I)$ convergence reduces to $S_q(I)$ -convergence.

Theorem 3.2. Let $I \subseteq P(\mathbb{N})$ be an admissible

ideal, θ be a double lacunary sequence and $\square \square \square$. Then

$$x_k \rightarrow L \left([R, p_r, \theta]^I \right) \text{ implies } x_k \rightarrow L \left(S_{(R,\theta)}(I) \right).$$

Proof. Suppose $x_k \rightarrow L \left([R, p_r, \theta]^I \right)$ and let

$$K_r(\varepsilon) := \left\{ k \in I'_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\}.$$

(3.1)

Since $x_k \rightarrow L \left([R, p_r, q]^I \right)$, it follows that the latter set belongs to \square and hence the result is obtained. In order to establish that the inclusion is strict; for $I = I_{fin}$ let $\theta = (k_r)$ be given and $x = (x_k)$ be defined as $1, 2, \dots, \sqrt{h}$ at the first $\sqrt{h_r}$ integers in I_r and $x_k = 0$ for all other $k \in \mathbb{N}$. Let $(p_k) = 1^2, 2^2, 3^2, \dots, h_k$ for $k \in I_r$ and $p_k = 0$ otherwise. Since $I_r' \subset I_r$, we

$$\begin{aligned} \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| &\leq \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r'} p_k |x_k - L| \\ &\leq \frac{1}{H_r} \sum_{\substack{k \in I_r' \\ k \in K_r(\varepsilon)}} p_k |x_k - L| + \frac{1}{H_r} \sum_{\substack{k \in I_r' \\ k \notin K_r(\varepsilon)}} p_k |x_k - L| \\ &\leq M \frac{1}{H_r} |K_r(\varepsilon)| + \varepsilon. \end{aligned}$$

Consequently, we obtain

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \subseteq \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r' : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \frac{\varepsilon}{M} \right\}.$$

Since $x_k \rightarrow L \left(S_{(R, \theta)}(I) \right)$, it follows that the latter set belongs to \square , which immediately implies

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \in I. \text{ This shows that } x_k \rightarrow L \left([R, p_r, \theta]^I \right).$$

If anyone wants to show that the converse of the previous theorem is strict, then for $I = I_{fin}$, $p_k = 1$

can see that $x \in S_{(R, q)}(I)$ but $x \notin [R, p_r, q]^I$.

Theorem 3.3. Let $p_k |x_k - L| \leq M$ for all $k \in \mathbb{N}$ and $I_r \subseteq I_r'$. If $x_k \rightarrow L \left(S_{(R, q)}(I) \right)$ then .

Proof. Suppose that $p_k |x_k - L| \leq M$ for all $k \in \mathbb{N}$ and $I_r \subset I_r'$. Let $x_k \rightarrow L \left(S_{(R, q)}(I) \right)$ and $K_r(\varepsilon)$ be defined as in (3.1). For each $\varepsilon > 0$ we have

can be taken for all $k \in \mathbb{N}$ and $\theta = (k_r) = 2^r$ for all $r > 0$. Consider the sequence $x = (x_k) = (1, 0, 1, 0, \dots)$ of course the inequality $p_k |x_k - L| \leq M$ holds for all $k \in \mathbb{N}$. The sequence $x \in [R, p_r, \theta]^I$ but $x \notin S_{(R, q)}(I)$.

Definition 3.4. A sequence $x = (x_k)$ is said to be $(R, p_r, \theta)^I$ summable to L , if $I - \lim_r \omega_r(x) \rightarrow L$

i.e for any $\varepsilon > 0$, $\{r \in \mathbb{N} : |\omega_r(x) - L| \geq \varepsilon\} \in I$ where $\omega_r(x) := 1/H_r \sum_{k \in I_r} p_k x_k$. In this case we write $(R, p_r, \theta)^I$ - $\lim x = L$ or $x_k \rightarrow L \left((R, p_r, \theta)^I \right)$. For $I = I_{fin}$, the ideal of all finite subsets of \mathbb{N} , $(R, p_r, \theta)^I$ summability becomes (R, p_r, θ) summability. In the following theorem, we examine the relation between $S_{(R, \theta)}(I)$ -convergence and $(R, p_r, \theta)^I$ -summability.

Theorem 3.5. Let $p_k |x_k - L| \leq M$ for all $k \in \mathbb{N}$ and $I_r \subseteq I'_r$. If a sequence $x = (x_k)$ is $S_{(R, \theta)}(I)$ -convergent to L , then it is $(R, p_r, \theta)^I$ -summable to L .

Proof. Let $p_k |x_k - L| \leq M$ for all $k \in \mathbb{N}$ and $I_r \subseteq I'_r$. Suppose that $x_k \rightarrow L \left(S_{(R, \theta)}(I) \right)$.

Then we have the following, where $K_r(\varepsilon)$ is defined as in (3.1)

$$\begin{aligned} |w_r - L| &= \left| \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r} p_k (x_k - L) \right| \leq \left| \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r'} p_k (x_k - L) \right| \\ &\leq \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r'} p_k |x_k - L| + \frac{1}{H_r} \sum_{k \in I_r'} p_k |x_k - L| \\ &= M \frac{1}{H_r} \left| \{k \in I_r' : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| + \varepsilon. \end{aligned}$$

If we take $A(\varepsilon) = \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \{k \in I_r' : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \geq \frac{\varepsilon}{M} \right\}$ then for $r \in (A(\varepsilon))^c$ we take $|\omega_r - L| < 2\varepsilon$. Hence $\{r \in \mathbb{N} : |\omega_r - L| \geq 2\varepsilon\} \subset A(\varepsilon)$ and belongs to I . This shows that $I\text{-}\lim_r w_r = L$, hence $x_k \rightarrow L \left((R, p_r, \theta)^I \right)$.

Theorem 3.6. The following statements are true:

1) If $p_k \leq 1$ for all $k \in \mathbb{N}$ and $x_k \rightarrow L \left(S_\theta(I) \right)$

then $x_k \rightarrow L \left(S_{(R, \theta)}(I) \right)$.

2) Let $\frac{H_r}{h_r}$ be upper bounded. If $p_k \geq 1$ for all

$k \in \mathbb{N}$ and $x_k \rightarrow L \left(S_{(R, \theta)}(I) \right)$ then $x_k \rightarrow L \left(S_q(I) \right)$.

Proof. 1) If $p_k \leq 1$ for all $k \in \mathbb{N}$ then $H_r \leq h_r$ for all $r \in \mathbb{N}$. So, there exist M_1 and

M_2 constants such that $0 < M_1 \leq \frac{H_r}{h_r} \leq M_2 \leq 1$

for all $r \in \mathbb{N}$. Let $x_k \rightarrow L (S_q (I))$ then for an arbitrary $\varepsilon > 0$ we have

$$\begin{aligned} & \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| = \frac{1}{H_r} \left| \left\{ P_{k_{r-1}} < k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ & \leq \frac{1}{M_1 h_r} \left| \left\{ P_{k_{r-1}} \leq k_{r-1} < k \leq P_{k_r} \leq k_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ & = \frac{1}{M_1} \cdot \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k_{r-1} < k \leq k_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ & = \frac{1}{M_1} \cdot \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right|. \end{aligned}$$

Thus for a given $\delta > 0$,

$$\frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \Rightarrow \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq M_1 \delta. \quad .$$

Hence

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \right\} \subset \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq M_1 \delta \right\}. \text{ Since}$$

$x_k \rightarrow L (S_0 (I))$, the set on the right hand side belongs to \square and so it follows that $x_k \rightarrow L (S_{(R, \theta)} (I))$.

2) Let $\frac{H_r}{h_r}$ be upper bounded, so there exist M_1

and M_2 constants such that $1 \leq M_1 \leq \frac{H_r}{h_r} \leq M_2 < \infty$

for all $r \in \mathbb{N}$. If $p_k \geq 1$ for all $k \in \mathbb{N}$ then we have

$H_r \geq h_r$ for all $r \in \mathbb{N}$. Assume that $x = (x_k)$

converges to the limit L in $(S_{(R, \theta)} (I))$, then for an

arbitrary $\varepsilon > 0$ we have

$$\begin{aligned} \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| &= \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k_{r-1} < k \leq k_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ &\leq \frac{M_2}{H_r} \left| \left\{ k_{r-1} \leq P_{k_{r-1}} < k \leq k_r \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ &= M_2 \cdot \frac{1}{H_r} \left| \left\{ P_{k_{r-1}} < k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ &= M_2 \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r' : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right|. \end{aligned}$$

Thus for a given $\delta > 0$,

$$\frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \Rightarrow \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r' : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \frac{\delta}{M_2}.$$

Hence

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{h_r} \left| \left\{ k \in I_r : |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \delta \right\} \subset \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \left\{ k \in I_r' : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \geq \frac{\delta}{M_2} \right\}.$$

Since $x_k \rightarrow L (S_{(R,\theta)}(I))$, the set on the right-hand side belongs to \square and so it follows that $x_k \rightarrow L (S_\theta(I))$.

Theorem 3.7. For any lacunary sequence if $\liminf_r Q_r > 1$ and $x_k \rightarrow L (S_R(I))$, then

$$x_k \rightarrow L (S_{(R,\theta)}(I)).$$

Proof. Suppose that $\liminf_r Q_r > 1$. Then there exists a $\gamma > 0$ such that $Q_r \geq 1 + \gamma$ for sufficiently large values of r , which implies that $\frac{H_r}{P_{k_r}} \geq \frac{\gamma}{1 + \gamma}$. Let $x = (x_k) \in S_R(I)$ with $S_R(I) - \lim x = L$, then for every $\varepsilon > 0$ and for sufficiently large r , we have

$$\begin{aligned} \frac{1}{P_{k_r}} \left| \left\{ k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| &\geq \frac{1}{P_{k_r}} \left| \left\{ P_{k_{r-1}} < k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \\ &= \frac{H_r}{P_{k_r}} \left(\frac{1}{H_r} \left| \left\{ P_{k_{r-1}} < k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon \right\} \right| \right) \end{aligned}$$

$$\geq \frac{\gamma}{1+\gamma} \left(\frac{1}{H_r} \left| \{k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \right).$$

$$\frac{1}{H_r} \left| \{k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \geq \delta \Rightarrow \frac{1}{P_{k_r}} \left| \{k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \geq \frac{\gamma}{1+\gamma} \delta.$$

Hence

$$\left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{H_r} \left| \{k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \geq \delta \right\} \subset \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{1}{P_{k_r}} \left| \{k \leq P_{k_r} : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \geq \frac{\gamma}{1+\gamma} \delta \right\}. \text{Since}$$

$x_k \rightarrow L(S_R(I))$, the set on the right-hand side belongs to \square and so it follows that $x_k \rightarrow L(S_{(R,\theta)}(I))$.

Theorem 3.8. Let $q = (k_r)$ be a lacunary sequence with $\limsup_r Q_r < \infty$ and

$$x_k \rightarrow L(S_{(R,\theta)}(I)) \text{ then } x_k \rightarrow L(S_R(I)).$$

Proof. If $\limsup_r Q_r < \infty$, then there is a $K > 0$ such that $Q_r \leq K$ for all r . Let

$$x_k \rightarrow L(S_{(R,\theta)}(I)) \text{ and}$$

$$N_r = \left| \{k \in I_r : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \tag{3.2}$$

By (3.2), given $\varepsilon > 0$, there is a $r_0 \in \mathbb{N}$ such that $\frac{N_r}{H_r} < \varepsilon$ for all $r > r_0$. Now, let $M = \max \{N_r : 1 \leq r \leq r_0\}$

and let n be any integer satisfying $k_{r-1} < n \leq k_r$, then we can write

$$\frac{1}{P_n} \left| \{k \leq P_n : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \leq \frac{Mr_0}{P_{k_{r-1}}} + \varepsilon K. \text{ So for a given } \delta > 0$$

$$\left\{ n \in \mathbb{N} : \frac{1}{P_n} \left| \{k \leq P_n : p_k |x_k - L| \geq \varepsilon\} \right| \geq \delta \right\} \subset \left\{ r \in \mathbb{N} : \frac{Mr_0}{P_{k_{r-1}}} + \varepsilon K \geq \delta \right\}.$$

CONCLUSION

There we might also be interested in an analogue of the classical Korovkin Theorem (Korovkin, 1960) which states that for a sequence (T_n) of positive linear operators from $C[a; b]$ into $C[a; b]$ $\lim_n \Pi T_n - f(x) \Pi_\infty = 0$; for all $f \in C[a; b]$;

if and only if $\lim_n \Pi T_n(f_i; x) - f_i(x) \Pi_\infty = 0$ for $i = 0, 1, 2$ where $f_0(x) = 1$; $f_1(x) = x$ and $f_2(x) = x^2$, by using the concept of $(R, p_r, \theta)^I$ -summability. All the results obtained in (Altundağ and Sözbir, 2015) also hold for our new concept.

REFERENCES

- Altundağ S, Sözbir B, 2015. Weighted I-statistical convergence and its application to Korovkin type approximation theorem. *International Journal of Mathematics Science and Engineering Applications*, 9 (2): 63-76.
- Başarır M, Konca Ş, 2014. On some spaces of lacunary convergent sequences derived by Nörlund-type mean and weighted lacunary statistical convergence. *Arab Journal of Mathematics and Science*, 20 (2): 250-263.
- Das P, Savaş E, Ghosal K, 2011. On generalizations of certain summability methods using ideals. *Applied Mathematics Letters*, 24: 1509-1514.
- Fast H, 1951. Sur la convergence statistique. *Colloquium Mathematicum*, 2 (3-4): 241-244.
- Fridy JA, Orhan C, 1993. Lacunary statistical convergence. *Pacific Journal of Mathematics*, 160:43-51.
- Hazarika B, Savaş E, 2011. Some I-convergent lambda-summable difference sequence spaces of fuzzy real numbers defined by a sequence of Orlicz function. *Mathematical and Computer Modelling*, 54: 2986-2998.
- Korovkin PP, 1960. *Linear Operators and Approximation Theory*, Hindustan Publishing Corporation, Delhi.
- Kostyrko P, Salat T, Wilczynski W, 2000-2001. I-convergence. *Real Analysis Exchange*, 26 (2): 669-686.
- Kostyrko P, Macaj M, Salat T, Szeziak M, 2005. I-convergence and extremal I-limit points. *Mathematica Slovaca*, 55: 443-464.
- Kumar S, Kumar S, Bhatia SS, 2013. On ideal version of lacunary statistical convergence of double sequences. *General Mathematics Notes*, 17 (1): 32-44.
- Lahiri BK, Das P, 2005. I and I*-convergence in topological spaces. *Mathematica Bohemica*, 130 (2): 153-160.
- Moricz F, Orhan C, 2004. Tauberian conditions under which statistical convergence follows from statistical summability by weighted means. *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica*, 41: 391-403.
- Salat T, Tripathy BC, Ziman B, 2004. On some properties of I-convergence. *Tatra Mountains Mathematical Publications*, 28: 279-286.
- Schoenberg IJ, 1959. The integrability of certain functions and related summability methods. *American Mathematical Monthly*, 66: 361-375.
- Steinhaus H, 1951. Sur la convergence ordinaire et la convergence asymptotique. *Colloquium Mathematicum*, 2: 73-84.
- Tripathy BC, Hazarika B, Choudhary B, 2012. Lacunary I-convergent sequences. *Kyungpook Mathematical Journal*, 52 (4): 473-482.

A New Application of Miller and Mocanu Lemma

Neslihan UYANIK¹

ABSTRACT: In this paper, we discuss a new application of Miller and Mocanu lemma (Miller and Mocanu, 1978) for $f(z)$ concerned with the classes $R(\alpha, \rho)$ and $R(a, r)$.

Keywords: Analytic function, Jack lemma, Miller and Mocanu lemma

Miller ve Mocanu Lemmasının Yeni Bir Uygulaması



ÖZET: Bu çalışmada, $R(\alpha, \rho)$ ve $R(a, r)$ sınıflarına ait $f(z)$ fonksiyonu için Miller ve Mocanu lemmasının (Miller and Mocanu, 1978) yeni bir uygulaması verilecektir.

Anahtar kelimeler: Analitik fonksiyon, Jack lemması, Miller ve Mocanu lemması

¹ Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Neslihan UYANIK, nesuyan@yahoo.com

INTRODUCTION

Let A be the class of normalized functions $f(z)$ ($f'(0) - 1 = f(0) = 0$), which are analytic in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 1\}$ given by the power series:

$$f(z) = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_n z^n \quad (1)$$

Let $R(\alpha, \rho)$ be the subclass of A consisting of functions $f(z)$ which satisfy

$$\left| \frac{f(z)}{z} - 1 \right| < (1 - \alpha)\rho \quad (z \in U) \quad (2)$$

for some real α ($0 \leq \alpha < 1$) and $\rho > 0$.

Further, let $P(\alpha, \rho)$ denote the subclass of A consisting of all functions $f(z)$ satisfying

$$|f'(z) - 1| < (1 - \alpha)\rho \quad (z \in U) \quad (3)$$

for some real α ($0 \leq \alpha < 1$) and $\rho > 0$.

Singh and Singh (Singh and Singh, 1982) have considered some properties for the class $(0, 1)$. Further, Mocanu (Mocanu, 1988) and Nunokawa, Owa, Polatoglu, Caglar and Duman (Nunokawa et al., 2010) have discussed some problems concerned with the class $P(\alpha, \rho)$ with $(1 - \alpha)\rho = \frac{2}{\sqrt{5}}$.

MATERIAL AND METHOD

In order to discuss our problem, we have to recall here the following lemma as a result of Miller and Mocanu (Miller and Mocanu, 1978) (also a result of Jack (Jack, 1971)).

Lemma 2.1 Let $w(z)$ be analytic in U with $w(0) = 0$. If there exists a point $z_0 \in U$ such that

$$\max_{|z| \leq |z_0|} |w(z)| = |w(z_0)|, \quad (4)$$

then we can write

$$z_0 w'(z_0) = k w(z_0), \quad (5)$$

where k is real and $k \geq 1$.

In the present paper, we discuss a new application of Lemma 2.1 for $f(z)$ concerned with the classes $R(\alpha, \rho)$

Let $f(z) \in \mathcal{A}$. If there exists some convex function $g(z) \in \mathcal{A}$ such that

$$\operatorname{Re} \left(\frac{f'(z)}{g'(z)} \right) > \alpha \quad (z \in U)$$

for some real $\alpha (0 \leq \alpha < 1)$, then we say that $f(z)$ is close-to-convex of order α in U .

RESULTS AND DISCUSSION

First application of Lemma 2.1 is included in following theorem.

Theorem 3.1 If $f(z) \in \mathcal{A}$ satisfies

$$\operatorname{Re} \left(\frac{f(z)}{zf'(z)} \right) > \frac{1+(1-\alpha)\rho}{1+2(1-\alpha)\rho} \quad (z \in U) \tag{6}$$

for some real $\alpha (0 \leq \alpha < 1)$ and $\rho \geq \frac{1}{2(1-\alpha)}$, then $f(z) \in \mathcal{K}(\alpha, \rho)$.

Proof Let us consider $w(z)$ defined by

$$\frac{f(z)}{z} = 1 + (1-\alpha)w(z) \quad (z \in Y) \tag{7}$$

for $f(z) \in \mathcal{A}$ satisfying the condition (6). Then we see that

$$\frac{f(z)}{zf'(z)} = \frac{1+(1-\alpha)w(z)}{1+(1-\alpha)w(z) \left(1 + \frac{zw'(z)}{w(z)} \right)}, \tag{8}$$

that is, that

$$\operatorname{Re} \left(\frac{f(z)}{zf'(z)} \right) = \operatorname{Re} \left(\frac{1+(1-\alpha)w(z)}{1+(1-\alpha)w(z) \left(1 + \frac{zw'(z)}{w(z)} \right)} \right) > \frac{1+(1-\alpha)\rho}{1+2(1-\alpha)\rho} \tag{9}$$

for $z \in U$. Because $w(z)$ is analytic in U with $w(0) = 0$, we suppose that there exists a point $z_0 \in U$ such that

$\max_{|z|=|z_0|} |w(z)| = |w(z_0)| = \rho$ with $\rho \geq \frac{1}{2(1-\alpha)}$. Then Lemma 2.1 gives us that $w(z_0) = \rho e^{iq}$

and $z_0 w'(z_0) = k w(z_0)$ ($k \geq 1$).

Therefore, we have that

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} \left(\frac{f(z_0)}{z_0 f'(z_0)} \right) &= \operatorname{Re} \left(\frac{1 + (1-\alpha) \rho e^{iq}}{1 + (1-\alpha) \rho e^{iq} (1+k)} \right) \\ &= \frac{1 + (1-\alpha)^2 \rho^2 (1+k) + (1-\alpha) \rho (2+k) \cos \theta}{1 + (1-\alpha)^2 \rho^2 (1+k)^2 + 2(1-\alpha) \rho (1+k) \cos \theta} \\ &\leq \frac{1 + (1-\alpha) \rho}{1 + (1-\alpha) \rho (1+k)} \\ &\leq \frac{1 + (1-\alpha) \rho}{1 + 2(1-\alpha) \rho} \quad \left(\rho \geq \frac{1}{2(1-\alpha)} \right). \end{aligned} \tag{10}$$

This contradicts our condition (6) of the theorem.

Therefore, we see that there isn't $z_0 \in U$ such that $|w(z_0)| = \rho$. This means that $|w(z)| < \rho$ ($z \in U$)

Thus we conclude that

$$\left| \frac{f(z)}{z} - 1 \right| = (1-\alpha) |w(z)| < (1-\alpha) \rho \quad (z \in U),$$

that is, that $f(z) \in R(\alpha, \rho)$.

Theorem 3.2 If $f(z) \in A$ satisfies

$$\operatorname{Re} \left(\frac{z f'(z)}{f(z)} \right) < \frac{1 + 2(1-\alpha) \rho}{1 + (1-\alpha) \rho} \quad (z \in U) \tag{11}$$

for some α ($0 \leq \alpha < 1$) and $\rho \geq \frac{1}{1-\alpha}$, then $f(z) \in P(\alpha, \rho)$.

Proof Defining the function $w(z)$ by (7), we have that

$$Re\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right) = Re\left(\frac{1+(1-\alpha)\rho w(z)\left(1+\frac{zw'(z)}{w(z)}\right)}{1+(1-\alpha)\rho w(z)}\right) < \frac{1+2(1-\alpha)\rho}{1+(1-\alpha)\rho} \tag{12}$$

for $z \in U$. If we suppose that there exists a point $z_0 \in U$ such that

$$\max_{|z|=|z_0|} |w(z)| = |w(z_0)| = \rho \quad \left(\rho \geq \frac{1}{1-\alpha}\right).$$

then we can write that $w(z_0) = \rho e^{iq}$ and $z_0 w'(z_0) = kw(z_0)$ ($k \geq 1$). This shows that

$$\begin{aligned} Re\left(\frac{z_0 f'(z_0)}{f(z_0)}\right) &= Re\left(\frac{1+(1-\alpha)\rho e^{iq}(1+k)}{1+(1-\alpha)\rho e^{iq}}\right) \\ &= \frac{1+(1-\alpha)^2 \rho^2 (1+k) + (1-\alpha)\rho(2+k)\cos\theta}{1+(1-\alpha)^2 \rho^2 + 2(1-\alpha)\rho \cos\theta} \\ &\geq \frac{1+2(1-\alpha)\rho}{1+(1-\alpha)\rho} \quad \left(\rho \geq \frac{1}{1-\alpha}\right), \end{aligned} \tag{13}$$

which contradicts the condition (11). Therefore, there isn't $z_0 \in U$ such that $|w(z_0)| = \rho \geq \frac{1}{1-\alpha}$. Thus we see that

$$\left|\frac{f(z)}{z} - 1\right| = (1-\alpha)|w(z)| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U),$$

that is, that $f(z) \in R(\alpha, \rho)$.

Example 3.1 Let us consider the function $f(z)$ given by

$$f(z) = z + (1-\alpha)\rho z^2 \quad (z \in U) \tag{14}$$

for some $\alpha (0 \leq \alpha < 1)$ and $\rho \geq \frac{1}{1-\alpha}$. Then we have that, for $z = e^{i\theta}$,

$$Re\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right) = Re\left(\frac{1+2(1-\alpha)\rho e^{i\theta}}{1+(1-\alpha)\rho e^{i\theta}}\right) \geq \frac{1+2(1-\alpha)\rho}{1+(1-\alpha)\rho}. \tag{15}$$

Thus $f(z)$ satisfies the condition (11) and that

$$\left| \frac{f(z)}{z} - 1 \right| = (1-\alpha)\rho |z| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U) \quad (16)$$

Therefore, $f(z)$ given by (14) belongs to the class $R(\alpha, \rho)$.

We give a condition for starlikeness of functions $f(z) \in A$.

Theorem 3.3 If $f(z) \in A$ satisfies

$$\operatorname{Re} \left\{ \frac{1 + \frac{zf''(z)}{f'(z)}}{\frac{zf'(z)}{f(z)}} \right\} < 1 + \frac{\rho}{2(1+\rho)} \quad (z \in U) \quad (17)$$

for some $\rho > 0$, then

$$\left| \frac{zf'(z)}{f(z)} - 1 \right| < \rho \quad (z \in Y) \quad (18)$$

Proof Let define the function $w(z)$ by

$$\frac{zf'(z)}{f(z)} = 1 + w(z). \quad (19)$$

Then $w(z)$ is analytic in Y with $w(0) = 0$. It follows from (19) that

$$1 + \frac{zf''(z)}{f'(z)} = 1 + w(z) + \frac{zw'(z)}{1+w(z)} \quad (20)$$

so that

$$\frac{1 + \frac{zf''(z)}{f'(z)}}{\frac{zf'(z)}{f(z)}} = 1 + \frac{zw'(z)}{(1+w(z))^2}. \quad (21)$$

Thus we see that

$$Re \left\{ \frac{1 + \frac{zf''(z)}{f'(z)}}{\frac{zf'(z)}{f(z)}} \right\} = Re \left\{ 1 + \frac{zw'(z)}{(1+w(z))^2} \right\} < 1 + \frac{\rho}{2(1+\rho)} \tag{22}$$

for $z \in U$.

Suppose that there exists a point $z_0 \in U$ such that

$$\max_{|z| \leq |z_0|} |w(z)| = |w(z_0)| = \rho \quad (\rho > 0).$$

Then, Lemma 2.1 shows that $w(z_0) = \rho e^{i\theta}$ and $z_0 w'(z_0) = k w(z_0)$ ($k \geq 1$). This implies that

$$\begin{aligned} Re \left\{ \frac{1 + \frac{z_0 f''(z_0)}{f'(z_0)}}{\frac{z_0 f'(z_0)}{f(z_0)}} \right\} &= Re \left\{ 1 + \frac{k \rho e^{i\theta}}{(1 + \rho e^{i\theta})^2} \right\} = 1 + \frac{k \rho}{2(\rho + \cos \theta)} \\ &\geq 1 + \frac{k \rho}{2(1 + \rho)} \\ &\geq 1 + \frac{\rho}{2(1 + \rho)} \quad (\rho > 0) \end{aligned}$$

This contradicts the condition (17) of the theorem. Thus $|w(z)| < \rho$ for $z \in U$. This means that

$$\left| \frac{zf'(z)}{f(z)} - 1 \right| = |w(z)| < \rho \quad (z \in U).$$

Theorem 3.4 Let $f(z) \in A$. If there exists some convex function $g(z) \in A$ such that

$$Re \left(\frac{zf''(z)}{f'(z)} - \frac{zg''(z)}{g'(z)} \right) < \frac{(1-\alpha)\rho}{1+(1-\alpha)\rho} \quad (z \in U) \tag{23}$$

for some real α ($0 \leq \alpha < 1$) and $\rho \geq \frac{1}{\sqrt{2(1-\alpha)}}$, then

$$\left| \frac{f'(z)}{g'(z)} - 1 \right| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U) \quad (24)$$

Proof Let the function $w(z)$ be defined by

$$\frac{f'(z)}{g'(z)} = 1 + (1-\alpha)w(z) \quad (z \in U) \quad (25)$$

Then $w(z)$ is analytic in U and $w(0) = 0$. This implies that

$$\operatorname{Re} \left(\frac{zf''(z)}{f'(z)} - \frac{zg''(z)}{g'(z)} \right) = \operatorname{Re} \left(\frac{(1-\alpha)zw'(z)}{1+(1-\alpha)w(z)} \right) < \frac{(1-\alpha)\rho}{1+(1-\alpha)\rho} \quad (26)$$

for $z \in U$ with $0 \leq \alpha < 1$ and $\rho \geq \frac{1}{\sqrt{2}(1-\alpha)}$.

If there exists a point $z_0 \in U$ such that

$$\max_{|z|=|z_0|} |w(z)| = |w(z_0)| = \rho \quad \left(\rho \geq \frac{1}{\sqrt{2}(1-\alpha)} \right),$$

then we can write that $w(z_0) = \rho e^{i\theta}$ and $z_0 w'(z_0) = k w(z_0)$ ($k \geq 1$). Thus we see that

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} \left(\frac{z_0 f''(z_0)}{f'(z_0)} - \frac{z_0 g''(z_0)}{g'(z_0)} \right) &= \operatorname{Re} \left(\frac{(1-\alpha)k\rho e^{i\theta}}{1+(1-\alpha)\rho e^{i\theta}} \right) \\ &\geq \frac{(1-\alpha)\rho k}{1+(1-\alpha)\rho} \\ &\geq \frac{(1-\alpha)\rho}{1+(1-\alpha)\rho}, \end{aligned} \quad (27)$$

which contradicts our condition (23). This implies that there isn't such a point $z_0 \in U$ and that $|w(z)| < \rho$ ($z \in U$). Therefore, we obtain that

$$\left| \frac{f'(z)}{g'(z)} - 1 \right| < (1-\alpha)|w(z)| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U) \quad (28)$$

Thus, the proof of the theorem is completed.

Example 3.2 Let us consider $f(z) \in A$ and some convex function $g(z) \in A$ such that

$$\frac{f'(z)}{g'(z)} = 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} z.$$

Then we have that

$$\operatorname{Re} \left(\frac{zf''(z)}{f'(z)} - \frac{zg''(z)}{g'(z)} \right) = \operatorname{Re} \left(\frac{z}{\sqrt{2} + z} \right) < \sqrt{2} - 1 \quad (z \in U).$$

Further, we see that

$$\left| \frac{f'(z)}{g'(z)} - 1 \right| < \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (z \in U),$$

that is, that $f(z)$ is close-to-convex of order $1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$ in U .

For close-to-convex functions, Singh and Singh (Singh and Singh, 1982) have shown that if $f(z) \in A$ satisfies

$$|zf''(z)| < 1 \quad (z \in U), \text{ then}$$

$$|f'(z) - 1| < 1 \quad (z \in U),$$

which means that $f(z)$ is close-to-convex in Y . Further, Nunokawa (Nunokawa, 1993) has proved that if

$$f(z) \in A \text{ satisfies } |f''(z)| < 1 \quad (z \in U), \text{ then } f(z) \text{ is univalent in } .$$

We apply our new application for such problems.

Theorem 3.5 If $f(z) \in A$ satisfies

$$|zf''(z)| < (1 - \alpha)\rho \quad (z \in U) \tag{29}$$

for some real $\alpha (0 \leq \alpha < 1)$ and $\rho > 0$, then

$$|f'(z) - 1| < (1 - \alpha)\rho \quad (z \in U). \tag{30}$$

Proof Define the function $w(z)$ by

$$f'(z) = 1 + (1 - \alpha)w(z) \quad (z \in U). \tag{31}$$

Then $w(z)$ is analytic in U and $w(0) = 0$. Let us suppose that there exists a point $z_0 \in U$ such that

$$\max_{|z| \leq |z_0|} |w(z)| = |w(z_0)| = \rho,$$

then $w(z)$ satisfies $w(z_0) = \rho e^{i\theta}$ and $z_0 w'(z_0) = kw(z_0)$ ($k \geq 1$) by Lemma 2.1. This gives us that

$$|z_0 f''(z_0)| = (1-\alpha) |z_0 w'(z_0)| = (1-\alpha)k\rho \geq (1-\alpha)\rho, \quad (32)$$

which contradicts the inequality (29).

Thus we say that there is no such a point $z_0 \in U$. This means that $|w(z)| < \rho$ ($z \in U$), that is

$$|f'(z) - 1| = (1-\alpha) |w(z)| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U) \quad (33)$$

If we take $\rho = 1$ in Theorem 3.5, then we have

Remark 3.1 Corollary 4.5 is the generalization of the results by Singh and Singh (Singh and Singh, 1982) and Nunokawa (Nunokawa, 1993).

Example 3.3 Let define the function $f(z)$ by

$$f(z) = z + \frac{(1-\alpha)\rho}{2} z^2.$$

It follows that

$$|zf''(z)| = (1-\alpha)\rho |z| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U).$$

Thus $f(z)$ satisfies the inequality (29) of Theorem 3.5.

Further, $f(z)$ satisfies

$$|f'(z) - 1| = (1-\alpha)\rho |z| < (1-\alpha)\rho \quad (z \in U),$$

which is the inequality (30).

Remark 3.2 If $0 < (1-\alpha)\rho \leq 1$ in Theorem 3.5, then the inequality (30) shows that

$$|\arg f'(z)| < \sin^{-1}((1-\alpha)\rho) \quad (z \in U).$$

CONCLUSIONS

Corollary 4.1 If $f(z) \in A$ satisfies

$$Re\left(\frac{f(z)}{zf'(z)}\right) > \frac{1+\rho}{1+2\rho} \quad (z \in U) \tag{34}$$

for some $\rho \geq \frac{1}{2}$, then $f(z) \in P(\alpha, \rho)$.

Corollary 4.2 If $f(z) \in A$ satisfies

$$Re\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right) < \frac{1+2\rho}{1+\rho} \quad (z \in U) \tag{35}$$

for some $\rho \geq 1$ then $f(z) \in P(\alpha, \rho)$.

Corollary 4.3 If $f(z) \in A$ satisfies

$$Re\left\{\frac{1 + \frac{zf''(z)}{f'(z)}}{\frac{zf'(z)}{f(z)}}\right\} < \frac{5-3\alpha}{2(2-\alpha)} \quad (z \in U) \tag{36}$$

for some real $\alpha (0 \leq \alpha < 1)$, then

$$\left|\frac{zf'(z)}{f(z)} - 1\right| < 1 - \alpha \quad (z \in U) \tag{37}$$

This implies that $f(z)$ is starlike of order α in U so that $f(z) \in S^*(\alpha)$.

Corollary 4.4 Let $f(z) \in A$. If there exists some convex function $g(z) \in A$ such that

$$Re\left(\frac{zf''(z)}{f'(z)} - \frac{zg''(z)}{g'(z)}\right) < \sqrt{2} - 1 \quad (z \in U), \tag{38}$$

then

$$\left|\frac{f'(z)}{g'(z)} - 1\right| < \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (z \in U). \tag{39}$$

This implies that $f(z)$ is close-to-convex of order $1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$ and that

$$\left| \arg \left(\frac{f'(z)}{g'(z)} \right) \right| < \frac{\pi}{4} \quad (z \in U). \quad (40)$$

Corollary 4.5 If $f(z) \in A$ satisfies

$$\left| z f''(z) \right| < 1 - \alpha \quad (z \in U). \quad (41)$$

for some real α ($0 \leq \alpha < 1$), then

$$\left| f'(z) - 1 \right| < 1 - \alpha \quad (z \in U) \quad (42)$$

which means that $f(z)$ is close-to-convex of order α in U .

Corollary 4.6 If $f(z) \in A$ satisfies the inequality (29) with $0 \leq \alpha < 1$ and $0 < \rho \leq \frac{1}{1-\alpha}$, then we have

$$\left| f'(z) - 1 \right| < 1 - (1 - (1 - \alpha)\rho) \quad (z \in U). \quad (43)$$

which shows that $f(z)$ is close-to-convex of order $1 - (1 - \alpha)\rho$ in U .

REFERENCES

- Jack IS, 1971. Functions starlike and convex of order α . J. London Math. Soc., 3: 469-474.
- Miller SS., Mocanu PT, 1978. Second order differential inequalities in the complex plane. J. Math. Anal. Appl., 65: 289-305.
- Mocanu PT, 1988. Some starlikeness conditions for analytic functions. Rev. Roumaine Math. Pures Appl., 33: 117-124.
- Nunokawa M, 1993. On the order of strongly starlikeness of strongly convex functions. Proc. Japan Acad., 68: 234-237.
- Nunokawa M, Owa S, Polatoglu Y, Caglar M, Yavuz Duman E, 2010. Some sufficient conditions for starlikeness and convexity. Turk. J. Math., 34: 333-337.
- Singh R, Singh S, 1982. Some sufficient conditions for univalence and starlikeness. Colloq. Math., 47: 301-314.

Kentleşme ve Sanayileşmenin Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri

Taner ŞAR¹²

ÖZET

Kentleşme ve sanayileşmenin sonucu olarak hava kirletici özelliğe sahip farklı tür materyaller açığa çıkmaktadır. Bu materyaller kükürt dioksit ve ozon gibi gaz halindeki bileşikler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi kalıcı organik kirleticiler, ağır metaller ve partikül materyallerdir. Toksik, mutajenik ve karsinojenik etkilerinden dolayı hayvan ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etki göstermektedir. Farklı tür kirleticiler fotosentez ve solunumu engelleyerek bitki gelişimini inhibe etmektedir. Ayrıca bitki ürün verimini de olumsuz yönde etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, bitki gelişimi, kentleşme, polisiklik aromatik hidrokarbon, sanayileşme, sülfür dioksit.

Effects on Plant Development by Urbanization and Industrialization

ABSTRACT

Different types of air pollutant materials have occurred as a result of urbanization and industrialization. These materials are gaseous compounds such as sulfur dioxide and ozone, persistent organic pollutants such as polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals and particle materials. Due to toxic, mutagenic and carcinogenic effects shows adverse effects on animal and human health. Different types of pollutants inhibit plant growth by inhibiting photosynthesis and respiration. Furthermore, plant product yields are also adversely affected.

Keywords: Heavy metal, industrialization, plant growth, polycyclic aromatic hydrocarbon, sulfur dioxide, urbanization.

¹ Gebze Teknik Üniversitesi, Temel Bilimler Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Kocaeli, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi, İklim Değişikliği ABD., Fatih, İstanbul

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Taner ŞAR, st.taner@gmail.com

GİRİŞ

Hava kirliliğine etmen olan kirletici materyaller bir dizi fiziksel aktiviteler (volkanlar, yangınlar, v.b.) sonucu oluşmasına rağmen hava kirliliğinin en büyük sebeplerinden biri kentleşme ve sanayileşmenin bir sonucu olan antropojenik aktivitelerdir. Çevre açısından zararlı olabilecek kimyasalların büyük bir kısmı endüstriyel uygulamalar ve benzeri aktiviteler ile sanayileşmenin sonucu olarak çevreye yayılır.

Hava Kirliliği bitki vejetasyonu, hayvanlar ve insanlar üzerine zararlı olabilecek herhangi bir maddenin oluşturabileceği olumsuz etki olarak tanımlanabilir. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkisi incelendiğinde kardiyorespiratuar morbidite ve mortalitede artış gibi mevcut ve potansiyel olabilecek zararlı durumları kapsamaktadır. Hava kirliliği çocuklarda ise akut solunum yolu enfeksiyon riskinin artmasına neden olabilir (Wilson and Spengler, 1996). Bitkiler için hava kirliliği incelendiğinde ise bitki hastalıkları, bitki ölümleri, bitki genotipik ve fenotipik özelliklerinin değişimleri görülebilir.

Atmosferik bileşiklerin temel değişikliği, fosil yakıtların tüketimi, enerji üretimi ve ulaşım ile ilgilidir. Hava kirletici özelliğe sahip materyallerin kimyasal yapılarında farklılık göstermesi, reaksiyon özellikleri, emisyonu, çevrede kalıcı olabilirliği, uzun veya kısa mesafede taşınabilir özelliği gibi çeşitli etkileri raporlanmıştır. Hava kirletici materyallerin gösterdiği özellikleri ve etki mekanizmaları bakımından benzer olması nedeniyle, kirletici özelliğe sahip materyaller dört kategori ile gruplandırılabilir.

1. Gaz halindeki kirleticiler
2. Kalıcı organik kirleticiler
3. Ağır metaller
4. Partikül materyaller.

Bu çalışma, kentleşme ve sanayileşmenin sonucu olarak ortaya çıkan farklı kirletici materyallerin bitki gelişimi ve fizyolojisi üzerine etkisinin ve etki mekanizmalarının araştırılmasına yöneliktir. Farklı kirleticilerin etkisinin azaltılması ve azaltılmasına yönelik alınabilecek çözüm önerilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

1. Gaz Halindeki Kirleticiler

Hava kirliliği, endüstriyel alanlarda bulunan bitki vejetasyonu için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. (Gupta and Mishra, 1994). Hızlı endüstriyelleşme ve çevreye zehirli materyal ile gazların eklenmesi mevcut ekosistemin değişmesine neden olmaktadır. Endüstriyel ve tarımsal aktiviteler, çevre ve atmosferde biyolojik açıdan aktif olan nitrojen bileşiklerinin ve sülfür dioksit bileşiklerinin seviyesi ile ilişkilidir.

Hava kirleticileri olarak nitrojenin çeşitli (NO , NO_2 , NH_3 , NO_3 , NH_4) türevleri bulunabilir. Nitrik oksit (NO) ve Nitrojen dioksit (NO_2) atmosferik oksijen (O_2) ve azottan (N_2) oluşur ve fitotoksik özelliği gösterebilir.

Sülfür dioksit (SO_2) hava kirleticileri içerisinde en yaygın bulunan ve en zararlı özelliğe sahip olan gazdır (Li and Yi, 2012). Sülfür dioksitin % 90'ı fosil yakıtların kullanılması neticesinde atmosfere karışmaktadır (Borat ve ark., 1992). Ayrıca maden işleme tesisleri, kimyasal madde fabrikaları ve rafineriler atmosfere karışan SO_2 miktarının artmasına neden olmaktadır (Janick, 1986).

Sülfür aminoasitlerin, proteinlerin, vitaminlerin ve klorofilin yapısal bir bileşenidir (De-Kok, 1990; Yang et al., 2006). Sülfür bitki gelişimi için gerekli olan makronutrient olmasından dolayı düşük SO_2 dozu bitkiler için zararsız veya yararlı olabilir (Maugh 1979, Kooij et al., 1997). Fakat yüksek SO_2 dozu yaprak klorozuna, bitki ölümüne ve bitki gelişiminin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır (Pfanzen et al., 1992; Kubo et al., 1995; Agrawal et al., 2003). Sülfür dioksit (SO_2) en önemli fitotoksik kaynağı olmasından dolayı yüksek doz ile kısa süre maruz bırakıldığında dahi yaprak nekrozu gibi akut yaralanmalara sebep olmaktadır.

SO_2 sitoplazmada çözünebilen sülfid (SO_3^{2-}) ve bisülfid (HSO_3^-) moleküler türleri ile aktiftir (Madamanchi et al., 1992). Bitkilerde sülfid türünün detoksifikasyon reaksiyonu sonucu sülfat oluşumunda süperoksit radikal, hidrojen peroksit ve hidroksil radikal gibi reaktif oksijen türlerinin (ROT, ROS) artışına neden olmaktadır (Kong et al., 1999). Reaktif oksijen radikallerinin artması nükleik asit, protein ve lipitlerin zarar görmesine neden olmakta ve oksidatif zararına cevaben biyomakromoleküllerin yıkılmasına neden olmaktadır (Mittler et al., 2004; Yi et al., 2005).

SO₂ stomaların kapanmasını engellemekte ve bunun sonucunda bitkilerin fazla miktarda su kaybederek fizyolojik kuraklık ile karşı karşıya kalmalarına neden olabilmektedir (Özkan, 1988). Stomaların kapanmasının engellenmesi ile SO₂ yaprak içerisine doğru ilerleyerek karbonhidratları değişikliğe uğratar. Karbonhidratların yıkılması sonucunda bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir ve solunumu teşvik etmek suretiyle net fotosentezde azalmaya yol açabilir. Yüksek SO₂ (35 ppb) konsantrasyonu fasulye bitkisinde (*Phaseolus vulgaris*) net fotosentezin önemli ölçüde sınırlandırıldığı bildirilmektedir (Lendzian and Unsworth, 1981).

Asit yağmurları ile açığa çıkabilen sülfür dioksit ve nitrojen oksit gibi gaz halindeki kirletici materyallerin bitki gelişimi üzerine gösterdiği en önemli etkisi fosil kökenli yakıtların kullanılması

neticesinde açığa çıkan inorganik gazlar ile etkileşmesi olarak ifade edilebilir. Sülfür dioksit ve nitrojen oksit ile inorganik gazların güneş ışığı ile okside olması neticesinde ozon ve peroksiasetil nitrat (PAN) gibi sekonder kirleticiler oluşabilir. Fotokimyasal olarak, ozon'un fitotoksik etki değeri, güneş ışığı, nitrojen oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşiklerin (VOCs) varlığı ile ilişkilidir. Nitrojen oksit ve uçucu organik bileşiklerin emisyon kontrolleri ile salınımın azaltılması, ikincil kirleticilerin konsantrasyonlarını da azaltmak için bir girişim sunmaktadır (Medeiros and Moskowitz, 1983; Eraslan, 1988). Yüksek ozon konsantrasyonu gaz halindeki bileşiklerin etkisine benzer olarak stomaların kapanmasını engellemekte ve buna bağlı olarak fotosentezi azalmakta hatta bazı bitki ürünlerin verimini de düşürmektedir (Çizelge 1) (Olszyk et al., 1988).

Çizelge 1. Ozon gazının etkisi ile bazı bitki ürün verimlerinin azalması (%).

Bitki Ürün Türü	Ozon Konsantrasyonu (ppm)		
	0.05	0.06	> 0.10
Üzüm	15.9	20.8	21.9
Şeker Pancarı	0	0	0
Limon	17.7	19.8	19.1
Portakal	14.8	18.7	18.6
Buğday	0.8	0.8	0.8
Fasulye ürünleri (kuru)	17.5	20.9	22.7
Pamuk	12.2	16.2	18.3

Mevcut ortam konsantrasyondaki uçucu organik bileşiklerin (VOC) bitki üzerine etkileri nispeten düşüktür. Fakat uçucu organik bileşiklerin yüksek konsantrasyonu bitki vejetasyonu üzerine kısa zamanlı etkisi dahi önemlidir. Bazı bitki grupları uçucu organik bileşiklere tolere edebilir. Fakat Bezelye (*P. vulgaris*) gibi bitki grupları uçucu organik bileşiklere karşı oldukça hassastır ve uçucu organik bileşiklerin etkisi ile tohum tane ağırlığında azalma görülebilir. Hava kaynaklı uçucu organik bileşiklerini tolere edebilen bitki grupları bu tarz materyalleri metabolize edebilir

veya yaprak kısımlarından köklerine taşıyabilir. Açığa çıkan metabolitler degrede olabilir veya bitkinin bazı kısımlarında (yaprak, vakuol veya hücre duvarı arasında) birikebilir. Oluşabilen metabolitler ise herbivor ve bitki ile beslenen böcekler için toksik olması mümkündür (Cape et al, 2003). Antropojenik hava kaynaklı uçucu organik bileşiklerin en büyük kaynakları, endüstriyel süreçler (çözücü ve üretim), petrol rafinerisi ve dağıtımı ile ulaşım (egzoz emisyonları ve yanmamış yakıt) ile ilgilidir.

2. Kalıcı organik kirleticiler

Kentleşmenin artması ile birlikte nüfusun artması ve buna bağlı olarak insan kaynaklı aktivitelerin bir sonucu olarak çevreye bırakılan organik ve inorganik bileşiklerin büyük bir kısmı çevre açısından ciddi problemlere sebep olabilmektedir.

Toksik, mutajen, ve karsinojen özellikte olabilen organik ve inorganik kirletici materyaller, insan sağlığını, tarımsal verimliliği ve çevreyi tehdit etmektedir. Kanserojen özelliğe sahip olabilen bu maddelerin gıda, hava ve sularda bulunabilecek en yüksek değerleri ulusal ve uluslararası gıda ve sağlık örgütleri tarafından belirlenerek kontrol edilmektedir. Petrol hidrokarbonlar (PHC), polisiklik (polinüklear) aromatik hidrokarbonlar (PAH), halojenli hidrokarbonlar, pestisitler, solventler ve metaller kalıcı organik kirleticilere örnek olarak verilebilir (Meagher, 2000; Greenberg et al., 2007; Rajkumar et al., 2010).

Çevrede bulunan organik kirleticilerin çoğu insan aktivitesi sonucu açığa çıkmakta ve organizmalar için ksenobiyotik özellik taşımaktadır. Tehlikeli organik kirleticiler, kaza yolu ile oluşabilen dökülmeler (petrol, çözücüler), askeri aktiviteler (patlayıcı, kimyasal silahlar), tarım ilaçlarının (pestisit, herbisit) kullanılması ve sanayi atıklarının (kimyasal, petrokimyasal) doğaya karışması ile çevreye karışabilmektedir. Organik kirleticilerin özelliklerine bağlı olarak bitki kök

kısımlarında parçalanabilir ya da bitki tarafından alınarak hücre içerisinde parçalanabilir, konjugasyonla ya vakuolde ya da hücre çeperi alanlarında tutulabilir veya buharlaştırılabilir (Pilon-Smits, 2005; Zhu et al., 2007). Kirletici maddelerin bitki köklerinde birikebilme hızı ve oranı, kirletici maddelerin fizikokimyasal özelliklerine, toprak yapısına, bitki türüne ve fizyolojisine göre değişebilmektedir (Chiou et al., 2001; Zhu and Gao, 2004; Collins et al., 2006; Gao and Ling, 2006). Organik kirletici maddelerin yıkılabilir olmasına rağmen, bitkilerin PAH gibi bazı kirleticiler ile uzun süre maruz kalması sonucunda kirletici maddelerin yıkılma oranı düşebilir ve bu materyaller doğada birikebilir (Srogi, 2007). Bu durum kirletici maddelerin giderilme oranını ve bitkilerin gelişmesini etkileyebilir (Gruber et al., 2008).

Polisiklikaromatik hidrokarbonlar endüstriyelleşme ve kentleşme sonucu ekosistemde giderek yaygın bir kirletici olma eğilimi göstermektedir (Srogi, 2007). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar iki yada daha fazla aromatik halkadan oluşur ve organik bileşiklerin büyük bir sınıfını teşkil eder. Toksik, mutajenik ve karsinojenik özelliklerinden dolayı Amerika Bileşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından öncelikli kirletici olarak 16 tane polisiklik aromatik hidrokarbon (Çizelge 2.) sınıflandırılmıştır (IARC; International Agency for Research on Cancer).

Çizelge 2. Kirletici özelliğe sahip önemli 16 polisiklik aromatik hidrokarbonlar.

Aromatik Hidrokarbonlar	
İki Halkalı	Naftalin (Np) Fluoren (Flr) Asenaften (Ane) Asenaftelen (Anp)
Üç Halkalı	Floranten (Flu) Fenantren (Phe) Antrasen (An)
Dört Halkalı	Krisen (Chr) Piren (Py) Benzo[a]antrasen (BaA) Benzo[b]floranten (BbF) Benzo[k]floranten (BkF)
Beş Halkalı	Benzo[a]piren (BaP) İndeno[1,2,3-cd]piren (IcdP)
Altı Halkalı	Dibenzo[a,h]antrasen (DahA) Benzo[g,h,i]perilen (BgHiPy)

İki ya da üç benzen halkalı bileşikler biyolojik süreçler ile kolaylıkla degrades olabilirken, dört ve daha fazla halkaya sahip kompleks ksenobiyotiklerin yüksek derecede hidrofobik özellik göstermesi nedeniyle yıkılması güçleşir (Bence et al., 1996). PAH ile kirletilmiş bitkilerin günlük olarak tüketilmesi ile potansiyel olarak tehlikeli maddelerin insan ve hayvanlarda görülme oranı artabilir (Collins et al., 2006; Gao and Collins, 2009). Düşük PAH dozu bitki büyümesini teşvik etmesine rağmen yüksek PAH dozu bitki büyümesini inhibe edebilir ve hatta engelleyici etki de gösterebilir. PAH hücre membranından geçebilmesi nedeniyle su ve minerallerin kullanılmasını azaltabilir. Bu durum hücresel ve dokusal seviyede etkilediğinden dolayı bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler ve oksidatif stresin oluşmasına neden olabilir (Ma et al., 2010). Morfolojik olarak ise kök ve sürgün büyümesinin azalması, düzensiz kök oluşumu, kloroz (sarıma) ve beyaz lekelerin görülmesi, geç çiçeklenme gibi değişik fizyolojik etkiler görülebilir (Alkio et al., 2005).

3. Ağır Metaller

Bitkilerdeki farklı metallerin toksik etkisi, bitkilerin genotipi ve çevresel koşullar ile değişkenlik gösterebilir. Hg (civa), Cu (bakır), Ni (nikel), Pb (kurşun), Co (kobalt), Cd (kadmium) ve olası Ag (gümüş), Be (berilyum), Sn (kalay) gibi metallerin çevrede çok fazla miktarda olması, yüksek yapılı bitkiler ile mikroorganizmalar için zehirli etki gösterebilir (Kabata-Pendias and Pendias, 1984).

Doğada civa, kurşun ve arsenik metallerinin bulunma oranları oldukça önemlidir. Özellikle şehirleşmenin hızla artan bölgelerinde, bu metallerin seviyeleri de hızla artmaktadır. Kurşun atmosferik kirletici gruplarından biri iken, civa toprakta, arsenik ise su ortamında bulunmaktadır (Mandal, 1996; Chakraborty et al., 1998; Chatterjee and Mukherjee, 1999).

Civa, kurşun ve arsenik gibi metaller, bitkilerin özellikle ürün kısımlarında birikebilir ve besin zinciri ile taşınabilir. Gıda olarak tüketilen bazı bitki grupları potansiyel zehirli metallerin yüksek konsantrasyonunu tolere edebilir, fakat dokularında metal birikimi nedeniyle bitki ile beslenen canlılar üzerinde sağlık riski oluşturabilir.

Zehirli metal iyonların hücreler tarafından alınması, eser miktarda olan mikroelementlerin taşınma süreci ile benzerlik gösterir. Sınıf A metaller (K, Ca, Mg) öncelikli olarak oksijence zengin ligandlara (karboksilik gruplar) bağlanır, Sınıf B metaller (Hg, Pb, Pt, Au) ise öncelikli olarak sülfür ve nitrojence zengin ligandlara (aminoasitler) bağlanır. Cd, Cu, Zn gibi iki sınıf arasındaki metaller ise ara tercihleri gösterirken, ağır metaller gibi bağlanma özelliği gösterme eğilimindedir (Nieboer and Richardson, 1980).

Civa normal değerli konsantrasyonlarında çok fazla fitotoksik değildir. Civa metalinin bitki metabolizması ve birikimi hakkındaki bilgiler ise yetersizdir. Toprakta bulunan organik ve inorganik civanın bitki kök kısımları ile adsorbsiyon kapasitesi düşüktür (Rauter, 1976; Lodenius, 1990). Bitki kök kısımları civa taşınımında muhtemel bir bariyer görevi üstlenmektedir. Fakat civa içeren pestisit/fungisit kalıntıları, bazı durumlarda bitki kök kısımlarında yerleşebilir ve pirinç gibi bitkilerde civa birikimini arttırabilir. Toprak ortamındaki civa tuzları, metalik veya metillenmiş bileşikler ile biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar sonucu azalabilir. Kapalı ortamlarda yetişen bitkilerde ise oluşan reaksiyon ürünleri yaprak kısımlarından uçucu hale geçebilir. Bitkilerin metal birikimini etkileyen faktörler, mevcut ortamdaki civa seviyesi, civa metaline maruz kalma süresi, toprak veya sediment organik içeriği, karbon değişim kapasitesi, oksit ve karbonat içeriği ve redoks potansiyelidir (Crowder, 1991; Cho and Park, 1999). Aynı ağaç türlerinde farklı civa yoğunluğu gözlemlenebilir. Bu durum bitki yaş ve doku tip farklılığı ile bitkide meydana gelen varyasyonlar ile ilgili olabilir (Rasmussen et al., 1991). Hava ile taşınan civanın, bitki ürünlerindeki civa içeriği ile önemli bir ilişki olduğu görülmektedir (Mosbaek et al., 1988). Yüksek civa içeriği, çok fazla endüstriyelleşme gösteren alanlarda bitkilerin meyve kısımlarında kaydedilmiştir (Wojciechowska-Mazurek et al., 1995).

Bitkilerde metal birikimi ve civa dağılımı, iyonik (Hg^{2+}) veya element halindeki civa (Hg^0) ile maruz kalması farklılık gösterebilir. Bitkilerin havada bulunan Hg^0 'a maruz kaldığı durumlarda, civanın kök kısımlarından taşınım olmadan gövde kısımlarında biriktiği görülebilir. Bitki kök kısımlarının civa ile maruz kaldığında ise gövdeye doğru bir taşınım ile gövde ve kök kısımlarında civa birikimi olduğu gözlemlenebilir.

Benzer olarak yapılan bir çalışmada, yüksek civa konsantrasyonu ile maruz bırakılan bitkilerde bitki doku hasarının çok düşük olduğu ancak kök ve gövde büyümesinin inhibe olduğu bildirilmiştir (Gupta and Ghosh, 1992; Suszcynsky and Shann, 1995).

Kadmiyum ağır metal grubu olarak bilinmekte ve biyota için ek besin kaynağı olarak gerekli olmadığı bilinmektedir. Kadmiyumun yüksek konsantrasyonu bitkiler için toksik etkilidir (Prasad, 1995). Kadmiyumun bitkiler üzerinde (tahıllar, patates, meyveler ve sebzelerin kök ve yaprak kısımlarında) birikmesi sonucunda gıda kaynağı olarak tüketilmesinden dolayı insan sağlığı için de önemlidir (Wagner, 1993). Kadmiyum fotofosforilasyon inhibitörü olarak rol oynar ve bundan dolayı fotosentezi etkileyen önemli bir inhibitördür (Krupa et al., 1993; Tukendorf, 1993; Landberg and Greger, 1994; Krupa, 1988). Baklagiller (yonca, soya fasulyesi) üzerine yapılan bir çalışmada ise kadmiyumun solunum ile net fotosentezi inhibe ettiği bildirilmiştir (Huang et al., 1974). Yüksek yapılı bitkiler ile yapılan başka bir çalışmada ise benzer şekilde yaprak kısımlarında biriken kadmiyumun net fotosentezi inhibe ettiği bildirilmiştir (Becerril et al., 1989). Kadmiyum metalinin *Juncus subsecundus* bitkisi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, sürgün sayısının azalması ve sürgün boylarının kısa olması gibi fizyolojik olarak etkilendiği bildirilmiştir (Zhang et al., 2011).

Kloroplastlar çeşitli ağır metaller ile maruz bırakıldığında inhibe olabilir. Kadmiyum öncelikli olarak fotosentetik pigmentleri etkilemektedir ve bu durum yüksek yapılı bitkilerde toplam klorofil içeriğini ve klorofil a/b oranını düşürmektedir. Yüksek yapılı bitkilerin ağır metal ile maruz kalması sonucunda klorofil/karatenoid oranının düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum sonucunda karatenoidlerin kloroplastlara nazaran ağır metallere daha az etkilendiği söylenebilir (Krupa, 1988).

4. Partikül Materyaller

Endüstri bölgelerindeki fabrika bacalarından ve yerleşim alanlarındaki konutlardan çıkan duman içerisinde yüksek miktarda partikül bulunmaktadır (Menser and Hodges, 1972). Bu partikül materyaller uzun süre atmosferde kalmakta ve yerleşim alanlarındaki konsantrasyonları 50- 500 ppm arasında

değişebilmektedir (Hatipoğlu vd., 1988). Trafik yoğun olduğu alanlarda ve yol kenarlarında ise belirtilen miktar daha da artabilmektedir.

Partikül materyaller (PM), bitkilerde asimilasyon organı olan yaprakların üzerine çökerek gaz alışverişini, yani solunum ve transpirasyonu engellemektedir (Katırcıoğlu ve İren, 1986). Partiküller bu olumsuz etkileri neticesinde, bitkide su dengesi ve özümleme faaliyetlerini bozabilir, gelişme bozuklukları görülebilir, verim ve kalitede azalmalara sebep olabilir (Singh and Rao, 1980; Katırcıoğlu ve İren, 1986; Hirano et al., 1995). Diğer taraftan, kalabalık yerleşim alanları ile endüstriyel bölgelerde havaya yayılan tozlar içerisinde yer alan kurşun gibi çeşitli metaller bitkiler tarafından tutularak kök, gövde ve yaprak gibi çeşitli kısımlarında depolayabilir. Bunun sonucunda başta fotosentez olmak üzere pek çok fizyolojik olay olumsuz yönde etkilenebilir. Ayrıca kök kısımlarında partikül materyallerin birikmesi sonucu baklagillerde nodülasyonu engellemek suretiyle fikse edilen azot miktarında önemli azalmalara neden olabilir (Singh et al., 1997).

SONUÇ

Kentleşme, sanayi devrimi ile birlikte nüfusun kentsel alanlarda birikmesi nedeniyle önemli bir konu haline gelmiştir. Sanayileşmenin ve kentleşmenin hızla artması ile birim alana düşen kirletici miktarı da artmaktadır. Kentleşmenin ve sanayileşmenin yaygınlaşması ile çevre (hava, su ve toprak) kirliliği önemli bir sorun haline gelmektedir. Özellikle ısınma amaçlı ve ulaşım sektöründe kullanılan fosil kökenli yakıtların kullanılması hava kirliliğini önemli ölçüde etki etmektedir. Fosil kökenli yakıtların yanı sıra endüstriyel uygulamalar ile tarımsal aktivitelerde kullanılan pestisit, fungusit ve benzeri zirai ilaç kalıntıları insan aktivitesi sonucu ortaya çıkan kirleticilerdir. Kentleşme ve sanayileşmenin sonucu olarak hava kirliliğinin önemli etkisi her geçen gün daha çok dikkat çekmektedir. Hava kirletici özelliğe sahip maddelerin toksik, mutajen, karsinojen özelliklerinden dolayı insan ve hayvanlar üzerine olumsuz etkisi olabilir.

Kentleşmenin ve sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerde bitki gelişimi ise pek çok yönden olumsuz olarak etkilenmektedir. Kentleşme ve sanayileşmenin

sonucu olarak ortaya çıkan kirletici materyaller bitki ürün ve meyve kısımlarına birikebilir ve verim miktarını azaltabilir. Benzer durum bitkilerin kök ve gövde kısımlarında kirletici özelliğe sahip materyallerin birikimi gözlemlenebilir. Gıda kaynağı olarak bitki tüketimi ile besin zinciri olarak insan ve hayvanlar üzerine zararlı etkisi görülebilir. Ayrıca zararlı gazların karbonhidratların yıkımına neden olması nedeniyle bitki gelişimi olumsuz olarak etkilenebilir. Gaz halindeki kirleticilerin stomaların kapanmasını engelleyebilir ve bu durum ile fotosentezin azalması nedeniyle bitki gelişimi yavaşlayabilir. Bitki gelişimlerinin yanı sıra fizyolojik olarak yaprak nekrozu ve kloroz gibi akut yaralanmalar ile birlikte bitki ürün verimi azalması veya bitki ölümleri görülebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Agrawal M, Singh B, Rajput M, Marshall F, Bell JNB, 2003. Effect of air pollution on peri-urban agriculture: a case study. *Environmental Pollution*, 126 (3): 323-329.
- Alkio M, Tabuchi TM, Wang X, Colón-Carmona A, 2005. Stress responses to polycyclic aromatic hydrocarbons in *Arabidopsis* include growth inhibition and hypersensitive response like symptoms. *Journal of Experimental Botany*, 56 (421): 2983-2994.
- Becerril JM, Gonzalez-Murua C, Munoz-Rueda A, De Felipe MR, 1989. Changes induced by cadmium and lead in gas exchange and water relations of clover and lucerne. *Plant physiology and biochemistry*, 27 (6): 913-918.
- Bence AE, Kvenvolden KA, Kennicutt MC, 1996. Organic geochemistry applied to environmental assessments of Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valdez oil spill—a review. *Organic geochemistry*, 24 (1): 7-42.
- Borat O, Balcı M, Sürmen A, 1992. Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği. Teknik Eğitim Vakfı Yayını, Ankara.
- Cape JN, Leith ID, Binnie J, Content J, Donkin M, Skewes M, Price DN, Brown AR, Sharpe AD, (2003). Effects of VOCs on herbaceous plants in an open-top chamber experiment. *Environmental pollution*, 124 (2): 341-353.
- Chakraborti D, Samanta G, Mandal BK, Roy Chowdhury T, Chanda CR, Biswas BK, Saha KC, 1998. Calcutta's industrial pollution: groundwater arsenic contamination in a residential area and sufferings of people due to industrial effluent discharge: an eight-year study report. *Current Science*, 74(4): 346-355.
- Chatterjee A, Mukherjee A, 1999. Hydrogeological investigation of ground water arsenic contamination in South Calcutta. *Science of the Total Environment*, 225: 249-262.
- Chiou CT, Sheng GY, Manes M, 2001. A partition-limited model for the plant uptake of organic contaminants from soil and water. *Environmental Science and Technology*, 35: 1437-1444.
- Cho UH, Park JO, 1999. Changes in hydrogen peroxide content and activities of antioxidant enzymes in tomato seedlings exposed to mercury. *Journal of Plant Biology*, 42 (1): 41-48.
- Collins CD, Fryer M, Grosso A, 2006. Plant uptake of nonionic organic chemicals. *Environmental Science and Technology*, 40: 45-52.
- Crowder A, 1991. Acidification, metals and macrophytes. *Environmental Pollution*, 71: 171-203.
- De Kok LJ, 1990. Sulfur metabolism in plants exposed to atmospheric sulfur. *Higher plants*, 3: 111-130.
- Eraslan İ, 1988. Hava Kirliliğinin Kent ve Orman Ağaçlarına Etkisi ve Çevre Mevzuatımız. Çevre. Dördüncü Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, 5-9 Haziran, İzmir.
- Gao YZ, Collins CD, 2009. Uptake pathways of polycyclic aromatic hydrocarbons in white clover. *Environmental Science and Technology*, 43: 6190-6195.
- Gao YZ, Ling WT, 2006. Comparison for plant uptake of phenanthrene and pyrene from soil and water. *Biology and Fertility of Soils*, 42: 387-394.
- Greenberg BM, Huang XD, Gerhardt K, Glick BR, Gurska J, Wang W, Lampi M, Khalid A, Isherwood D, Chang P, Wang H, Wu SS, Yu XM, Dixon DG, Gerwing P, 2007. Field and laboratory tests of a multi-process phytoremediation system for decontamination of petroleum and salt impacted soils. In: *Proceedings of the Ninth International In Situ and On-Site Remediation Symposium*. Gavaskar AR and Silver CF, eds., Batelle Press, Columbus, OH.
- Gruber H, Wiessner A, Kuschk P, Kaestner M, Appenroth KJ, 2008. Physiological responses of *Juncus effusus* (rush) to chromium and relevance for wastewater treatment in constructed wetlands. *International journal of phytoremediation*, 10 (2): 79-90.
- Gupta AK, Mishra RM, 1994. Effect of lime kiln's air pollution on some plant species. *Pollution Research*, 13 (1): 1-9.

- Gupta RS, Ghosh P, 1992. Cytological effects of some heavy metals on root tip meristem of *Lathyrus sativus*. *Journal of Environment and Ecology*, 10: 216–219.
- Hatipoğlu R, Tükel T, Koç M, 1988. Çevre kirlenmesinin bitkiler üzerindeki etkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (2): 119-133.
- Hirano T, Kiyota M, Aiga I, 1995. Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. *Environmental Pollution*, 89 (3): 255-261.
- Huang CY, Bazzaz FA, Vanderhoef LN, 1974. The inhibition of soybean metabolism by cadmium and lead. *Plant physiology*, 54 (1): 122-124.
- IARC (Ed.), IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans: Polynuclear Aromatic Compounds Part I, IARC Press, Lyon (1983). Janick J, 1986. Horticultural Science (Fourth Edition). W. H. Freeman and Company, New York.
- Kabata-Pendias A, Pendias H, 1984. Trace Elements in the Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton.
- Katırcıoğlu YZ, İren S, 1986. Çimento Fırın Tozlarının Elma ve Fasulye Yapraklarının Anatomisine ve Elma Sürgünlerinin Morfolojisine Etkileri. Ulusal Çevre Sempozyumu Tebliğ Metinleri, 12-15 Kasım 1984, TÜBİTAK DERÇAG, Adana, s. 28-39.
- Krupa Z, 1988. Cadmium-induced changes in the composition and structure of the light-harvesting chlorophyll a/b protein complex II in radish cotyledons. *Physiologia Plantarum*, 73 (4): 518-524.
- Krupa Z, Öquist G, Huner N, 1993. The effects of cadmium on photosynthesis of *Phaseolus vulgaris*—a fluorescence analysis. *Physiologia Plantarum*, 88 (4): 626-630.
- Kong FX, Hu W, Chao SY, Sang WL, Wang LS, 1999. Physiological responses of the lichen *Xanthoparmelia mexicana* to oxidative stress of SO₂. *Environmental and Experimental Botany*, 42 (3): 201-209.
- Kooij T, De Kok LJ, Haneklaus S, Schnug E, 1997. Uptake and metabolism of sulphur dioxide by *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 135 (1): 101-107.
- Kubo A, Saji H, Tanaka K, Kondo N, 1995. Expression of *Arabidopsis* cytosolic ascorbate peroxidase gene in response to ozone or sulfur dioxide. *Plant molecular biology*, 29 (3): 479-489.
- Landberg T, Greger M, 1994. Influence of selenium on uptake and toxicity of copper and cadmium in pea (*Pisum sativum*) and wheat (*Triticum aestivum*). *Physiologia Plantarum*, 90 (4): 637-644.
- Lendzian KJ, Unsworth KH, 1981. Ecophysiological Effects of Atmospheric Pollutants. P. 465-502. In OL Longe, PS Nobel, CB Osmond and H Ziegler (eds.) *Physiological Plant Ecology*, IV. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Li L, Yi H, 2012. Effect of sulfur dioxide on ROS production, gene expression and antioxidant enzyme activity in *Arabidopsis* plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 58: 46-53.
- Lodenius M, 1990. Environmental mobilisation of mercury and cadmium. Publication of the Department of Environmental Conservation, University of Helsinki, No. 13.
- Ma B, He Y, Chen HH, Xu JM, Rengel Z, 2010. Dissipation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the rhizosphere: synthesis through metaanalysis. *Environmental Pollution*, 158 (3): 855-861.
- Madamanchi NR, Alscher RG, 1991. Metabolic bases for differences in sensitivity of two pea cultivars to sulfur dioxide. *Plant Physiology*, 97 (1): 88-93.
- Mandal BK, 1996. Arsenic in groundwater in seven districts of West Bengal, India—the biggest arsenic calamity in the world. *Current Science*, 70: 976-986.
- Maugh 2nd TH, 1979. SO₂ pollution may be good for plants. *Science*, 205 (4404): 383.
- Meagher RB, 2000. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Current Opinion in Plant Biology*, 3: 153–162.
- Medeiros WH, Moskowitz PD, 1983. Quantifying effects of oxidant air pollutants on agricultural crops. *Environment International*, 9 (6): 505- 513.
- Menser HA, Hodges GH, 1972. Oxidant injury to shade tobacco cultivars developed in connecticut for weather flack resistance. *Agronomy journal*, 64: 189-192.
- Mittler R, Vanderauwera S, Gollery M, Van Breusegem F, 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in plant science*, 9 (10): 490-498.
- Mosbaek H, Tjell JC, Sevel T, 1988. Plant uptake of airborne mercury in background areas. *Chemosphere*, 17: 1227–1236.
- Nieboer E, Richardson DHS, 1980. The replacement of the nondescript term heavy metals by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environmental Pollution*, 1: 3–26.
- Olszyk DM, 1988. Documentation of Ozone as the Primary Phytotoxic Agent in Photochemical Oxidant Smog,” Final Report for Contract No. A6-125-32 to the California Air Resources Board.
- Özkan N, 1988. Asit yağmurları ve orman tahribatı. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 2 (25): 22-25.
- Pfanz H, Würth G, Oppmann B, Schultz G, 1992. Sulfite oxidation in, and sulfate uptake from the cell wall of leaves. In muro studies. *Phyton (A)*, 32: 95-98.
- Pilon-Smits E, 2005. Phytoremediation, *Annual Review of Plant Biology*, 56: 15-39.
- Prasad MNV, 1995. Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants. *Environmental and Experimental Botany*, 35 (4): 525-545.
- Rajkumar M, Ae N, Freitas H, 2009. Endophytic bacteria and their potential to enhance heavy metal phytoextraction. *Chemosphere*, 77: 153–160.
- Rasmussen PE, Mierle G, Nriagu JO, 1991. The analysis of vegetation for total mercury. *Water Air Soil Pollution*. 56, 379– 390.
- Rauter W, 1976. Aufnahme von Quecksilber aus der Umgebungsluft durch Pflanzen und seine Speicherung im pflanzlichen Gewebe. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 162: 1–6.
- Singh RP, Tripathi RD, Sinha SK, Maheshwari R, Srivastava HS, 1997. Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34 (11): 2467-2493.

- Singh SN, Rao DN, 1980. Growth of wheat plants exposed to cement dust pollution. *Water, Air and Soil Pollution*, 14: 241-249.
- Srogi K, 2007. Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 5 (4), 169-195.
- Suszcynsky EM, Shann JR, 1995. Phytotoxicity and accumulation of mercury in tobacco subjected to different exposure routes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14: 61-67.
- Tukendorf A, 1993. The response of spinach plants to excess of copper and cadmium. *Photosynthetica*. 28: 573-575.
- Wagner GJ, 1993. Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. *Advances in Agronomy*, 51: 173-212.
- Wilson R, Spengler J, 1996. *Particles in Our Air, Concentrations and Health Effects*. USA: Harvard University Press, 123-167.
- Wojciechowska-Mazurek M, Zawadzka T, Karlowski K, Cwiek-Ludwicka K, Brulinska-Ostrowska E, 1995. Content of lead, cadmium, mercury, zinc and copper in fruit from various regions of Poland. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 46, 223-238.
- Yang L, Stulen I, De Kok LJ, 2006. Sulfur dioxide: relevance of toxic and nutritional effects for Chinese cabbage. *Environmental and experimental botany*, 57 (3): 236-245.
- Yi H, Liu J, Zheng K, 2005. Effect of sulfur dioxide hydrates on cell cycle, sister chromatid exchange, and micronuclei in barley. *Ecotoxicology and environmental safety*, 62 (3): 421-426.
- Zhang Z, Rengel Z, Meney K, Pantelic L, Tomanovic R, 2011. Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) mediate cadmium toxicity to an emergent wetland species. *Journal of hazardous materials*, 189 (1): 119-126.
- Zhu Y, Zhang S, Zhu YG, Christie P, Shan X, 2007. Improved approaches for modeling the sorption of phenanthrene by a range of plant species. *Environmental science and technology*, 41 (22): 7818-7823.
- Zhu LZ, Gao YZ, 2004. Prediction of phenanthrene uptake by plants with a partition-limited model. *Environmental Pollution*, (131): 505-508.

Bazı Serin İklim Bitkilerinin Çim Kaliteleri ve Kaplama Derecelerinin Belirlenmesi

İbrahim HOSAFLIOĞLU¹, İbrahim Hakkı YILMAZ²

ÖZET: Bu araştırma, bazı serin iklim çim çeşitlerinin mevsimlere göre çim kalitesi ve kaplama derecelerini belirlemek amacıyla yapıldı. Denemede peyzaj alanları ve spor saha zeminlerinde yaygın olarak kullanılan bitkilerden 5 türe ait 15 çim çeşidi kullanılmıştır. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak 2007-2008 yıllarında yürütüldü. Her iki yılda ve mevsimlerde, çim kalitesi bakımından *Festuca rubra* Delawery ve Ovation çeşitleri ile *Festuca rubra trichophylla* Suzette çeşitleri yüksek performanslı bulundu. Kaplama derecesi bakımından ise *L. perenne* Delawery ve Ovation çeşitleri ile *F. rubra trichophylla* Dawson çeşidi en yüksek yayılma değerlerine ulaştı. Her iki yılda çim kalitesi bakımından *L. perenne* Linn, kaplama derecesi bakımından *P. pratensis* Balin çeşitleri en düşük seviyede kalmıştır.

Anahtar kelimeler: Çeşit, çim kalitesi, kaplama derecesi

The Determination of Turfgrass Qualities and Covering Rations in Some Cool Grasses

ABSTRACT: This research was conducted to evaluate turfgrass quality, and coverage rates depend on the seasons in some cool grasses. In the trial, 15 varieties belong to 5 cool season species widely used in landscape areas and sports ground were used. The experiment of the completely randomised design was applied with three replications in 2007-2008. The highest turfgrass quality was obtained from *L. perenne* Delawery, Ovation varieties and *F. rubra trichophylla* Suzette in both seasons and years. However, the degree of ground cover of *L. perenne* Delawery, Ovation varieties and *F. rubra trichophylla* Dawson variety had the highest according to results of the experiment. In contrary to this, the lowest turfgrass quality was observed from *L. perenne* Linn and the lowest of ground cover was observed from *P. pratensis* Balin variety.

Key words: Covering ration, turfgrass quality, variety

¹ İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, İğdır, Türkiye

² Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu
Sorumlu yazar/Corresponding Author: İbrahim HOSAFLIOĞLU, hosafli@hotmail.com

GİRİŞ

Günümüz dünyasında uygarlık ve kentsel yaşam ilerledikçe çim sahaların tesisine lüks değil bir zorunluluk halinde bakılmaktadır. Hatta bazı şehirlerde binaların inşasına yeşil alan konulmak şartıyla ruhsat izni verilmektedir. Park, bahçe ve spor alanlarının vazgeçilmezi olan çim sahalar bütün yaşamsal alanların bir parçası haline gelmiştir.

Çim sahalarının fonksiyonu sadece estetik güzellik olmaktan ibaret değildir. Hoş görünüm yanında adeta bir klima gibi serinletici etki yaparak sıcak mevsimlerde mevcut ortam sıcaklığını 5 °C daha aşağı düşürebilmekte ses absorpsiyonu yaparak ses kirliliğini de azaltmaktadır. Çim alanları oluşturdukları yeşil örtü sayesinde doğal bir oksijen kaynağı ve karbondioksit tüketicisidirler. Ayrıca yağmur ve kar sularının düzenli bir biçimde yeraltı sularına karışmalarında önemli bir rol oynarlar (Oral ve Açıkgöz, 1999). Çim saha tesisinde genellikle farklı buğdaygillerin karışımı tavsiye edilir. Bu çalışmada kaliteli bir çim karışımı elde edebilmek için farklı çim çeşitlerinde adaptasyon çalışmaları yapılarak yıllara ve mevsimlere göre ölçülüp gözlenebilen çim kalitesi ve kaplama derecesi gibi bitkisel özellikler üzerinde inceleme yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Alanının Tanımı

Araştırma Nisan 2007 ve Ekim 2008 tarihleri arasında Van Organize Sanayi Bölgesindeki bir

fabrikanın tarla alanında yürütülmüştür. İlin deniz seviyesinden yüksekliği 1740 m olup 38° 25' kuzey enlemleri ile 43° 21' doğu boylamları üzerinde bulunmaktadır.

Deneme Yerinin İklim Özellikleri

Deneme alanı Van gölünün kenarında yer alması ve etrafının dağlarla çevrili olmasından dolayı çevre illere göre daha ılıman iklime sahiptir.

İlde gece-gündüz ve mevsimler arasındaki sıcaklık farkları büyük olup, kışları soğuk ve karla örtülü, yazları ılıman ve kurak geçmektedir.

Denemenin kurulduğu 2007 yılında toplam yağış miktarı 384.1 mm, ortalama aylık sıcaklık 9.3 °C, ortalama aylık nem oranı ise % 58 değerinde olurken, 2008 yılında; yıllık toplam yağış miktarı 318.7 mm, aylık ortalama sıcaklık 9.8 °C ve aylık ortalama nem oranı ise % 53 değerinde kaydedilmiştir (Anonim, 2007-2008).

Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Deneme alanının toprak özelliklerini tespit etmek amacıyla 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerden toprak numuneleri alınmıştır.

Laboratuarda analizler yapılmış olup toprak tekstürü kumlu-killi-tınlı, organik maddece zayıf ve hafif alkali yapıya sahiptir.

Fosfor içeriği orta seviyede, potasyum içeriği yeterli bulunmuştur. Her iki derinlik mesafesinde tuz oranı az, kireç oranı fazla olarak tespit edilmiştir (Güneş ve ark., 1998).

Denemede Kullanılan Çim Çeşitleri

Denemede türlere ait sertifikalı 15 çeşit kullanılmış olup aşağıda isimleri verilmiştir.

Lolium perenne : Ovation, Delawery, Linn

Poa pratensis: Geronimo, Conni, Balin

Festuca rubra rubra: Franklin, Diego, Echo

Festuca rubra trichophylla.: Dawson, Suzette, Horizon

Festuca arundinacea: Apache, Cochise, Tomahawk

Deneme Planı

Deneme üç tekerrürlü olmak üzere tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Parsel alanı 2 m x 1 m= 2 m² olarak tesis edilmiştir (Misia., 1991 ile Hunt., ve Dunn., 1993). Parseller arasında enine ve boyuna 0.5 m mesafe bırakılmıştır. Deneme, 15 çeşit (5 tür x 3 çeşit) x 3 tekerrür olmak üzere toplam 45 adet parsel olup

90 m² alanda yürütülmüştür. Deneme alanı 2006 yılı sonbahar mevsiminde pullukla sürülmüş, 2007 Nisan ayında ince tesviyesi ve sonra parselasyon yapıldıktan sonra ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim öncesi saf ve canlı tohumluğun belirlenmesi amacıyla laboratuvarında safiyet ve çimlenme oranları yapılarak ekim normları tespit edilmiştir (Oral ve Açıköz, 1998).

Türlere göre tespit edilen ekim normları

<i>Lolium perenne</i>	40 g/m ²	<i>Festuca rubra rubra</i>	30 g/m ²
<i>Poa pratensis</i>	20 g/m ²	<i>Festuca rubra trichophylla</i>	30 g/m ²
		<i>Festuca arundinacea</i>	40 g/m ²

19 Nisan 2007 tarihinde yapılan ekimde, tohumların üzeri ince torfla (kum, tarla toprağı, yanmış hayvan gübresi karışımı) kapatılmış ve toprak bastırılmıştır. Ekimden sonra parseller yağmurlama yöntemi ile çimlerin çıkışı tamamlanincaya kadar her gün ve ilerleyen zamanlarda ise gün aşırı sulanmıştır. Nisan-ekim arası parsellere her ay 5 g/m² saf azotlu gübre (Amonyum nitrat formunda) uygulanmıştır (Akdeniz ve Hosafloğlu 2016; Oral ve Açıköz 1998). Yabancı otlarla mücadele elle toplamak suretiyle sürdürülmüş, çim motoru kullanılarak ilk biçim 6 cm yükseklikten ve daha sonraki biçimler 2 cm yükseklikten yapılmıştır. Her iki yılın 15 Mayıs (ilkbahar), 15 Temmuz (yaz) ve 15 Eylül (sonbahar) tarihlerinde üç değerlendirme biçimi olmak üzere toplam altı değerlendirme biçimi yapılmıştır. Her biçimden 20 gün önce de alanda temizlik biçimi yapılmıştır.

Araştırmada Bitkiler Üzerinde İncelenen Özellikler

Deneme alanında gözlem, ölçüm ve tartımlar 2007-2008 yıllarının ilkbahar, yaz, sonbahar mevsimlerinde toplam altı kez yapılarak değerlendirmeye alınmıştır.

Çim Kalitesi

Her biçimden sonra parsel üzerinde çimlerde homojen görünüm, sık yapı ve yabancı otlardan arılık gibi görsel incelemelerle 1-9 skalasına göre puanlama yapılmıştır. Skalada 1 en kötü, 9 ise en iyi çim kalitesi

değerini temsil etmiştir (Sills ve Carrow, 1983 ve Mehall ve ark., 1983).

Kaplama Derecesi

Deneme alanında bitkilerin kapladıkları alanların ölçümü 100 eşit parçaya bölünmüş (her parça 25 cm²) kuadrat yardımıyla yapılmıştır. Biçimlerden sonra her parselde iki kez kuadrat (çerçeve) atılmış, bitkilerin alanı kaplama dereceleri karelerin sayılıp toplama oranlanmasıyla bulunmuştur (Avcioğlu, 1983).

Varyans analizleri, SAS programının GLM (General Linear Model) prosedürü ile yapılmıştır (SAS, 1998). Önemli farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeşitlerde Çim Kalitesi 2007 Yılı Gözlem Sonuçları

2007 yılı gözlem sonuçlarından elde edilen çim kalite değerleri (1-9 skala) ve Duncan karşılaştırma sonuçları Çizelge 1.'de verilmiş, çeşitler arasında çok önemli farklılıklar bulunmuştur (p<0.01). Çeşitler ortalamasına bakıldığında *L. perenne* Ovation (7.33) ve *F. rubra trichophylla* Suzette (7.11) en yüksek, *F. rubra trichophylla* Horizon (4.11) çeşidi ise en düşük çim kalitesi değerlerinde kalmıştır. Mevsimler ortalamasında

çim kalitesi bakımından sonbahar (6.16) ve yaz (5.96) yüksek, ilkbahar mevsimi (4.00) düşük değerde kalmıştır. İlkbahar ortalamasında çim kalitesi en yüksek *L. perenne* Ovation (6.67) çeşidinde, en düşük *P. pratensis* Conni (2.33) ve Balin (2.33) çeşitlerinde bulunmuştur. Yaz

ortalamasına bakıldığında *P. pratensis* Conni (7.67), *F. rubra trichophylla* Suzette (7.67) çeşitlerinde çim kalitesi yüksek bulunurken, *F. rubra trichophylla* Horizon (4.67) ve *F. arundinacea* Tomahawk (4.67) çeşitlerinde düşük seviyede kalmıştır.

Çizelge 1. Çeşitlerde 2007 yılı çim kalitesi ortalamaları ve Duncan sonuçları

Çim türü çeşitleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Çeşit Ort.
1- <i>L. perenne</i> Ovation	6.67 a	7.00 ab	8.33 a	7.33 a
2- <i>L. perenne</i> Delawery	5.00 bc	5.33 cd	6.00 cdef	5.44 bcde
3- <i>L. perenne</i> Linn	4.67 cd	6.00 bcd	4.00 g	4.89 defg
4- <i>P. pratensis</i> Geronimo	2.67 fg	6.33 abc	4.67 fg	4.56 fg
5- <i>P. pratensis</i> Conni	2.33 g	7.67 a	7.00 bcd	5.67 bcd
6- <i>P. pratensis</i> Balin	2.33 g	6.33 bc	6.67 bcde	5.11 cdef
7- <i>F. rubra rubra</i> Franklin	4.33 cde	6.00 bcd	7.00 bcd	5.78 bc
8- <i>F. rubra rubra</i> Diego	4.00 cdef	5.00 cd	6.00 cdef	5.00 cdef
9- <i>F. rubra rubra</i> Echo	3.33 fg	6.33 abc	7.33 abc	5.67 bcd
10- <i>F. rubra trich.</i> Dawson	3.33 fg	5.00 cd	5.00 fg	4.44 fg
11- <i>F. rubra trich.</i> Suzette	6.00 ab	7.67 a	7.67 ab	7.11 a
12- <i>F. rubra trich.</i> Horizon	3.00 efg	4.67 d	4.67 fg	4.11 g
13- <i>F. arundinacea</i> Apache	3.67 cdefg	5.00 cd	5.67 def	4.78 efg
14- <i>F. arundinacea</i> Cochise	5.00 bc	6.33 abc	7.00 bcd	6.11 b
15- <i>F. arundina.</i> Tomahawk	3.67 cdefg	4.67 d	5.33 efg	4.56 fg
Mevsim Ortalaması	4.00 b	5.96 a	6.16 a	

*Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p < 0.01$).

Sonbahar ortalamasına bakıldığında ise *L. perenne* Ovation (8.33) çeşidinde yüksek çim kalitesi değeri bulunurken, *L. perenne* Linn çeşitinde (4.00) bu değer düşük seviyede kalmıştır.

Çeşitlerde Çim Kalitesi 2008 Yılı Gözlem Sonuçları

2008 yılında yapılan gözlem sonuçlarından elde edilen çim kalitesi değerleri (1-9 skala) ve Duncan karşılaştırma sonuçları Çizelge 2.'de verilmiş ve çok önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.01$). Çeşitler ortalamasına bakıldığında *L. perenne* Delawery (8.22)

en yüksek, *L. perenne* Linn (3.89) ise düşük çim kalitesi değerlerinde kalmıştır.

Çim kalite değerlerinin ortalamasında ise mevsimlerde istatistiksel bir fark oluşmamıştır. İlkbahar ortalamasında çim kalitesi en yüksek *L. perenne* Delawery (9.00) çeşidinde, en düşük aynı türün Linn (4.33) çeşitinde bulunmuştur. Yaz ortalamasına göre en yüksek çim kalitesi *L. perenne* Delawery (8.33) çeşitinde bulunurken, *L. perenne* Linn (4.00), *P. pratensis* Balin (4.33), *P. pratensis* Geronimo (4.67), *F. arundinacea* Tomahawk çeşitlerinde en düşük değerlerde kalmıştır.

Çizelge 2. Çeşitlerde 2008 yılı çim kalitesi ortalamaları ve Duncan sonuçları

Çim türü çeşitleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Çeşit Ort
1- <i>L. perenne</i> Ovation	8.33 ab	7.67 ab	8.00 a	8.00 ab
2- <i>L. perenne</i> Delawery	9.00 a	8.33 a	7.33 ab	8.22 a
3- <i>L. perenne</i> Linn	4.33 h	4.00 d	3.33 f	3.89 h
4- <i>P. pratensis</i> Geronimo	4.67 gh	4.67 d	4.67 e	4.67 g
5- <i>P. pratensis</i> Conni	7.00 cde	6.67 bc	6.67 abcd	6.78 cd
6- <i>P. pratensis</i> Balin	5.00 fgh	4.33 d	5.00 e	4.78 fg
7- <i>F. rubra rubra</i> Franklin	6.00 efg	6.33 bc	7.67 a	6.67 d
8- <i>F. rubra rubra</i> Diego	7.67 bcd	7.67 ab	7.00 abc	7.44 bc
9- <i>F. rubra rubra</i> Echo	6.33 ef	6.67 bc	7.00 abc	6.67 d
10- <i>F. rubra trich.</i> Dawson	6.33 ef	6.33 bc	5.33 de	6.00 de
11- <i>F. rubra trich.</i> Suzette	8.00 abc	7.67 ab	7.67 a	7.78 ab
12- <i>F. rubra trich.</i> Horizon	4.67 gh	6.67 bc	6.67 abcd	6.00 de
13- <i>F. arundinacea</i> Apache	5.33 fgh	5.33 cd	5.67 cde	5.44 ef
14- <i>F. arundinacea</i> Cochise	6.33 def	6.00 c	6.00 bcde	6.11 de
15- <i>F. arundin</i> Tomahawk	5.00 fgh	4.67 d	4.67 e	4.78 fg
Mevsim Ortalaması	6.27	6.20	6.18	

*Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p < 0.01$).

Sonbahar ortalamasında çim kalitesi en yüksek *L. perenne* Ovation (8.00), *F. rubra rubra* Franklin (7.67), *F. rubra trichophylla* Suzette (7.67) çeşitlerinde, en düşük *L. perenne* Linn (3.33) çeşitinde bulunmuştur. Bitki çeşitlerinin çim kalite değerleri her iki yılda da birbirlerine uygunluk göstermektedir ve yıllar arası önemli bir fark olmamıştır. *L. perenne* Ovation ve Delawery çeşit bulguları çim kalitesi bakımından Çelebi ve ark.'nın (2009) Van koşullarında yürüttükleri *L. perenne* bulgularıyla uyum içinde olduğu görülmüştür. Ancak çalışmada *F. rubra trichophylla* Suzette çeşitinin kalite değerleri aynı araştırıcının *F. rubra trichophylla* bulgularıyla farklılık göstermiştir. Yine Birant (1996)'ın yaptığı çalışmada, *L. perenne*, *P. pratensis*, *F. rubra* çim kalite değerleri, bu çalışmada elde edilen çim kalite değerleriyle uyum göstermemektedir.

Oral ve Açıkgöz (1998), Çelebi ve ark. (2009), Aslan ve Çakmakçı (2004) tarafından yapılan çalışmalarda *L. perenne* gösterdiği gelişme ve büyüme kriterleri bakımından üstün performanslı olarak bulunmuştur. *L.*

perenne üniform çıkış yapma ve hızlı yapılanabilme özelliklerinden dolayı kolay tesis olmakta *Poa* ve *Festuca* gibi türleri bastırmaktadır.

Poa ve *Festuca* çeşitleri geç çıkış yapma ve gelişimlerinin daha yavaş olmaları nedeniyle vejetasyonda ilerleyen dönemde kendilerini gösterirler (Açıkgöz, 1994).

Çeşitlerde Kaplama Derecesi 2007 Yılı Ölçüm Sonuçları

Denemede bu yılın ölçüm sonuçlarına göre elde edilen kaplama derecesi değerleri (%) ve Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.'de verilmiş ve çok önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

Çeşitler ortalaması karşılaştırıldığında *L. perenne* Ovation (% 88.22), Delawery (% 86.67), Linn (% 85.33) çeşitleri en yüksek kaplama derecelerine ulaşmış, *P. pratensis* Balin (% 56.22) çeşidi ise düşük kaplama derecesinde kalmıştır.

Çizelge 3. Çeşitlerde 2007 yılı kaplama derecesi ortalamaları ve Duncan sonuçları

Çim türü çeşitleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Çeşit Ort
1- <i>L. perenne</i> Ovation	86.00 a	89.00 a	89.67 b	88.22 a
2- <i>L. perenne</i> Delawery	82.00 a	88.00 a	90.00 b	86.67 a
3- <i>L. perenne</i> Linn	80.67 a	85.67 abc	89.67 b	85.33 a
4- <i>P. pratensis</i> Geronimo	40.00 d	79.00 bcd	89.00 b	69.33 de
5- <i>P. pratensis</i> Conni	36.67 d	73.67 def	78.00 c	62.78 fg
6- <i>P. pratensis</i> Balin	35.33 d	63.33 g	70.00 d	56.22 h
7- <i>F. rubra rubra</i> Franklin	56.00 bc	75.00 def	89.67 b	73.56 cd
8- <i>F. rubra rubra</i> Diego	60.00 bc	85.00 abc	94.33 ab	79.78 b
9- <i>F. rubra rubra</i> Echo	52.67 c	86.33 ab	92.67 ab	77.22 bc
10- <i>F. rubra trich.</i> Dawson	36.33 d	47.33 h	99.67 a	61.11 g
11- <i>F. rubra trich.</i> Suzette	60.00 bc	69.00 fg	73.00 cd	67.33 ef
12- <i>F. rubra trich.</i> Horizon	54.67 bc	70.67 efg	74.00 cd	66.44 ef
13- <i>F. arundinacea</i> Apache	59.33 bc	72.33 def	87.33 b	73.00 cd
14- <i>F. arundinacea</i> Cochise	62.67 b	73.67 def	75.67 cd	70.67 de
15- <i>F. arundin</i> Tomahawk	62.33 b	78.33 cde	89.33 b	76.67 bc
Mevsim Ortalaması	57.64 c	75.76 b	85.47 a	

*Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p < 0.01$).

Kaplama dereceleri bakımından mevsimler ortalamasında sonbahar mevsimi en yüksek bulunurken, bunu yaz ve ilkbahar mevsimleri takip etmiştir. Mevsimler ayrı ayrı değerlendirildiğinde İlkbahar ortalamasında en yüksek kaplama derecesi değerleri *L. perenne* Ovation (% 86.00), Delawery (% 82.00) ve Linn (% 80.67) çeşitlerinden elde edilmiştir. Bu mevsimde *P. pratensis* Geronimo (% 40.00), Conni (% 36.67), Balin (% 35.33) çeşitleriyle *F. rubra trichophylla* Dawson (% 36.33) çeşiti düşük kaplama derecelerinde kalmıştır. Yaz ortalama sonuçları değerlendirildiğinde *L. perenne* Ovation (% 89.00) ve Delawery (% 88.00) çeşitlerinden en yüksek kaplama dereceleri elde edilmiş, *P. pratensis* Balin (% 63.33) çeşiti ise düşük kaplama derecesinde kalmıştır. Sonbahar ortalamasına bakıldığında ise *F. rubra trichophylla* Dawson (% 99.67) çeşiti en yüksek kaplama derecesine ulaşmış, *P. pratensis* Balin (% 70.00) çeşidi en düşük kaplama derecesinde kalmıştır. 2007 yılı ilkbahar ve yaz mevsimlerinde kaplama derecesi bakımından en yüksek değerlerde olan *L. perenne* Ovation, Delawery,

Linn çeşitleri aynı yılın sonbahar mevsiminde yerlerini *F. rubra trichophylla* Dawson, *F. rubra rubra* Diego, *F. rubra rubra* Echo çeşitlerine bırakmıştır. Çim çeşitler ortalamasında ise *L. perenne* Ovation, Delawery, Linn çeşitleri kaplama derecesi bakımından diğer çeşitlerden daha üstün performanslı olarak bulunmuştur. Nitekim *L. perenne* Ovation, Delawery, Linn çeşitlerinden elde edilen bulgular gibi Oral ve Açıkgöz (1998), Çelebi ve ark. (2009), Aslan ve Çakmakçı (2004) tarafından yapılan çalışmalarda da *L. perenne* gelişme ve büyüme kriterleri bakımından üstün performanslı olarak bulunmuştur. *L. perenne* türü üniform çıkış yapma ve hızlı yapılanabilme özelliklerinden dolayı kolay tesis olmakta *Poa* ve *Festuca* gibi türleri bastırmaktadır (Açıkgöz, 1994).

Çeşitlerde Kaplama Derecesi 2008 Yılı Ölçüm Sonuçları

2008 yılı ölçüm sonuçlarından elde edilen kaplama derecesi değerleri (%) ve Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.'te verilmiş ve çeşitler

arasında kaplama derecesi bakımından çok önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.01$). Çeşitlerin 2008 yılı ortalamasına bakıldığında *F. rubra trichophylla*

Dawson (% 99.11) çeşiti en yüksek kaplama derecesi, *F. rubra trichophylla* Horizon (% 85.22) çeşiti düşük kaplama derecesi seviyesinde kalmıştır.

Çizelge 4. Çeşitlerde 2008 yılı kaplama derecesi ortalamaları ve Duncan sonuçları

Çim türü çeşitleri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Çeşit Ort
1- <i>L. perenne</i> Ovation	88.00 defg	98.67 abcd	100	95.56 abc
2- <i>L. perenne</i> Delawery	90.00 bcdef	100 a	100	96.67 ab
3- <i>L. perenne</i> Linn	90.67 abcde	95.33 abcde	96.67	94.22 bcd
4- <i>P. pratensis</i> Geronimo	82.67 fg	90.67 cde	96.00	89.78 ef
5- <i>P. pratensis</i> Conni	82.00 g	94.00 abcde	99.67	91.89 cde
6- <i>P. pratensis</i> Balin	71.00 h	94.67 abcde	99.67	88.44 efg
7- <i>F. rubra rubra</i> Franklin	93.67 abcd	99.67 a	99.67	97.67 ab
8- <i>F. rubra rubra</i> Diego	97.33 ab	99.00 abc	100	98.78 ab
9- <i>F. rubra rubra</i> Echo	88.67 cdefg	97.67 abcde	99.67	95.33 abc
10- <i>F. rubra trich.</i> Dawson	98.33 a	99.33 ab	99.67	99.11 a
11- <i>F. rubra trich.</i> Suzette	69.00 h	95.00 abcde	100	88.00 efg
12- <i>F. rubra trich.</i> Horizon	69.00 h	91.00 bcde	95.67	85.22 g
13- <i>F. arundinacea</i> Apache	83.67 efg	90.33 de	98.00	90.67 def
14- <i>F. arundinacea</i> Cochise	71.67 h	89.33 e	98.00	86.33 fg
15- <i>F. arundin.</i> Tomahawk	96.33 abc	97.6 abcde	100	98.00 ab
Mevsim Ortalaması	84.80 c	95.49 b	98.84 a	

*Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p<0.01$).

Zamanın ilerlemesiyle kaplama oranı devamlı olarak artan çeşitlerde mevsimler ortalamasında en yüksek orana sonbaharda ulaşılırken (% 98.84), bunu yaz (%95.49) ve ilkbahar (% 84.80) takip etmiştir. İlkbahar ortalamasına bakıldığında *F. rubra trichophylla* Dawson (% 98.33), çeşidinde en yüksek kaplama derecesi değeri ölçülmüş, *P. pratensis* Balin (% 71.00), *F. rubra trichophylla* Suzette (% 69.00), *F. rubra trichophylla* Horizon (% 69.00), *F. arundinacea* Cochise (% 71.67) çeşiti ise düşük kaplama derecesi seviyesinde kalmıştır. Yaz ortalamasına bakıldığında kaplama dereceleri bakımından en yüksek performansı *L. perenne* Delawery (% 100), *F. rubra rubra* Franklin (% 99.67) çeşitleri göstermiş, *F. arundinacea* Cochise (% 71.67) çeşiti ise düşük kaplama derecesi

seviyesinde kalmıştır. Sonbahar mevsiminde ise diğer türler de alanlarında hızlı gelişme göstererek parsel içlerinin hemen hemen tamamını kaplamışlardır. Oral ve Açıkgoz (1998), Zorer (2003), Aslan ve Çakmakçı (2004) tarafından yapılan çalışmalarda da *L. perenne* ve *F. rubra rubra* kaplama derecesi bakımından üstün performanslı türler olarak bulunmuştur.

SONUÇ

Van koşullarında çim çeşitleri üzerine yapılan adaptasyon çalışmasında; gerek yıllar ve gerekse mevsimler arasında çim kalitesi bakımından benzerlikler bulunmuş, *L. perenne* Delawery ve

Ovation çeşitleri ile *F. rubra trichophylla* Suzette çeşitleri yüksek performanslı olarak bulunmuştur. *L. perenne* Linn çeşidi ise en düşük değerlerde kalmıştır. Kaplama derecesi bakımından da çeşitlerin hem yıllar ve hem de mevsimler arasında benzerlik bulunmuş olup, çeşitlerden *L. perenne* Delawery ve Ovation yüksek kaplama derecesi göstermiştir. *F. rubra trichophylla* Dawson çeşiti ise tesis yılında sadece

ilkbahar mevsiminde yavaş seyrederken bundan sonraki dönemlerde kaplama hızını arttırmıştır.

Poa pratensis Balin çeşidi hem yıllar arasında ve mevsimler itibariyle diğer çeşitlerden daha düşük kaplama seviyesinde kalmıştır. Araştırmanın ikinci yılı sonbahar döneminde bütün çeşitlerin kaplama oranı % 96'nın üzerine çıkarak güçlü bir yeşil örtü oluşturmuşlardır.

KAYNAKLAR

- Anonim 2009. Van ili 2007-2008 yılı meteoroloji müdürlüğü kayıtları, Van.
- Açıkgöz E, 1994. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları, Bursa. 9-19s, 130 s.
- Akdeniz H, ve Hosaflioğlu İ, 2016. Effect of Nitrogen Fertilization on Herbage Yield and Some Plant Characteristics of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.). International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16) March 19-20, 2016, Kilis, TURKEY.
- Aslan M, ve Çakmakçı S, 2004. Farklı Çim Tür ve Çeşitlerinin Antalya İli Sahil Koşullarında Adaptasyon Yeteneklerinin ve Performanslarının Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi dergisi, 17(1), 31-42.
- Avcıoğlu R, 1983. Çayır Mer'a Bitki Topluluklarının İncelenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 466. 245 pp.
- Birant M, 1996. Bornova Şartlarında Değişik Azot Dozlarının Bazı Yeşil Alan Buğdaygillerinin Özellikleri ile Vejetasyon Yapılarına Etkisi Üzerinde Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı (Doktora Tezi), 70-93.
- Çelebi Ş.Z ve ark, 2009. Van Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları için Uygun Tür Karışımlarının Saptanması. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 19(2):91-101.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A, 1998. Deneme Tekniği. A.Ü. Ziraat Fak. Yay. No: 1501. Ders Kitabı: Ankara, 455 p.
- Hunt KL, Dunn JH, 1993. Compatibility of Kentucky Bluegrass and Perennial Ryegrass with Tall Fescue in Transition Zone Trifolium Mixtures. Argon. J. 85: 211-215
- Mehall BJ, Hull RJ, Skogley CR, 1983. Cultivar Variation in Kentucky Bluegrass: P. And K. Nutritional Factors. Argon. J. 75: 767-772.
- Misia A, 1991. Effect of Cool Season Turfgrass Seed Mixtures on Lawn Characteristics. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo. 42: 401-414
- Oral N, Açıkgöz R, 1999. Bursa Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları için Tohum Karışımları, Ekim Oranları ve Azotlu Gübre Uygulamaları Üzerinde Araştırmalar. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi. 15-18 Kasım 1999, Adana. 155-159
- Oral N, ve Açıkgöz E, 1998. Bursa Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları için Tohum Karışımları, Ekim Oranları ve Azotlu Gübre Uygulaması Üzerinde Araştırmalar, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı (Doktora Tezi).
- SAS 2006. SAS Institute, version 9.0. Inc. Cary, NC, USA.
- Turfgrass Growth, N Use and Water Use Under Soil Compaction and N Fertilization. Argon. 1992-1993, Sills MJ, Carrow RN

Peyzaj Planlamada TOPSİS Yöntemi ve Erzurum Örneği

Murat ZENGİN¹

ÖZET: Planlama çalışmalarında karar verme süreci oldukça önemli olup doğru, etkili ve hızlı karar vermek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknik ve analizlerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada ekolojik açıdan sürdürülebilir alan kullanımlarının ortaya konulabilmesini sağlamak için ÇKKV tekniklerinden TOPSİS yöntemi ele alınarak, alan kullanım önceliklerine bağlı peyzaj deseninin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma alanı, alan kullanım öncelikleri bakımından tarımsal alanlar (% 44), koruma alanları (% 28) ve çayır ve mera alanlarından (% 21) oluştuğu ve karar verme süreçlerinde kullanılan etkili bir teknik olan TOPSİS yönteminin peyzaj planlamada kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme (ÇKKV), Erzurum, peyzaj planlama, TOPSİS

TOPSIS Method in Landscape Planning and Erzurum Example

ABSTRACT: The making decision process is quite important in planning studies and the techniques and analysis of multi criteria decision making (MCDM) have been utilized to make decision accurately, effectively and rapidly. To supply to find out sustainable land uses according to ecological way by handling TOPSIS method which is one of the MCDM techniques, it has been aimed to reveal the landscape pattern in the sense of the first priority of land uses. In this study area, according to land uses priority it has been determined that rural area (44 %), protected area (28%) and meadow and pasture (21 %) have been occurred. In this study it has been experienced to find out an effective technique using in making decision process can be used as a method in landscape planning.

Keywords: Erzurum, landscape planning, multi criteria decision making (MCDM), TOPSİS

¹ Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Denizli, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat ZENGİN, mzengin@pau.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışına paralel olarak kentleşme, sanayileşme, toprak, hava ve su kirliliği, orman yangınları, sulak alanların kurutulması, tarımsal amaçlar için yoğun kullanılan gübre ve ilaçlar, doğal kaynakların aşırı kullanımları insan etkileri sonucu hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak doğal kaynaklar ihtiyacı karşılamakta zorlanmakta, yetersiz kalmakta ve bozulmaktadır (Kırımhan, 2005). Yanlış alan kullanımları çayır, mera ve orman kaynaklarının tahribine, su kaynaklarının kirlenmesine, erozyona, mikroklimanın değişmesi gibi pek çok sorunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Karaelmas, 2003). Yanlış arazi kullanımından kaynaklanan bu tip sorunların önlenmesi ve en uygun arazi kullanımının sağlanması, mevcut arazi karakteristikleri ve potansiyellerinin belirlenerek, ekolojik yapıya uygun arazi kullanımlarının uygulanması ile başarılabilir (Malczewski, 2004). Alan kullanım çalışmalarında genellikle ekolojik süreçler ile sürdürülebilirlik göz önünde bulundurulmamaktadır (Şahin, 1996; Yılmaz, 1998). Altan (1996)'a göre, ekolojik planlamada amaç, ekolojik, sosyal ve ekonomik verilere eşdeğer önem vererek, alan kullanımları için optimal bir uyum sağlamaktır. Ekolojik temelli araştırmacılar, korumaya ağırlık veren, kaynakların sınırlı olduğu gerçeğini vurgulayan ve ekosistemlerin çok hassas tasıma kapasiteleri olduğunu ısrarla ifade eder.

Ekolojik plan, sektörler arasında dengeli bir kullanımı gerçekleştirmeyi amaçlar ve bunu gerçekleştirirken doğal potansiyelin korunmasına dikkat eder. Alan kullanım etkileşimlerine bağlı olarak, olumsuz etkileri en aza indirmeyi ve doğal kaynakları koruyup geliştirmeyi hedef alır (Altan, 1991). Arazi değerlendirmesinin, arazinin topoğrafya, iklim, bitki örtüsü, toprak ve diğer özelliklerinin yorumlanmasına dayanarak belli arazi birimleri için en uygun kullanımların neler olacağını saptamak ve farklı arazi birimleri arasında kıyaslama yapabilmek amacıyla yapılan çalışmaları içerdiğini belirtmiştir (Özcan, 1991). Arazinin en iyi şekilde değerlendirilmesi amacıyla uygun alan kullanımlarının tespitinde, farklı kriterlere puanlama ve ağırlık değerleri verilmektedir. Ağırlıkların hesaplanmasında ise son zamanlarda artık Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Akpınar (2003)'e göre, "Bu tür

yöntemler, planlama çalışmalarında plancının bilgi birikimini ve deneyimini sezgileriyle birleştirerek etkin bir şekilde yorumlamasına, kullanmasına olanak sağlar ve planlamaya ışık tutar". Peyzaj planlama yöntemleri sınırlıda olsa zaman içinde gelişme göstermesine rağmen, planlamada karar verme süreci oldukça karmaşık olabilmekte, bu sebeple olası hataları en aza indirebilmek için çok kriterli karar verme teknik ve analizlerinden yararlanılmaktadır (Ayhan ve Hepcan, 2009). ÇKKV teknikleri, problemlerin analiz edilmesi, alternatif çözümlerin üretilmesi ve alternatiflerin değerlendirilmesi için ideal kapasiteye sahiptir. TOPSİS yönteminde bütün alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır. Yöntemin temeli, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması oluşturur. Yöntem, pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatifi en iyi alternatif olarak kabul eder (Tong et al., 2004; Cheng et al., 2002). TOPSİS yönteminde, ideal çözüm için gerekli olan yakınlık bulunurken hem pozitif ideal çözüme uzaklık hem de negatif ideal çözüme uzaklık dikkate alınır. Bu uzaklıklar yardımıyla elde edilen yakınlık katsayıları kullanılarak sıralama yapılır (Janko and Bernroider, 2005). Bu yöntem çeşitli alternatiflerin, seçilen kriterler açısından analitik bir yöntem ile sıralandığı ve karar vericilere yol gösterici olabilecek niteliktedir. ÇKKV tekniklerinden olan bu yöntem ile yargıya dayalı karar verme sürecinin potansiyel problemlerini elemine ederek, alınan kararların kalitesinin ve rasyonelliğinin artması sağlanabilmektedir (Sezer ve Saatçioğlu, 2008).

Bu çalışmada, ekolojik açıdan sürdürülebilir alan kullanımlarının ortaya konulabilmesini sağlamak için ÇKKV tekniklerinden TOPSİS yöntemi ile alan kullanım öncelikleri belirlenerek buna bağlı peyzaj deseninin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmada hassas alanlarda gerçekleştirilecek alan kullanım kararlarının alınmasında ekolojik süreçlerin önemi vurgulanarak, karar verme süreçlerinde kullanılan etkili bir tekniğin peyzaj planlamada yöntem olarak kullanılabilirliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

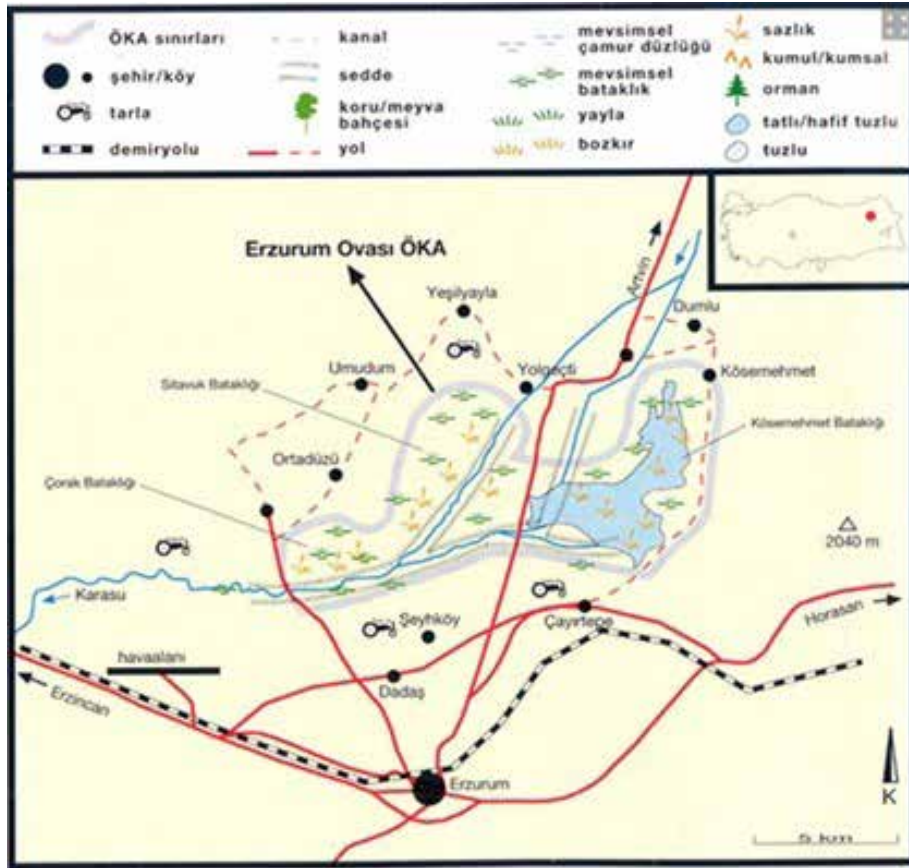
MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı olan Erzurum ili Türkiye'nin yüzölçümü bakımından en büyük üçüncü ili olup,

Doğu Anadolu Bölgesinin ise en büyük ili olma özelliği gösterir. Denizden yüksekliği yaklaşık 1 900 m. ve 2014 yılı itibari ile nüfusu 779 448'dir. Soğuk iklim kuşağında olması nedeni ile sanayisi gelişmemiş temel geçim kaynağını ise tarım ve hayvancılık oluşturmuştur. Sadece tarihi ve kültürel bakımından değil aynı zamanda doğal açıdan da oldukça zengin olan il, son yıllarda kış turizmi ile ön plana çıkmaya başlamıştır.

TOPSİS yönteminin örneklenmesinde Erzurum Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde yer alan önemli doğa alanı olan, kentsel gelişim ile ilişkilendirilen, farklı çevresel baskıların etkisinde olan ve alan kullanım deseni değişimi yaşayan Sulak Alan (Erzurum Bataklığı) ve yakın çevresi çalışma alanı

olarak seçilmiştir. Erzurum bataklıkları, Erzurum şehir merkezinin yaklaşık 3 km. kuzeyinde yer alır. Fırat Nehri'nin ana iki kolundan biri olan Karasu üzerinde bulunur. Geçici ve sürekli bataklıklar, mevsimsel ıslak çayırlar ve tarım alanlarından oluşur. 1950 ve 1960'lı yıllarda bölgede yürütülen kurutma çalışmaları sonucunda geniş yer kaplayan göl ve sazlıklar küçülerek şu andaki durumuna gelmiştir (Anonim, 2015). Erzurum bataklığı; Yakutiye ilçesinde tatlı su gölü ve bataklık alanıdır. Turna popülasyonu ile göç mevsimlerinde önemli sayılarda görülen angıt ve ak kanatlı sumru sayesinde önemli kuş alanları statüsü kazanmıştır. Erzurum ovası Önemli Kuş Alanı sınırları Şekil 1'de verilmiştir (Anonim, 2016).



Şekil 1. Erzurum ovası Önemli Kuş Alanı (ÖKA) sınırları haritası (Anonim, 2016)

Erzurum Ovası'nın doğu kenarında yer alan ve daha çok ilkbahar ayları ile yaz başlarında görünür hale gelen Erzurum Bataklıkları Sulak Alanının Koruma Bölgeleri 2006 yılında belirlenmiştir. Ovadaki tehdit ve problemlerin başında bilinçsiz tarımsal

faaliyetler, otlatma, havaalanının yer alması, yüksek gerilim hatları, yollar, yapılaşma ve şehirleşme, evsel ve kanalizasyon atıkları, sulak alan kurutma, drenaj kanalları yer almaktadır. Alanda 224 kuş türü tespit edilmiş olup, en önemli kuş türü sürmeli kız kuşudur

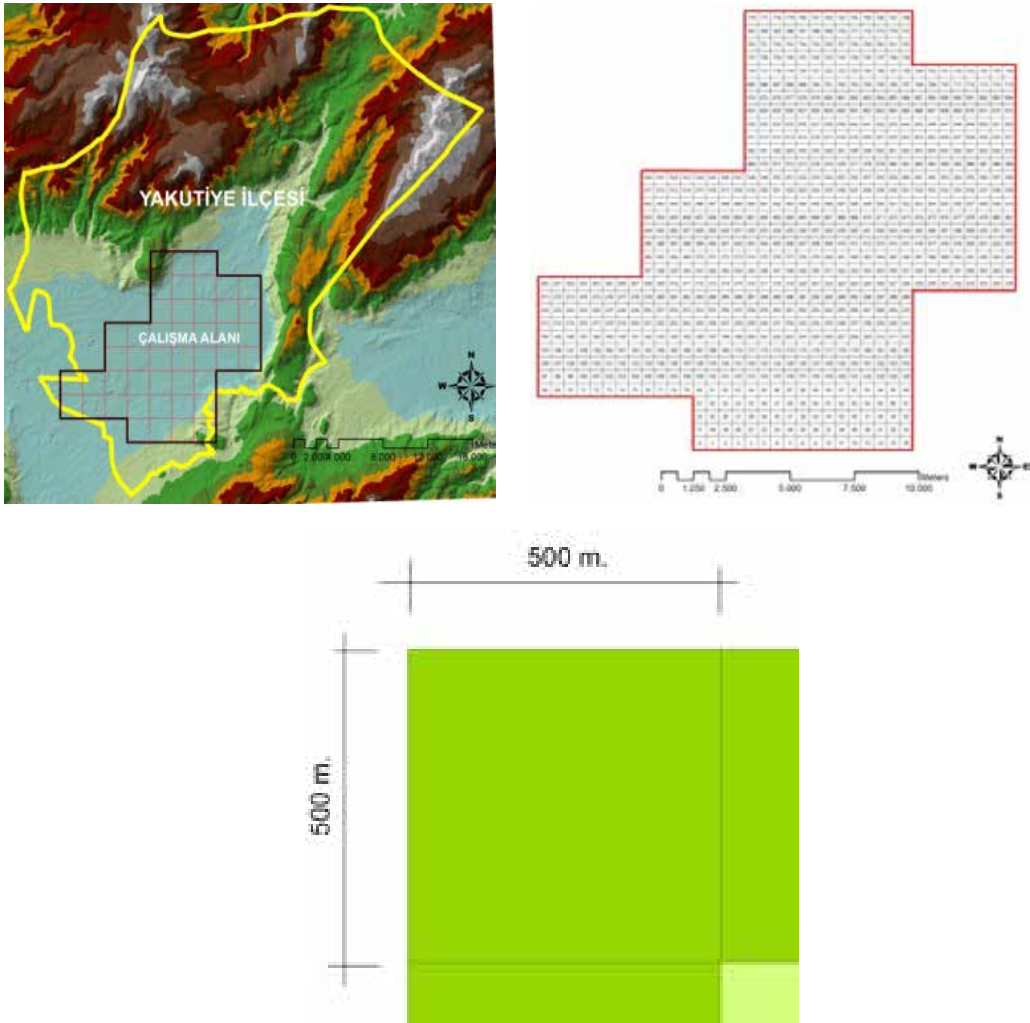
(OSİB, 2015). Sulak alan 1970 yılı başlarında büyük oranda kurutulmuştur. Erzurum ovasında özellikle geçiş mevsimlerinde ortaya çıkan göller sulak alanın doğal yapısının parçalarını oluşturmaktadır. Sulak alan Akdeniz-Karadeniz ve Doğu Afrika-Batı Asya kuş göç yollarının kesişim koridoru üzerinde yer aldığı için her iki göç yolunda hareket eden farklı türlerin konakladıkları bir alan durumundadır. Bu nedenle, Erzurum bataklığında sulak alanların kurutulmasına rağmen, kuşların halen bu alanlarda barınmaya devam ettiği tespit edilmiştir. Erzurum Ovası'nın uluslararası sözleşmelerle koruma altındaki en değerli türü Sürmeli kızkuşudur (Anonim, 2013).

Çalışma alanı ile ilgili olarak, değişik ölçeklerde ve amaçlarda üretilmiş topoğrafik ve kadastral haritalar, jeoloji, toprak ve orman amenajman haritaları ve uydu

görüntülerinden materyal olarak yararlanılmıştır. Ayrıca alana ait yazılı ve görsel literatür ile yöneme ait literatürler, fotoğraf ve slaytlar materyal olarak kullanılmıştır.

Harita verilerinin rektifiye edilmesi, sınıflandırılması, sayısallaştırılması, çakıştırılması, öz nitelik verilerinin oluşturularak analiz ve sorgulamalarının yapılmasında ArcGIS 9,3 yazılım programı ve yöntemin uygulanmasında M.S.Excel yazılımından yararlanılmıştır.

Çalışma alanının konumu, büyüklüğü, topoğrafik yapısı, alan kullanım tipleri ve alanın doğal-kültürel süreçleri ile karakteristik yapısı dikkate alınarak 500 x 500 m.'lik ekolojik hücre boyutunda plankarelere ayrılmıştır. 789 adet plankare 197,25 km²'lik bir alan kaplamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. 500m. x 500m.'lik plankarelere ayrılmış (789 adet) çalışma alanı sınırları

Çalışma alanında değerlendirme faktörü olarak; (1) arazi kabiliyet yetenek sınıfları, (2) toprak derinliği, (3) mevcut alan kullanımları, (4) büyük toprak grupları, (5) bitki örtüsü, (6) eğim, (7) bakı, (8) yükseklik, (9) jeolojik yapı ve (10) erozyon durumu ve bunların alt birimleri ele alınmıştır. Alan kullanım önceliği için belirlenen potansiyel alan kullanım tipleri olarak; (1) koruma, (2) tarım, (3) orman, (4) yerleşim, (5) çayır-mera alanları seçilmiştir.

Çalışmada her alan kullanım tipi için ayrı ayrı değerlendirme faktörleri ve bu faktörlere bağlı alt birimlere ağırlık puanları (4= çok uygun; 3=uygun, 2= az uygun, 1= uygun değil) verilmiştir. Her kullanım için uzman değerlendirmelerine bağlı olarak da potansiyel alan kullanım tipleri için uygunluk puanlarının

belirlenmesinde etki derecesi (%) matematiksel yöntemle belirlenmeye çalışılmıştır. Faktörlere alan kullanım tiplerine göre uzmanlar tarafından verilen göreceli önem puanları ise Çizelge 1’de verilmiştir. Etki dereceleri en önemliden en önemsiz doğru puanlama yapılarak 3 gurup üzerinden değerlendirilmiştir (3= Çok Etkili, 2= Etkili, 1= Etkisiz). Çalışmada bir ziraat mühendisi, bir orman mühendisi ve bir peyzaj mimarı olmak üzere üç uzman görüşünden yararlanılmıştır. Uzman Değerlendirmesi; 1-10 arasındaki değerleri önem sırasına göre (1=Önemli;.....;10=Önemsiz) değerlendirilmiştir, aynı etkiye sahip alt birimlere aynı puanlar verilebilmiştir. Etki derecelerinin bulunmasında Akpınar (1994)’ın geliştirdiği ve Karaelmas (2003)’ında kullandığı;

$$DT = \sum D_{fu} \quad Af = DT / \sum DT \text{ eşitliklerinden yararlanılmıştır.} \quad (1)$$

Eşitlikteki;

DT= Uzmanlar tarafında f değerlendirme faktörüne verilen değerler toplamı

u= 1’den n’e kadar uzman sayısı

f= 1’den m’e kadar faktör sayısı

D_{fu}= f değerlendirme faktörüne u uzmanı tarafından verilen değerler

Af= f değerlendirme faktörünün ağırlığını belirlemektedir.

Af’nin aldığı minimum değer ile maksimum değer arasındaki fark bulunup 3’e bölünerek elde edilen değerlerin minimum değerlere eklenmesiyle guruplama yapılarak 3 gurup (3- Çok Etkili, 2- Etkili ve 1- Etkisiz)

oluşturulmuştur. Seçilen ekolojik faktörlerin hangi potansiyel alan kullanımını ne derece etkilediğini oransal olarak bulabilmek için;

$$\% \text{ Etki Derecesi} = \frac{ED \times 100}{\sum ED} \text{ formülü ile değerlendirilmiştir.} \quad (2)$$

Çizelge 1. Faktörlerin alan kullanım tiplerine göre uzmanlar tarafından verilen göreceli önem puanları

	Değerlendirme Faktörleri / Uzman	1	2	3	DT	Af	Etki Derecesi	Etki Derecesi (%)
KORUMA	Arazi Kabiliyet Yetenek Sınıfları	4	1	3	8	0,06452	3	15
	Toprak Derinliği	1	2	2	5	0,04032	3	15
	Mevcut Alan Kullanımları	6	3	7	16	0,12903	1	5
	Büyük Toprak Grupları	5	7	6	18	0,14516	1	5
	Bitki Örtüsü	2	3	1	6	0,04839	3	15
	Eğim	3	1	4	8	0,06452	3	15
	Bakı	7	6	8	21	0,16935	1	5
	Yükseklik Grupları	8	5	5	18	0,14516	1	5
	Jeolojik Yapı	4	4	9	17	0,13710	1	5
	Erozyon	5	1	1	7	0,05645	3	15
TARIM	Arazi Kabiliyet Yetenek Sınıfları	1	1	1	3	0,02679	3	15
	Toprak Derinliği	1	2	2	5	0,04464	3	15
	Mevcut Alan Kullanımları	5	6	6	17	0,15179	1	5
	Büyük Toprak Grupları	4	4	3	11	0,09821	2	10
	Bitki Örtüsü	6	5	5	16	0,14286	1	5
	Eğim	2	2	2	6	0,05357	3	15
	Bakı	7	7	6	20	0,17857	1	5
	Yükseklik Grupları	3	3	4	10	0,08929	2	10
	Jeolojik Yapı	5	4	8	17	0,15179	1	5
	Erozyon	2	3	2	7	0,06250	3	15
ORMAN	Arazi Kabiliyet Yetenek Sınıfları	3	5	3	11	0,07801	2	11
	Toprak Derinliği	2	1	2	5	0,03546	3	16
	Mevcut Alan Kullanımları	8	6	4	18	0,12766	1	6
	Büyük Toprak Grupları	7	8	5	20	0,14184	1	6
	Bitki Örtüsü	1	2	1	4	0,02837	3	16
	Eğim	4	7	5	16	0,11348	2	11
	Bakı	5	3	4	12	0,08511	2	11
	Yükseklik Grupları	6	3	4	13	0,09220	2	11
	Jeolojik Yapı	9	4	6	19	0,13475	1	6
	Erozyon	9	7	7	23	0,16312	1	6
YERLEŞİM	Arazi Kabiliyet Yetenek Sınıfları	3	5	6	14	0,08974	2	10
	Toprak Derinliği	4	6	6	16	0,10256	2	10
	Mevcut Alan Kullanımları	5	4	7	16	0,10256	2	10
	Büyük Toprak Grupları	6	9	8	23	0,14744	1	5
	Bitki Örtüsü	3	3	5	11	0,07051	3	15
	Eğim	2	2	2	6	0,03846	3	15
	Bakı	8	7	4	19	0,12179	2	10
	Yükseklik Grupları	9	8	3	20	0,12821	1	5
	Jeolojik Yapı	1	1	1	3	0,01923	3	15
	Erozyon	10	10	8	28	0,17949	1	5
ÇAYIR-MERA	Arazi Kabiliyet Yetenek Sınıfları	1	5	3	9	0,05806	3	14
	Toprak Derinliği	2	1	4	7	0,04516	3	14
	Mevcut Alan Kullanımları	5	4	7	16	0,10323	2	9
	Büyük Toprak Grupları	3	6	9	18	0,11613	2	9
	Bitki Örtüsü	6	2	5	13	0,08387	3	14
	Eğim	4	3	1	8	0,05161	3	14
	Bakı	7	6	6	19	0,12258	2	9
	Yükseklik Grupları	8	5	2	15	0,09677	2	9
	Jeolojik Yapı	9	7	8	24	0,15484	1	4
	Erozyon	10	7	9	26	0,16774	1	4

Her bir kullanım için belirlenen etki dereceleri kullanılarak TOPSİS Yöntemi aşamaları sırasıyla uygulanmış, yöntem her bir ekolojik hücrede ayrı ayrı olacak şekilde uygulanarak hesaplamaları yapılmış ve çalışma alanı kapsamında alan kullanım önceliklerine uygun peşaj deseni belirlenmiştir.

a. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

c. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

e. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (7)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı, Erzurum Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde yer alan 197.25 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Çalışma alanı özelinde değerlendirme faktörleri ve alt birimleri genel olarak ele alındığında; büyük bir kısmı çayır ve tarımsal karakterde olan bir yapı sergiler. Arazi kabiliyet yetenek sınıfları açısından V. ve

TOPSİS Yöntemi

TOPSİS Yöntemi altı aşamadan oluşmakta olup yöntem aşamalarında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir (Özkan, 2007).

b. Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

d. İdeal (A⁺) ve Negatif İdeal (A⁻) Çözümlerin Oluşturulması

$$A^+ = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J') \right\}$$

$$A^+ = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (6)$$

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J') \right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

f. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

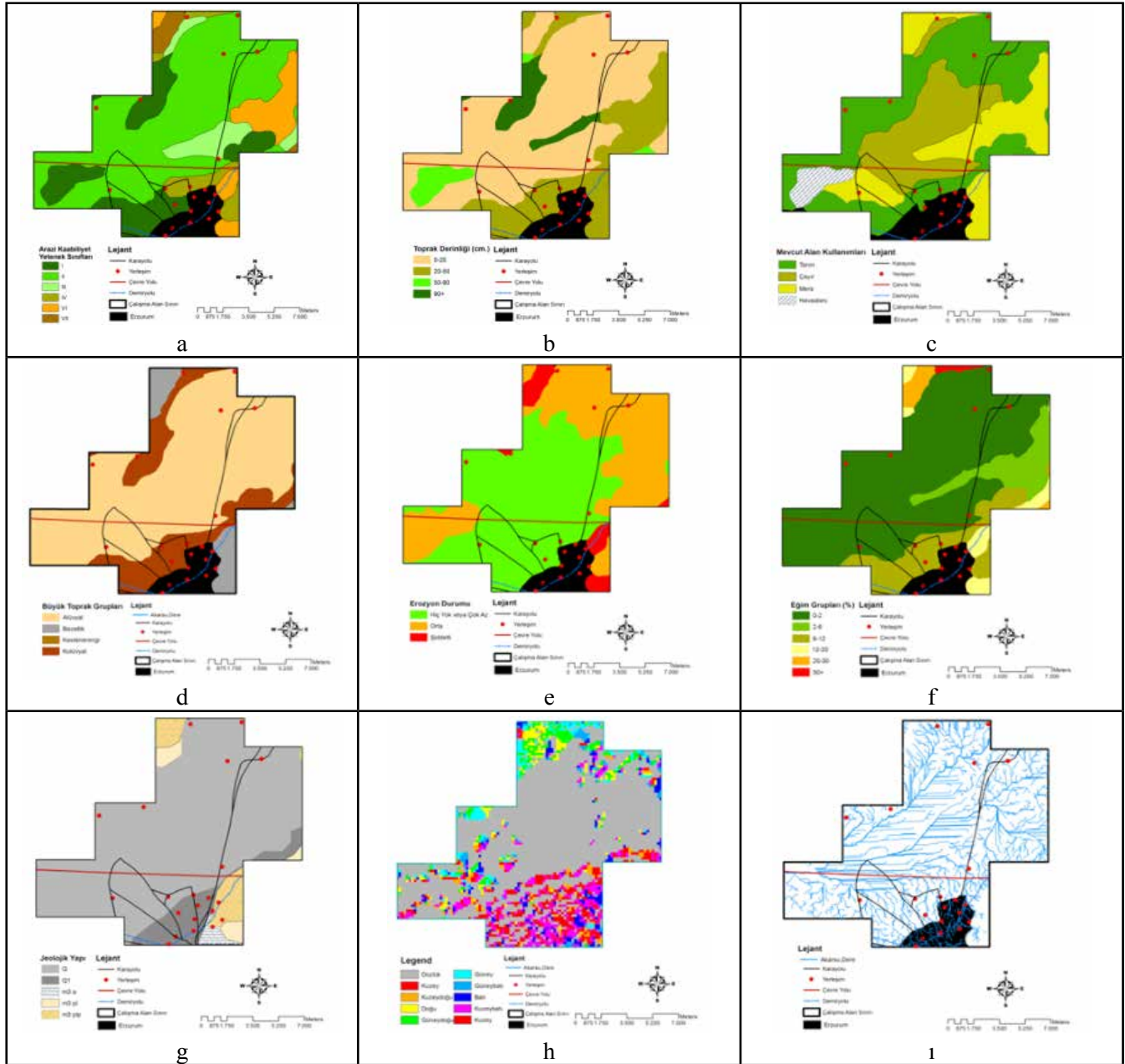
$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (8)$$

C_i^{*} değeri 0 ≤ C_i^{*} ≤ 1 aralığında değer alır ve C_i^{*} = 1 ilgili karar noktasının ideal çözüme, C_i^{*} = 0 ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

VIII. sınıf topraklar bulunmamakta olup, en fazla II. ve I. yetenek sınıftaki topraklar yer almaktadır. Toprak derinliği 0-20 cm. ve 20-50 cm. kalınlığında olup, eğim özellikle çayır ve tarımsal alanların bulunduğu alanlarda % 0-2, yerleşim alanlarında % 2-6'lık bir yapı gösterir. Alanda yükseklik 1700-1850 m. arasında değişiklik göstermektedir. Büyük toprak gruplarından

Alüvyal topraklar hakim bir yapı sergilerken, erozyon durumu “hiç yok veya çok az” olarak düzlük ovanın taban alanlarında yer almaktadır. Çalışma alanı genelinde orman varlığı bulunmamaktadır (Şekil 3). Çalışma alanında yer alan havaalanı tamamen I. sınıf araziler üzerinde yer almaktadır. Çevreyolunun ve BTC doğalgaz boru hattının ovanın ortasından geçiyor olması sulak alan, çayır alanları ve tarımsal nitelikli arazilerin üzerine baskılar oluşturmuştur. Yakutiye ilçesinin güney kısmı kentsel yerleşim alanları ile, batısı

ve kuzeyi I. ve II. sınıf yetenek sınıfı arazilerin hakim olduğu çayır ve tarımsal alanlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında değerlendirme faktörleri ve bunların alt birimlerine bağlı olarak beş farklı alan kullanım tipine göre öncelikler ÇKKV tekniği olan TOPSİS yöntemi aracılığı ile belirlenmiştir. Yöntem kapsamında faktörlerin uzman görüşlerine bağlı olarak hesaplanan etki dereceleri dikkate alınarak matrisler yöntem aşamalarına göre oluşturulmuş alan kullanım tipleri için öncelik sıraları belirlenmiştir.

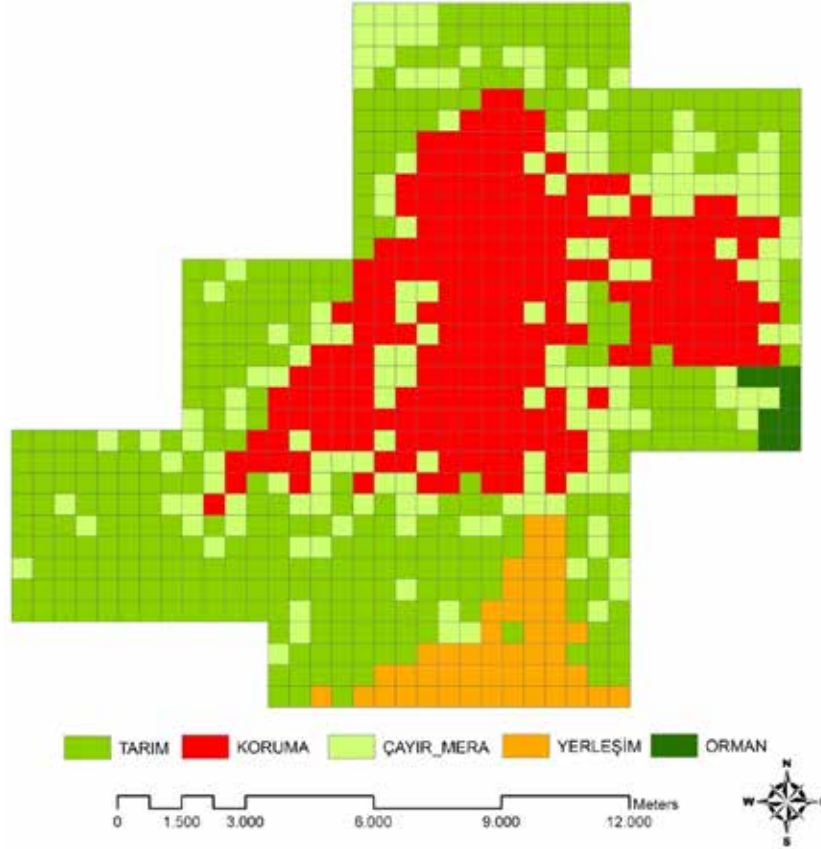


a. Arazi kabiliyet yetenek sınıfları, b. Toprak derinliği, c. Mevcut alan kullanımları, d. Büyük toprak grupları, e. Erozyon durumu, f. Eğim grupları, g. Jeolojik yapı, h. Bakı grupları, i. Hidrolojik yapı.

Şekil 3. Çalışma alanına ait sayısal haritalar

Yöntem 789 plankarede ayrı ayrı olacak şekilde uygulanmış ve çalışma amacı olan peyzaj deseni ortaya konulmuştur. Plankarelerde öncelikli alan kullanım

tiplerini ve peyzaj desenini gösteren harita Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Öncelikli alan kullanım tiplerine bağlı peyzaj deseni

SONUÇ

Uygulanan yöntem sonucunda 789 adet plankarenin 223'ünde koruma alanları (% 28), 341 plankarede tarım alanları (% 44), 168 plankarede çayır-mera alanları (% 21), 49 plankarede yerleşim alanları (% 6) ve orman alanları 8 plankarede (% 1) öncelikli alan kullanımları olarak belirlenmiştir. Bu durum çalışma alanının temel olarak tarım ve koruma amaçlı kullanılması gerektiğini göstermektedir. Koruma amaçlı olarak Erzurum Bataklığı diye adlandırılan sulak alan ve çevresinin ekolojik yapısının bozulmaması ve korunması gerekliliği bu çalışmada ortaya konulmuştur. Önemli kuş göç yolu üzerinde bulunan bu alanın kuşların beslenmeleri, barınmaları, dinlenmeleri ve üremeleri için ortam özelliği gösterdiğinden koruma önceliğinin planlamalarda dikkate alınması son derece önemlidir.

Mevcut alan kullanımında Erzurum Havaalanı olarak kullanılan alanın ekolojik açıdan tarımsal faaliyetler için birinci öncelikli alan olma özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum planlamadan kaynaklanan yanlış alan kullanımları için belirgin bir örnektir. Ayrıca çalışma alanında birinci önceliğin tarım ve koruma olması gereken alanlar üzerinden çevreyolunun geçmiş olması yanlış alan kullanımının katlanarak büyüdüğünün bir diğer örneğidir. Bu durum ekolojik açıdan gerek tarımsal nitelikli ve gerekse koruma amaçlı alanlar üzerinde ciddi kirlilik ve çevresel baskı oluşturarak, ekolojik süreçlere direkt etki eden bir yapı sergilemektedir.

Elde edilen peyzaj deseni genel olarak değerlendirildiğinde, alanın sırasıyla tarım, koruma ve çayır-mera ağırlıklı bir alan kullanım tipi

göstermektedir. Yakutiye ilçesi sınırları dahilinde kentsel gelişme için ayrılabilir alanlar hiç yok denecek kadar (% 1) azdır.

Çalışma alanında ekolojik süreçler açısından tüm kullanım alternatifleri tükenmeden yerleşim amaçlı planlamaların yapılmaması gerekir. Aksi takdirde bu süreçler kentsel baskının var olan etkisinin daha fazla artması gibi ciddi geri dönülmez sonuçları ile karşı karşıya kalacaktır. ÇKKV tekniklerinden TOPSİS

yöntemi ve ekolojik süreçleri dikkate alan çalışmaların önemi vurgulanarak, çalışma alanı özelinde peyzaj deseni belirlenmiştir.

Elde edilen veriler ve sonuçların yerinde yapılan değerlendirme ve gözlemlene çalışmalarının neticesinde, TOPSİS yönteminin gerek peyzaj planlama gerekse diğer planlama çalışmalarında, kullanılabilirliğinin oldukça yüksek olduğu bu çalışmada tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akpınar N, 1994. Açık Kömür Ocaklarında Çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve Doğa Onarımı Çalışmalarının Milas-Sekköy Açık Kömür Ocağı Örneğinde İrdelenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara
- Akpınar N, 2003. Sürdürülebilir Alan Kullanım Planlamasında Alan Kullanım Tiplerine ait Önceliklerin Simos Prosedürü ve Electre-1 Yöntemi ile Belirlenmesi, Ankara Üniv. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(2), s.234-242, Ankara
- Altaban Ö, 1996. Kentsel Çevre Araştırmalarında Uluslararası Yaklaşımlar Üzerine, Çevre Planlama ve Tasarımına Bütüncül Yaklaşım Sempozyumu, 26-28 Kasım, s.143-160, Ankara
- Altan T, 1991. Ekolojik Riziko Analizi ve Turizm Planlaması, Turizm ve Çevre Konferansı, T.Ç.S.V. Yayını, Önder Matbaası, 3-5 Ekim 1990, s:75-99, Ankara
- Anonim, 2013. Cihan Haber Ajansı. <https://www.cihan.com.tr/tr/sulak-alanlar-kurumlasina-ragmen-kuslar-erzurum-ovasiniterketmedi-1080042.htm>, (Erişim tarihi: 11 Aralık 2015)
- Anonim, 2015. Doğa Derneği İnternet Sayfası. http://www.dogaderneği.org/wp-content/uploads/2015/09/09_DOGU_ANADOLU.pdf, (Erişim tarihi: 12 Aralık 2015).
- Anonim, 2016. Gate of Turkey. <http://www.gateofturkey.com/section/tr/318/5/doga-turizmi-kus-gozlemciligi-firat-havzasi#prettyPhoto>, (Erişim tarihi: 05 Ocak 2016)
- Ayhan ÇK, Hepcan Ş, 2009. Özgün Peyzaj Karakteristiklerine Sahip Mekanlara Yönelik Bir Peyzaj Planlama Yönteminin Ortaya Konulması, Tekirdağ Zir.Fak.Dergisi 6(1), s.93-105, Tekirdağ
- Cheng S, Chan CW, Huang GH, 2002. Using Multiple Criteria Decision Analysis for Supporting Decisions of Solid Waste Management, Journal of Environment Science Health, Vol. 37, No. 6, s. 975-990.
- Janko W, Bernroider E, 2005. Multi-Criteria Decision Making: An Application Study of ELECTRE and TOPSIS, 1-36,
- Karaelmas O, 2003. Çerkes Havzasının Optimal Alan Kullanımının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara
- Kırımhan S, 2005. Çevre Yönetimi, Nüfus, Kaynak, ve Çevre İlişkileri, Turhan Kitabevi, Çevre Yönetimi Dizisi:1, ISBN: 975- 270-859-5, Ankara
- Malczewski J, 2004. GIS Based Land use Suitability Analysis: A Critical Overview, Progress in Planning 62, p.3-65.
- OSİB, 2015. <http://bolge13.ormansu.gov.tr/13bolge/AnaSayfa/sulakalan/erzbataklık.aspx?sflang=tr>, (Erişim tarihi: 10.Aralık 2015)
- Özcan H, 1991. Çukurova Bölgesi Narenciye Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana
- Özkan Ö, 2007. Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi: AHP, Electre ve Topsis Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı İnsan Kaynakları Programı Yüksek Lisans Tezi, S.180, İzmir
- Sezer H, Saatçioğlu ÖY, 2008; Düzenli Hat Deniz Taşımacılığında Nakliye Müteahhidinin Gemi Operatörü Seçimine Çok Kriterli Karar Destek Yaklaşımı, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt: 10, Sayı:4, 2008
- Şahin Ş, 1996. Dikmen Vadisi Peyzaj Potansiyelinin Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara
- Tong LI, Wang CH, Chen CC, Chen CT, 2004. Dynamic Multiple Responses by Ideal Solution Analysis, European Journal of Operational Research, Vol. 156, s. 433-444.
- Yılmaz S, 1998. Erzurum Ovasının Optimal Alan Kullanımının Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum

Tarım İşletmelerinde Örgütlenme Durumuna Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi: Erzurum İli Örneği

Mehmet Muhammed SARI¹, Murat KÜLEKÇİ¹

ÖZET: Bu çalışmada, Erzurum İli tarım işletmelerinin tarımsal örgütlenme durumuna etki eden faktörlerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla Aziziye, Aşkale, Çat, Horasan ve İspir ilçelerinde bulunan toplam 15 köyde oransal örnekleme yöntemine göre bulunan 139 işletmeci ile anket yapılmıştır. İncelenen işletmelerde tarımsal örgütlenmeye etki eden faktörleri belirlerken sıralı logit modeli kurulmuş ve modele göre tarımsal örgütlenmeye etki eden faktörler belirlenmiştir. Kurulan modelde bağımsız değişkenler; ilçeye uzaklık, il'e uzaklık, işletmecinin eğitim durumu, aile nüfusu, ilçeye gidiş sıklığı ile gidiş sıklığı, internet kullanımı, tarımsal desteklerden yararlanma durumu, tarım dışı gelir, tarımsal gelir, hayvan varlığı, tecrübe, gazete okuma durumu olarak sıralanmaktadır. Buna göre incelenen işletmelerde il'e uzaklık, işletmecinin eğitim seviyesi, tarımsal desteklerden yararlanma, hayvan varlığı, işletmecinin tecrübesi ve gazete okuma oranı arttıkça tarımsal örgütlere üye olma oranının arttığı belirlenmiştir. Şehir merkezine uzak yerlerde kooperatif ve birlikler kurulmasının teşvik edilmesi, tarımla uğraşan kişilere bilgi ve beceri artırıcı eğitimlerin verilmesi, tarımsal desteklerin tarımsal örgütler vasıtasıyla dağıtılması ve artırılması, ticari karakterde işletmelerin kurulması gibi alınacak tedbirlerle tarımsal örgütlenme oranının artacağı tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erzurum, sıralı logit, tarımsal örgütlenme

Situation of Farmers' Cooperation and Determination of Factors Affecting Cooperation: Case Study of Erzurum Province

ABSTRACT: In this study, we aimed at determining the factors affecting agricultural cooperation in Erzurum province. 139 farmers in 15 villages were surveyed through Proportional Sampling Method, covering Aziziye, Aşkale, Çat, Horasan and İspir districts. Ordered logit model was used to determine influences of factors that affect agricultural cooperation. Independent variables in the model are selected as distance to district, distance to province, education level of farmers, family size, frequency of visit to district, frequency of visit to province, internet use, utilizing agricultural supports, non-agricultural income, agricultural income, animal asset, experience and newspaper reading situation. As a result, as distance to province, education level, utilization of supports, animal asset, experience and newspaper reading rates increase, tendency of being a member of cooperation rises. As for conclusion, promoting to found cooperatives and unions in far places from province, providing trainings and extension services to farmers, distributing agricultural supports through cooperatives and unions, encouraging farms to be more commercial units are thought to be important to increase the willingness of cooperative and union membership among farmers.

Keywords: Agricultural cooperation, Erzurum ordered logit,

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mehmet Muhammed SARI, mehmet.sari@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Hızlı sanayileşmeyle birlikte ekonomide sağlanan gelişmelere rağmen Türkiye’de tarım halen önemini korumaktadır. Toplam nüfusun % 19.32’si (5.154 bin kişi) tarımla uğraşmakta, gayrisafi milli hasılanın % 8’i tarımdan elde edilmektedir (TÜİK, 2016). Tarımın ülke ekonomisine yaptığı katkının yanı sıra zorunlu gıda maddeleri ve sanayi için gerekli hammaddeleri üretmesi, nüfusun büyük bir bölümünü istihdam etmesi stratejik önemini ortaya koymaktadır.

Sektörde yaşanan gelişmeler üretici ve tüketicileri doğrudan etkilemektedir. Gıda güvencesi gibi yeri dolduramaz rolünün yanı sıra tarım, kırsal alanda sağladığı istihdam ve yarattığı gelir ile köyden kente göçü engelleyici etki yapmaktadır. Ayrıca tarım sektörü, diğer sektörlerle göre daha az gelir getirmesi, buna karşın daha büyük bir stratejik öneme sahip olması nedeniyle bu sektörün desteklenmesi gerekli görülmektedir (Topcu, 2008). Bu ekonomik ve sosyal etkileri göz önünde bulundurularak geçmişten beri tarım tüm ülkelerde desteklenir hale gelmiştir. Ülkelerin tarımı destekleme felsefesi altında yatan haklı sebepler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde küçük aile işletmelerinden oluşan tarım işletmelerinin aleyhine olan bazı koşulların da oluşmasına sebep olmuştur. Özellikle doğrudan yapılan devlet desteğini, işletmesini geliştirme ve gelirini artırma amacıyla değerlendiremeyen çoğu küçük işletme, rekabet edemeyen, yok olmaya mahkûm işletmeler haline dönüşmüştür. Ancak, sosyal ve ekonomik faktörler göz önüne alındığında, küçük tarım işletmeleri de desteklenmeli ve üretimlerine devam etmeleri sağlanmalıdır (Şahin ve ark., 2001). Bu desteklerin etkili olanı dolaylı olarak yapılan destekler olup, yapısal sorunlar başta olmak üzere tarımsal üretimin önündeki sorunların giderilmesine yönelik desteklerdir (Giray ve ark, 2004).

Türkiye’de tarım sektörünün önündeki en büyük yapısal sorunlarından birisi, tarım işletmelerinin genellikle küçük ölçekli işletmeler olması ve rekabetten uzak olarak, pazar için üretimden ziyade kendi tüketimini karşılayan işletmelerden oluşmasıdır. Küçük ölçekli işletmelerin gelişmesi ve nihayetinde kârlılığını artırmak için örgütlenme büyük önem arz etmektedir. Böylece örgütlenme sağlanarak işletmelerin girdilerini uygun miktar ve kalitede sağlaması, elde ettiği ürünü

ise değerinde pazarlaması mümkün olabilmektedir. Valentinov (2005)’a göre, küçük ölçekli tarım işletmeleri, tarımsal örgütler aracılığıyla; pazarlama, satın alma ve pazarlık gücünü artırmaktadırlar. Bu nedenle, tarımsal örgütler desteklenerek ve teşvik edilerek yaygınlaştırılmalıdır. Böylece, tamamına yakını küçük işletme olarak değerlendirilen işletmeler daha kârlı, daha üretken ve daha verimli hale getirilebilir.

Tarımsal işletmelerin tarımsal örgütlere üye olmaları için etkili olan, gerek işletmenin gerekse işletmecinin özelliklerinden oluşan faktörlerin bilinmesi, tarımsal üretimde örgütlenmeyi artırmak için politika yapıcıların alacağı kararlara ışık tutacaktır.

Bu çalışmada Erzurum ili tarım işletmelerinin örgütlenme durumuna etkili olan faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Yapılan bu çalışmanın ana materyalini, Aziziye, Aşkale, Çat, Horasan ve İspir ilçelerinde çiftçilerle yüz yüze yapılan anket çalışmalarıyla elde edilen birincil veriler oluşturmaktadır. Ayrıca Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Erzurum İl Müdürlüğü’nden elde edilen gerek anket yapılacak bölge hakkındaki bilgiler, gerekse il hakkındaki istatistiki bilgiler, FAO ve TÜİK verileri ve yapılan diğer yerli ve yabancı çalışmalar ikincil veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Örnek hacminin belirlenmesi

Bu çalışmada veriler anket yapılarak doğrudan çiftçilerden elde edilmiştir. Anketler; Aziziye, Aşkale, Çat, Horasan ve İspir ilçelerinde yer alan ve her bir ilçe sınırlarında, coğrafi konumları dikkate alınarak ve en iyi şekilde temsil edeceği düşünülen üçer tane köy gayeli olarak belirlenmiştir. Toplam 15 köyde yer alan işletmelerden anket yapılacak işletme sayısı oransal örnekleme metodu kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Formülde:

n : Örnek hacmini, N : Çalışma yapılan ilçelerdeki toplam işletme sayısını (1080), σ^2_{px} : Varyansı, p :

Kooperatif veya birlik üyesi işletmelerin oranını (Maksimum örnek hacmine ulaşmak için $p=0,5$ olarak alınmıştır) göstermektedir.

Bu yöntemle örnekleme yapılarak, % 8 güven aralığında ve % 95 önem seviyesinde, örnek hacmi 139 olarak bulunmuştur.

Veri analiz yöntemi

Çalışmada elde edilen verilerin ışığında çiftçilerin tarımsal örgütlere üye olma durumlarına etki eden sosyo-ekonomik faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu yüzden tarımsal örgütlere üye olma durumu bağımsız değişken olup hiçbir tarımsal örgüte üye olmayan, bir tarımsal örgüte üye olan ve 2 ve daha fazla tarımsal örgüte üye olanlar olmak üzere tarımsal örgütlenme durumu 3 kategoriye ayrılmıştır. Bağımlı değişkenler ise çiftçi ve işletmeye ait sosyo-ekonomik faktörlerden oluşmaktadır. Bağımlı değişken, (0,1,2,..j) olarak sıralı ve değişken değerlere sahip olacaktır. Normal regresyonun böyle bir modelde yanlı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir (Aksoy ve ark., 2011). Bağımlı değişkenin ikiden fazla olduğu ve bu değişkenler arasında doğal bir sıralamanın mevcut olduğu durumlarda sıralı probit ve sıralı logit modellerinin kullanılması uygundur (Abdel and Mohamed, 2001). Bu yüzden çalışmada lojistik dağılım dikkate alınarak, sıralı logit model kullanılmış ve veri analizleri yapılmıştır.

Sıralı logit modelinde, gözlenebilen değerlerin yanı sıra gözlenemeyen, sürekli bir gizli değişken

vardır (Gündüz ve Emir, 2010). Gizli değişken, açıklayıcı değişken ve hata terimi ile açıklanmaktadır. Kooperatif ve birliklere üye olma durumuna ve üye olunan kooperatif, birlik sayılarına göre belirlenen bağımlı değişken (0, 1, 2) şeklinde gösterilmektedir:

0: Kooperatif ve birlik üyesi olmayan işletmeler

1: Yalnızca bir kooperatif veya birlik üyesi olan işletmeler

2: İki ya da daha fazla kooperatif ve/veya birlik üyesi olan işletmeler

y ve gizli bağımlı değişken y' arasındaki ilişki şöyledir;

Eğer $y' \leq 0$ ise $y = 0$

Eğer $0 < y' \leq \mu_1$ ise $y = 1$

Eğer $1 < y' \leq \mu_2$ ise $y = 2$

Sıralı logit modelinde, 3 farklı bağımlı değişkenin seçilme olasılığı aşağıdaki formüllerde verilmiştir. μ değerleri $0 < \mu_1 < \mu_2$ şeklinde sıralanır ve Φ kümülatif normal dağılım fonksiyonunu ifade etmektedir.

Sıralı logit modelindeki değişkenlerin, maksimum olabilirlik yöntemiyle doğrudan yorumlanması doğru olmayacaktır (Akbağ ve ark., 2007).

Olasılıklar üzerindeki marjinal etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Olasılıklar üzerindeki marjinal etkilerin belirlenebilmesi için aşağıdaki formül kullanılacaktır (Greene, 1997).

$$\frac{\partial P(y=0)}{\partial x_k} = -\Phi(\beta'x)\beta$$

$$\left(\frac{\partial P(y=1)}{\partial x} \right)_{k=1} = \left\{ \Phi(-\beta'x) - \Phi(\mu_1 - \beta'x) \right\} \beta$$

$$\frac{\partial P(y=1)}{\partial x_k} = \Phi(\mu_1 - \beta'x)\beta$$

(Hosmer et al., 2000). Sıralı logit modelin formülü aşağıdaki gibidir;

$$y^* = \sum_{k=1}^k \beta_k x_k + \varepsilon$$

Burada x_i bağımsız değişkenler vektörüdür ve ε hata terimidir. y^* ise gizli y 'dir.

$$y = m \text{ ise } r_{m-1} \leq y^* < r_m \quad m = 1 \dots j \text{ (r'ler eşik değerleridir)}$$

Gözlenen y değeri ve y^* değeri arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir;

$$y = \begin{cases} 0 & \text{Eğer } r_0 = -\infty \leq y_i^* < r_0 \\ 1 & \text{Eğer } r_1 = r_0 \leq y^* < r_1 \\ 2 & \text{Eğer } r_2 = r_1 \leq y^* < r_2 \end{cases}$$

Sıralı logit modelinde j tane kategori olduğunda, olasılık denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned} \text{Pr ob}(y = 0) &= L \left(-\sum_{k=0}^k X_k \beta_k \right) \\ \text{Pr ob}(y = 1) &= L \left(r_2 - \sum_{k=0}^k X_k \beta_k \right) - L \left(-\sum_{k=0}^k X_k \beta_k \right) \\ \text{Pr ob}(y = j) &= 1 - L \left(r_{j-1} - \sum_{k=0}^k X_k \beta_k \right) \end{aligned}$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

İncelenen işletmelerde örgütlenmeye etki eden faktörleri belirlemek amacıyla kurulacak olan modelde (sıralı logit modeli) bağımlı değişken olarak modele

dahil edilen tarımsal örgütlere üyelik durumu 3 kategori altında incelenmiştir. Y_0 , hiçbir tarımsal örgüte üye olmayanları gösterirken, Y_1 , 1 tarımsal örgüte üye olanları ve Y_2 , 2 ve daha fazla tarımsal örgüte üye olanları göstermektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bağımlı değişken dağılımı

Bağımlı Değişken	Sayı	%
Y=0 Herhangi bir örgüte üye değil	65	46.76
Y=1 Bir örgüte üye	45	32.38
Y=2 İki ya da daha fazla örgüte üye	29	20.86
Toplam	139	100.00

İşletmelerin % 46.76'sı herhangi bir tarımsal örgüte üye olmadığı, % 32.38'inin bir tarımsal örgüte üye olduğu ve % 20.86'sının ise 2 ve daha fazla tarımsal örgüte üye oldukları belirlenmiştir.

İncelenen işletmelere ait değişkenlerin istatistikî özetleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede bağımsız değişkenler arasındaki çoklu eş doğrusallık probleminin

olup olmadığını görebilmek için Varyans Şişirme Faktörü (VIF) değerleri de gösterilmiştir. Bu değer 10'dan küçük olması bağımsız değişkenleri arasında bu sorunun olmadığını göstermektedir (Neter et al., 1990). Bu durumda, modelde kullanılan bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununun olmadığı görülmektedir.

Çizelge 2. İncelenen işletmelere ait tanımlayıcı istatistik özetleri

Değişken	Değişken Açıklaması	Ortalama	Standart Sapma	VIF Değeri
Y	Bağımlı Değişken(0= Hiç 1= Bir Kooperatif veya Birlik Üyeliği 2= İki veya Daha Fazla Kooperatif ve/veya Birlik Üyeliği)	0.741	0.783	0.000
İLÇU	İlçe Merkezine Uzaklık (0= İlçe Merkezine Uzaklık≤15 km, 1= İlçe Merkezine Uzaklık>15 km)	0.203	4.364	1.289
İLUZ	İl Merkezine Uzaklık (0= İl Merkezine Uzaklık≤65 km, 1= İl Merkezine Uzaklık>65 km)	0.460	0.500	1.562
EĞT	Eğitim Durumu (0= Eğitim Durumu≤ Ortaokul, 1= Eğitim Durumu> Ortaokul)	0.475	0.501	1.472
ANUF	Aile Nüfusu (0= Aile Nüfusu ≤ 4, 1= Aile Nüfusu>4)	0.460	0.500	1.123
İLÇGİT	İlçeye Gidiş Sıklığı (0= İlçe Merkezine Gidiş Sıklığı ≤ 10/ay, 1= İlçe Merkezine Gidiş Sıklığı>10/ay)	0.259	0.440	1.265
İLGİT	İl Merkezine Gidiş Sıklığı (0= İl Merkezine Gidiş Sıklığı ≤ 3/ay, 1= İl Merkezine Gidiş>3)	0.417	0.495	1.801
İNT	İnternet Kullanımı (0= Kullanmıyor, 1= Kullanıyor)	0.417	0.495	1.628
DES	Desteklemelerden Faydalanma (0= Faydalanmıyor, 1=Faydalanıyor)	0.496	0.502	1.600
TDG	Tarım Dışı Gelir (Tarım dışı gelir yok ise 0, var ise 1)	0.741	1.044	1.163
TG	Tarımsal Gelir (Tarımsal Gelir ≤ 20000 TL/yıl, 1= Toplam Gelir > 20000 TL/yıl)	0.453	0.500	2.003
HV	Hayvan Varlığı (BBHB)	18.343	20.024	2.510
TEC	Tecrübe (0= Tecrübe≤20 yıl, 1= Tecrübe>20 yıl)	0.604	0.491	1.228
GAZ	Gazete Okuma Durumu (0= Okumuyor, 1= Okuyor)	0.561	0.498	1.240

Çalışmada sıralı probit ve sıralı logit modeller bizim amacımıza ulaşabilmemiz için kullanabileceğimiz ve literatürde de rastlanan iki alternatif yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıralı logit yöntemini bağımlı ve bağımsız değişkenlerimize uyguladığımızda elde ettiğimiz sonuçlar Çizelge 3'te görülmektedir.

Sıralı logit modelin determinasyon katsayısına (R^2) baktığımızda (0.313) olduğu görülmektedir. Bu katsayı bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni % 31.3 oranında açıkladığını göstermektedir. Her ne kadar determinasyon katsayısı düşük olarak görülsede yatay kesit verileri için katsayı büyüklüğünün bu seviyelerde olması normal olarak görülmektedir.

Çizelge 3. Sıralı logit modeli

Model	Sıralı Logit	
	Değişkenler	Katsayı
Sabit	-3.801***	0.922
İLÇU	0.008	0.050
İLU	1.286**	0.540
EĞT	1.362***	0.463
ANUF	0.407	0.417
İLÇGİT	-0.310	0.497
İLGİT	0.007	0.515
İNT	-0.650	0.515
DES	0.816*	0.456
TDG	-0.161	0.192
TG	0.763	0.518
HV	0.075***	0.018
TEC	0.837*	0.436
GAZ	0.900**	0.431
M	2.582***	0.364
Loglikelihood (χ^2)	91.141***	
R ²	0.313	

*, ** ve *** istatistiksel olarak sırasıyla % 10, % 5 ve % 1 düzeylerinde anlamlıdır

Likelihood Oranı testine bakıldığında modelin % 1 düzeyinde anlamlı olduğunu ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamada kurulan modelin uygun olduğu anlamı çıkmaktadır.

Parametrelerin önem seviyeleri ve işaretlerinin anlamlılığına bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunan parametrelerin değerlerinin işaretleri beklenen yöndedir.

Kurulan modelde R² değeri ve anlamlı değişkenler ile bu değişkenlerin önem seviyesinin yanı sıra bağımsız değişkenlerin birim etkileri, sıralı logit modeline göre hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

Aşağıdaki çizelgede, sıralı logit modelinin birim etkileri verilmiştir. Birim etkiler bağımlı değişkenin; Y=0, Y=1 ve Y=2 olduğu durumlara göre hesaplanmıştır. Modelde anlamlı olan değişkenlerin, birim etkilerine bakıldığında İl merkezine olan uzaklık

1 birim arttığında hiçbir örgüte üye olmama ihtimali % 29.7 azalırken, bir ve birden fazla örgüte üye olma durumu sırasıyla % 17.2 ve % 12.5 oranında artmaktadır. Eğitim durumu, modelde kukla değişkeni olarak yer almıştır ve ilköğretim ve daha düşük eğitim seviyesi 0 iken, ortaokul ve üzeri eğitim seviyesi 1 olarak yer almıştır. Ortaokul ve üzeri eğitim seviyesine sahip olan işletmecilerin hiçbir örgüte üye olmama durumu, diğerlerine göre % 31.5 daha azken, bir örgüte üye olma durumu % 18.3, iki ya da daha fazla örgüte üye olma durumu ise % 13.2 oranında daha fazladır. Desteklemelerden faydalanan çiftçilerin hiçbir örgüte üye olmama durumu faydalananlara göre % 19.4 daha azken, bir örgüte üye olma durumu % 11.8 oranında, iki ya da daha fazla örgüte üye olma durumu % 7.5 oranında daha fazladır. Hayvan varlığının bir birim artması, hiçbir örgüte üye olmama durumunu % 1.8 azaltırken, bir örgüte üye olma durumunu %

1.1 oranında, iki ya da daha fazla örgüte üye olma durumunu ise % 0.7 oranında artırmaktadır. Tecrübe değişkeni modelde kukla değişken olarak yer almıştır ve 20 yıl üzeri 1 değeri alırken, 20 yıl ve altı 0 değeri almıştır. 20 yıl üzeri tecrübeye sahip olan çiftçilerin hiçbir örgüte üye olmama durumu % 20.2 daha azken, bir örgüte üye olma durumu % 12.9, iki ya da

daha çok örgüte üye olma durumu % 7.2 daha fazla bulunmuştur. Gazete okuma durumu da modelde anlamlı bulunmuştur.

Gazete okuyan çiftçilerin hiçbir örgüte üye olmama durumu diğerlerine göre % 21.5 daha azken, bir ve birden fazla örgüte üye olma durumu sırasıyla % 13.5 ve % 8 daha fazladır.

Çizelge 4. Sıralı logit modelinde örgütlenmeye etkili faktörlerin marjinal etkileri

Değişkenler	Prob ^a (Y=0)	Prob ^b (Y=1)	Prob ^c (Y=2)
İLÇU	-0.002	0.001	0.001
İLÜ	-0.297**	0.172**	0.125**
EĞT	-0.315***	0.183***	0.132**
ANUF	-0.097	0.060	0.038
İLÇGİT	0.075	-0.049	-0.027
İLGİT	-0.002	0.001	0.001
İNT	0.157	-0.099	-0.057
DES	-0.194*	0.118*	0.075
TDG	0.039	-0.024	-0.015
TG	-0.180	0.108	0.072
HV	-0.018***	0.011***	0.007***
TEC	-0.202*	0.129*	0.072*
GAZ	-0.215**	0.135**	0.080**

^a“Y=0” en düşük örgüt üyeliğini (hiç), ^b“Y=1” az örgüt üyeliği, ^c“Y=2” yüksek düzeyde örgüte üyeliği ifade etmektedir

SONUÇ

Araştırma bölgesindeki çiftçilerin tarımsal örgütlere üye olmalarına etki eden faktörler, kurulan sıralı logit model ile belirlenmiş olup model sonucunda elde edilen bulgulara göre istatistiksel olarak önemli bulunan değişkenlere göre yapılan çıkarımlar aşağıda yer almaktadır. Buna göre:

İl merkezine uzaklığın, örgütlenmeye etkisinin olduğu bulunmuştur. Bu etki pozitif olmakla birlikte, il merkezine uzaklık arttıkça örgütlenme eğiliminin arttığı sonucuna varılmıştır. İl merkezine

daha uzak yerlerde yaşayanların, bilgi ve yardım almak, kooperatif ve birliklerin vermekte olduğu diğer hizmetlerden faydalanmak, girdi temin etmek gibi nedenlerden dolayı kooperatif ve birliklere, il merkezine yakın olan çiftçilerden daha çok ihtiyaç duydukları düşünülmektedir. Özellikle, şehir merkezine uzak yerlerde kooperatif ve birliklerin kurulması teşvik edilmeli, böylece tarımsal örgütlere olan ilgi artırılmalıdır.

Eğitim seviyesi, çiftçilerin tarımsal örgütlere üye olmasını etkileyen en önemli faktörlerden birisi olarak bulunmuştur. Eğitim seviyesi yükseldikçe, çiftçilerin

örgütlenme eğilimleri artmaktadır (Terin ve Çelik, 2010). Bir başka çalışmada, Wang et al. (2011) de eğitim seviyesinin, örgütlere üye olmada en önemli faktörlerin başında geldiğini belirtmiştir. Kırsal alanda eğitime verilen önem artırılmalıdır. Böylece, çiftçilerin örgütlenme düzeylerinin de artacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yapılacak yayım çalışmaları ile tarım sektörünün yapısal sorunları da çözüme kavuşacaktır (Gül ve Tatlıdil, 2012).

Tarımsal destekleme politikaları hemen tüm dünya ülkeleri tarafından, tarım sektörünün sürekliliğini sağlamak, kırsal alanları ve çiftçileri korumak amacıyla uygulanmaktadır. Özellikle 2000'li yıllardan sonra, çeşitli tarımsal destekler kooperatif ve birlikler aracılığıyla üreticilere dağıtmaya başlamıştır (Çamoğlu ve ark., 2012). Bu da kooperatif ve birliklerin yaygınlaşması ve üye sayılarının artmasına yardımcı olmuştur. Desteklemeler artırılarak ve birlikler ve kooperatifler aracılığıyla üreticilere dağıtılarak, tarımsal örgütlenme yaygınlaştırılabilir. Böylece çiftçilerin kalkınması ivme kazanabilir.

Hayvancılık, özellikle büyükbaş hayvancılık Erzurum tarımında önemli bir yere sahiptir. Bölgenin iklim ve topoğrafyası dikkate alındığında, hayvancılık alternatifi olmayan bir gelir kaynağıdır (Günlü ve ark., 2006). Bu nedenle, işletme sermayesinin önemli bir kısmı da hayvan varlığından oluşmaktadır. Hayvan varlığının önemli olmasının yanı sıra, örgütlenme durumunu da pozitif olarak etkilediği modelde bulunmuştur. Başka bir ifadeyle, hayvan sayısı çok olan işletmelerin örgütlenme eğilimi daha fazladır. Karaturhan ve ark. (2014)'de çalışmalarında hayvan varlığı daha çok olan işletmelerin, birliklerden daha fazla yararlandığı ve daha faydalı bulunduğu sonucuna varmıştır. Tarım işletmelerinin örgütlenmesi ve örgütlerden daha iyi yararlanması için işletmelerin büyümesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Erzurum ili daha çok hayvancılığın ön plana çıktığı bir il olması nedeniyle hayvan sayısının artması örgütlenmeyi artırmaktadır. Bitkisel üretimin ön plana çıktığı başka bir ilde yapılacak böyle bir çalışmada işlenen alan miktarı örgütlenmeye etki edecektir. Bu nedenle hayvan sayısının artmasının örgütlenme üzerine olan olumlu etkisini değerlendirirken. Genel olarak büyük işletmelerin örgütlenmeye daha meyilli olduğunu bu yüzden de büyük ve ticari karakterde işletmelerin kurulmasının teşvik edilmesi önerilebilir.

Tecrübe, beşeri sermaye unsurlarından biri olarak bilinmektedir. Bilgi, beceri ve dinamizm gibi diğer beşeri unsurlar ile birlikte ekonomik kalkınmaya katkı sağlamaktadır (Eser ve Gökmen, 2009). Ekonomik kalkınma için pozitif etkisinin olduğu düşünülen örgütlenme faaliyetlerinde de tecrübenin önemli bir yere sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle, çiftçilerin beşeri sermaye unsurlarını artırmaya yönelik çeşitli yayım çalışmaları, kurslar, özellikle de örgütlenmenin faydalarını görebilecekleri gezi programları düzenlemenin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Gazete okumak, gündem ve gelişmelerden haberdar olmanın, eğitim durumunun, iletişim durumunun bir göstergesidir. Gazete okumanın, örgütlenme üzerinde etkili olduğu ve bu etkinin pozitif olduğu ortaya konulmuştur. Başka bir ifadeyle, gazete okuyan çiftçiler, örgütlenmeye daha meyillidir. Bu bağlamda, kırsal alanlara sadece ekonomik olarak değil sosyal ve kültürel olarak da hizmetler götürülmelidir. Kırsal alanlarda yoksulluğun en önemli sebeplerinden birisi eğitim eksikliği olmakla birlikte, sosyal ve kültürel hizmetler götürülerek yoksulluğun önüne geçileceği düşünülmektedir (Yakışık ve Zülkifâr, 2013).

Tarımsal örgütlerin, işlerinde uzman kişiler tarafından profesyonelce yönetilmesinin örgütleri başarıya ulaştıracağı ve üyelerini daha çok memnun edeceği aşikârdır (Golovnia and Nilsson, 2009; Alkan ve Demir, 2013). Ayrıca, pazarlama ve finansman sorunları da tarımsal örgütlerin temel sorunları olduğu için bu konularda da örgütlerin finansman sorunlarını aşması gerektiği ve pazarlama kanallarını artırması gerektiği savunulmaktadır (Can ve Sakarya, 2012). Kooperatifçilik ilkelerinin uygulanması ve üst örgütlenmenin sağlanması da tarımsal örgütleri başarıya taşıyacak önemli faktörlerdir (Terin ve Çelik, 2010).

Kooperatif ve birliklerin, üyelerine yayım hizmeti sağlamaları gerekmektedir (Sayılı ve Adıgüzel, 2013). Bu sayede, üreticiler gerek tarımsal örgütlerin fonksiyonlarını ve faydalarını öğrenmek konusunda gerekse diğer tarımsal konularda yeterli bilgiye sahip olacak, tarımsal örgütleri kendi işletmeleri gibi benimseyecek ve bağlılıkları artacaktır. Ayrıca, tarımsal kooperatif ve birliklerin özendirilmesi için kamu spotları düzenlenerek örgütlenmenin faydaları konusunda çiftçiler bilinçlendirilebilir.

Sonuç olarak, tarımsal örgütlerin başarıya ulaşması ve ülke ekonomisine katkı sağlaması için çok yönlü çaba sarf edilmesi gerekli görülmektedir. Devlet tarafından uygulanan ve uygulanacak olan politikalar,

mutlaka tarımsal örgütleri dikkate alınmalıdır. Böylece tarımsal örgütlerin çiftçilerin ve kırsal alanların kalkınmasını hızlandıracakları öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Aty MA, 2001. Using ordered probit modeling to study the effect of ATIS on transit ridership. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 9(4), 265-277.
- Akbay C, Tiryaki GY, Gul A, 2007. Consumer characteristics influencing fast food consumption in Turkey. *Food Control*, 18(8), 904-913.
- Aksoy A, Kulekci M, Yavuz F, 2011. Analysis of the actors affecting the adoption of innovations in dairy farms in Erzurum Province, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6(13), 2966-2970.
- Alkan H, Demir E, 2013. Orman köylerinde kooperatifçiliğin gelişimine etki eden etmenler. *Turkish Journal of Forestry| Türkiye Ormanlık Dergisi*, 14(1), 1-9.
- Can MF, Sakarya E, 2012. Dünya ve Türkiye’de tarım ve hayvancılık kooperatiflerinin tarihsel gelişimi, iktisadi önemi ve mevcut durumu. *Vet Hekim Der Derg*, 83, 27-36.
- Chow GC, 1988. *Econometrics*. McGraw-Hill Book Company, 4th Printing, Singapore.
- Çamoğlu M, Yılmaz H, Gül A, Görgülü M, 2012. Kooperatifler Aracılığıyla Hayvan Dağıtımında Desteklenen Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Pazara Katılım Düzeyini Etkileyen Faktörlerin (Üreticiye ve İşletmeye Ait) Analizi: Adana İli Örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 18(1), 13-22.
- Eser K, Gökmen ÇE, 2009. Beşeri sermaye’nin ekonomik gelişme üzerindeki etkileri: Dünya deneyimi ve Türkiye üzerine gözlemler. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 1(2), 41-56.
- Giray F H, Akın A, Gün S, 2004. Kırsal Kalkınmada Yeni Perspektifler. *Türkiye VI. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 161-168.
- Golovina S, Nilsson J, 2009. Difficulties for the development of agricultural cooperatives in Russia: the case of the Kurgan region. *Journal of Rural Cooperation*, 37(1), 52.
- Greene WH, 1997. *Econometric Analysis*. New York University.
- Gül U, Tatlıdıl H, 2012. Hayvancılığa Yönelik Yürütülen Yayımlar ve Eğitim Faaliyetlerinde Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğinin Rolü. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(2), 64-67.
- Gündüz O, Emir M, 2010. Dondurulmuş gıda tüketimini etkileyen faktörlerin analizi: Samsun ili örneği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14(3), 15-24.
- Günlü A, Atasever M, Karakaya Y, 2006. Erzurum ili hayvancılığının yapısal özellikleri ve yakın gelecekteki durumu üzerine genel değerlendirme. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 1(3), 55-68.
- Hosmer DW, Lemeshow S, 2000. Introduction to the logistic regression model. *Applied Logistic Regression*, Second Edition, 1-30.
- Karaturhan B, Şevik T, Yıldız Ö, 2014. Yetiştirici birliklerinin tarımsal kalkınmaya etkileri üzerine bir araştırma: Edirne damızlık sığır yetiştiricileri birliği örnek olayı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2), 175-184.
- Neter J, Wasserman W, Kutner MH, 1990. *Applied statistical models*. Richard D. Irwin, Inc., Burr Ridge, IL.
- Sayılı M, Adıgüzel F, 2013. Tokat İli Merkez İlçede Tarım Kredi Kooperatiflerine Ortak Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 19(1), 103-116.
- Selim S, 2009. 2004 yılında Avrupa Birliği’ne aday olan ülkelerdeki eğitim sisteminden duyulan memnuniyet üzerine bir araştırma. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 10(2), 249-258.
- Şahin K, Gül A, Koç B, Dağıstan E, 2001. Adana ilinde entansif süt sığırcılığı üretim ekonomisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 11(2), 19-28.
- Terin M, Ateş HÇ, 2010. Çiftçilerin örgütlenme düzeyi ve örgütlerden beklentileri üzerine bir araştırma: Van ili örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(3), 265-274.
- Topcu Y, 2008. Çiftçilerin tarımsal destekleme politikalarından faydalanma istekliliğinde etkili faktörlerin analizi: Erzurum ili örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 205-212.
- TÜİK, 2016. Ulusal Hesaplar. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim Tarihi: 30 Mart, 2016).
- Valentinov VL, 2005. The organizational nature of agricultural cooperatives: a perspective from the farm problem theory. *Journal of Rural Cooperation*, 33(2), 139-151.
- Wang GT, Hu S, Kang KL, Wen YL, 2011. Analysis on the factors influencing farmers participate in forestry cooperation based on an empirical analysis of farmers in Beijing [J]. *Issues of Forestry Economics*, 2, 006.
- Yakışık H, Zulfikar BŞ, 2013. 2000 sonrası Türkiye’de kırsal ve kentsel yoksulluk: Kırsal yoksullukla mücadele uygulama örnekleri. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2).

Sebze Üreticilerinin Tarımsal Yayım Çalışmalarından Faydalanma Düzeyleri ve Karşılaştıkları Sorunlar: Diyarbakır Örneği

Songül AKIN¹, Vedat PİRİNÇ², Seval GÖKOVA², Abdurraman KARA²

ÖZET: Tarımsal yayım eğitimi, tarımsal üretimde toplam üretim miktarı, üretim deseninin çeşitlenmesi ve üretici gelirinin yükseltilmesi gibi hızlandırıcı fonksiyonlara sahiptir. Tarımsal yayımın konuları ve ilgi alanları dinamik ve çeşitlidir. Bu çalışmada Diyarbakır ilinde sebze üreticilerinin tarımsal yayım çalışmalarından faydalanma düzeyleri ve karşılaştıkları sorunların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada üreticilerin %39.1' i tarım teşkilatı ile irtibatlı olmadıkları görülmüştür. İrtibatlı olan % 60.6 üreticinin sadece % 11.9' unun bilgi almak için tarım teşkilatına gittiği görülmüştür. Tarım teşkilatına bilgi almak için giden üretici sayısı yüksek olmamakla birlikte üreticiler bilgi almak istedikleri kurumlar sıralamasında ilk sıraya %38.8 oranla ziraat fakültesini, ikinci sıraya %36.2 oranla tarım teşkilatını koydukları görülmüştür. Bu durum tarım teşkilatının eğitim yayım hizmetlerini etkin bir şekilde yerine getirmesi konusunda bir talebin var olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bilgi kaynakları, sebze üreticileri, tarımsal yayım

Beneficial Situation and The Problems of Vegetable Producers From Agricultural Extension: Diyarbakir Example

ABSTRACT: Education of agricultural extension has accelerated functions such as amount of total production, the diversification of production patterns and to raise the income producers in agricultural production. Agricultural extension topics and areas of interest is dynamic and diverse. This study is aimed to obtain the beneficial situation and the problems of vegetable producers in agricultural education and extension in Diyarbakir city. In this study, 39.1% of the producers did not related with agricultural ministry. The 11.9% producers in 60.0% those are related with agricultural ministry went to this institute to get information. And also this was obtained; while the high percentage of producers getting information from agriculture ministry, they want to get information firstly from agriculture faculty (38.8%) and secondly from agricultural ministry (36.2). This has been interpreted as the education of agricultural extension services organization exists to fulfill a requirement for effectively

Keywords: Agricultural extension, information resources, vegetable producers

¹ Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Diyarbakir, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Diyarbakir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Songül Akın, sakin@dicle.edu.tr

GİRİŞ

Bilindiği gibi bölgesel gelişmişlik ve tarımsal verim farklılıklarının azaltılmasında tarımsal yayım tüm dünyada etkin olarak kullanılan önemli bir araçtır. Tarımsal yayım tarım teknolojisinin yenileştirilmesi, gelirin yükseltilmesi ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi için kırsal halka eğitimsel bir süreç içinde yardımcı olan sistem olarak nitelendirilmektedir (Taluğ ve Tatlıdil, 1993). Tarımsal yayımın genel amaçları çağ ve ülke koşullarına göre çeşitlenmektedir, örneğin tarımsal verimliliğin artırılmasının yanında artık son yıllarda pazarlama olanaklarını geliştirmek, yurt içi tüketimi karşılamak ve dış satım olanaklarını geliştirmek için eğitim programları hazırlamak da yayımın amaçları arasındadır (Boz ve Candemir, 2007).

Tarım kırsal alanda gerçekleştirilen bir faaliyet olmakla birlikte etkileri ve ilişkisi birçok sektörle eklenmiştir. Tüm sektörlerde pazar ekonomisine geçiş ile birlikte pazarlama kavramı artık tarımsal problemlerin odağında yer almaya başlamıştır. Dolayısıyla birçok özelliği ve muhafaza koşulları zor olan tarımsal ürünlerin pazarlanmasında birçok aksaklıklarla karşılaşılması beklenmeyen bir sonuç değildir. Tarımsal yayımın, tarımsal teknoloji ve bilginin aracı olduğu düşünülürken pazarlamanın da yayımın içinde olduğu ortaya çıkmaktadır. Çiftçilerin teknik bilgileri sağladıkları kaynaklar itibariyle uygulamalarında yanlışlıklar, eksiklikler, aşırılıklar söz konusu olabilmektedir. Bazen de üreticilerin yayım ve teknik elemanlara ihtiyaç duymamasından veya onlara ulaşamamadan kaynaklanan sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalar kamusal yayımın zaman zaman üreticileri bilgilendirme konusunda yeterince etkili olmadığını göstermektedir (Özçatalbaş ve Sözer, 2002). Dolayısıyla tarımsal pazarlamaya yönelik yayımın da etkin olmadığını söylemek yanlış değildir. Bu durum, teknik elemanların bilgileri ve/veya yayım faydası konusunda üreticide olumlu bir kanaatin oluşturulamaması gibi birbiri içine geçmiş birçok sorundan kaynaklanmaktadır. Üretim tekniklerine yönelik yayım ne kadar önemliyse pazarlamaya yönelik yayım da o kadar önemlidir. Çünkü pazarlama üretime yön vermektedir. Tüketici tercihleri pazarlama olanakları, depolama ve standardizasyon gibi konularda üreticilerin bilgilendirilmesi ancak

tarımsal yayım ile mümkün olabilmektedir (Büyükbay ve Kızılaslan, 2008).

Bu çalışmada; Diyarbakır ve yöresinde sebze yetiştiriciliğinde önemli üretim değerlerine sahip ilçelerde karışık sebze üretimi yapan işletmeler, bu işletmelerde üretim yapan üreticilerin bilgi ve deneyim seviyeleri ve yörede sebze yetiştirme teknikleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın birincil kaynaklı verileri anket çalışmasıyla, ikincil kaynaklı verileri ise Diyarbakır Tarım İl Müdürlükleri verilerinden sağlanmıştır. İl müdürlüğü verilerinden yararlanılarak merkez ve ilçelerdeki kayıtlı karışık sebze üreticileri sayısının 780 kişi olduğu saptanmıştır. Araştırma sahası olarak yoğunluklu sebze üretimi yapılan Ergani, Çınar ve Merkez olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre sözü edilen çiftçilere uygulanması gereken anket sayıları;

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{(N * D^2 + Z^2 * P * Q)}$$
 formülü kullanılarak hesaplanmıştır

Bu formülde kullanılan harflere ait açıklamalar aşağıdaki gibidir.

$n =$ Örnek büyüklüğü

$Z =$ Güven katsayısı (% 95'lik güven için bu katsayı 1.96 alınmaktadır.)

$N =$ Ana kütle büyüklüğü

$P =$ Ölçmek istediğimiz özelliğin ana kütlede bulunma ihtimali (Çalışmamız çok amaçlı olmasından dolayı bu oran % 50 alınmıştır.)

$Q = 1 - P$

$D =$ Kabul edilen örnekleme hatası (Çalışmamız için % 07'lik bir örnekleme hatası ön görülmüştür.) (Çıngı, 1994).

Formülü kullanılarak belirlenmiş böylece örneklem büyüklüğü 156 kişi olarak hesaplanmıştır. Ancak daha güvenilir sonuçların elde etmek amacıyla örnek büyüklüğü 160 kişi olarak alınmıştır.

Bütün çiftçilerin anket kapsamına girme şansının eşit olduğu basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılarak anket uygulaması yapılmıştır. Elde edilen veriler, uygun bilgisayar programında, çok değişkenli

analiz tekniklerinden faydalanarak yorumlanmıştır. Ayrıca birbirleriyle ilişkisi olduğu düşünülen bazı sorular arasında cevapların cevapları arasındaki sıklıkların tespiti için Chi- Square Tests kullanılmıştır (Püskülcü ve İkiz,1986).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Demografik Özellikler

Üreticilerin, yoğunluklu olarak kümelendiği yaş aralığı sırasıyla; 31-40 yaş grubu (%27.5) ve 41-50 yaş grubu (%28.8) aralığı olmuştur (Çizelge1). Bu değer ankete katılanların %56.3'lük kısmını oluşturmaktadır. Üreticilerin %56.9'u ilköğretim mezunu, %28.8'i orta öğretim mezunu, %3.8'i yükseköğretim mezunu, %5.6'sının okuryazar olmadığı, %0.6'sının lisansüstü

öğrenim aldıkları görülmüştür. Kırsal alanda nüfusun tamamına yakını ya tarım veya tarıma dayalı faaliyetlerden geçimini sağlamaktadır. Kırsal alanlarda toprak yapısı ve toprak dağılımındaki dengesizliklerden dolayı ekonomik faaliyetler genelde tarımsal olmakla birlikte bölgeden bölgeye farklılaşmalar söz konusu olabilmektedir. Üreticilerin geçim kaynakları sorgulandığında %92.5'nin tarımsal faaliyet ile geçimlerini sağladıkları görülmüştür. %3.8'i mevsimlik tarım işçiliği, %3.1'inin tarım dışında işçilik, %0,6'sının ise memurlukla geçimlerini sağladıkları tespit edilmiştir (Çizelge 1). Üretici profiline bir göstergesi olarak üretici örgütleri içerisinde olup olmama önemli bir niteliklidir. Üreticilerin %92.5'nin köylerinde kooperatif olmadığı görülmüştür. Üreticilerin %87.5'nin hiçbir üretici örgütüne üye olmadıkları, % 12.5' nin üretici örgütüne üye olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Demografik özellikler

Yaş	Eğitim		Geçim kaynağı					
	Sıklık	%	Sıklık	%	Sıklık	%		
18-20	7	4.4	Okuryazar değil	9	5.6	Çiftçilik	148	92.5
21-30	23	14.3	Okuryazar	7	4.4	Memurluk	1	0.6
31-40	44	27.5	İlköğretim	91	56.8	Mevsimlik tarım işçiliği	6	3.8
41-50	46	28.8	Ortaöğretim	46	28.8	Tarım dışında işçilik	5	3.1
51-60	19	11.9	Yükseköğretim	6	3.8	Toplam	160	100
61 üzeri	21	13.1	Lisansüstü öğrenim	1	0.6			
Toplam	160	100	Toplam	160	100			

Köydeki kooperatif varlığı	Üretici örgütlerine üyelik durumu		Sıklık	%	
	Sıklık	%			
Evet	9	5.6	Evet	20	12.5
Hayır	148	92.5	Hayır	140	87.5
Bilmiyorum	3	1.9			
Toplam	160	100	Toplam	160	100

Oysa tarımsal üretimin ekonomik ve sosyal olarak sürdürülebilir başarı sağlamasında üretici örgütlenmeleri oldukça önemlidir (Şahin ve ark., 2013). Kooperatifler başta olmak üzere üretici örgütleri, rasyonel üretim

için üretim amaçlarının ve küçük sermayenin bir araya gelmesini sağladıklarında, hem kişisel ekonomiye hem de toplumsal kalkınmaya katkı sağlayan önemli araçlardan bir tanesidir (Yüksel, 2006).

Üreticilerin Bilgi Kaynakları ve Bilgi Almak İstedikleri Kaynaklar

Tüm sektörlerde olduğu gibi tarımsal bilgi ve teknolojiler sürekli gelişmekte ve değişmektedir. Dolayısıyla bilginin sürekli yenilenmesi gerekmektedir, kaldı ki Diyarbakır için sebze üretimi yeni bir üretim alanı olduğu için bu konudaki bilgi ihtiyacının daha büyük olduğu düşünülmektedir. Bu araştırmada üreticilerin bilgi kaynağı olarak %3.2

gibi küçük bir kısmının ziraat fakültesinden, %15'nin tarım müdürlüklerinden, %4.3'nün özel tarım danışmanlarından, %20.6'sının ilaç bayilerinden, %56.8'nin komşu ve arkadaşlarından faydalandıkları görülmüştür (Çizelge 2). Üreticilerin sebze üretiminde bilgi almak istedikleri kaynaklar ise sırasıyla %38.8 oranında ziraat fakültesi, %36.3 oranında tarım müdürlükleri, %6.2 oranında ilaç bayileri, % 6.2 oranında özel tarım danışmanları şeklindeken üreticilerin % 12.5'nin kendi bilgilerini yeterli

Çizelge 2. Üreticilerin tarımsal bilgi kaynakları ve bilgi almak istedikleri kaynaklar

Bilgi kaynakları			Bilgi almak istedikleri kaynaklar		
	Sıklık	%		Sıklık	%
Ziraat fakülteleri	5	3.2	Ziraat fakültelerinden	62	38.8
Tarım müdürlüklerinden	24	15.0	Tarım bakanlığından	58	36.3
Özel tarım danışmanlarından	7	4.4	Özel tarım danışmanları	10	6.2
İlaç bayilerinden	33	20.6	İlaç bayileri	10	6.2
Komşu ve Arkadaşlar	91	56.8	Bilgim yeterli	20	12.5
Toplam	160	100.0	Toplam	160	100.0
$\chi^2=34.109$. $p=0.005$			$\chi^2=17.289$. $p=0.008$		

gördükleri tespit edilmiştir. Benzer çalışmada üreticilerin tarımsal bilgi kaynakları olarak nitelendirilebilen tarım il ve ilçe müdürlükleri, gibi kuruluşlardan yararlanma oranı %21 olarak saptanmıştır (Boz ve Ark., 2004). Verilen cevaplar arasındaki ilişki incelendiğinde $p=0.0008$ düzeyinde farklılıkların anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tarım Teşkilatı ve Yayım Hizmetleri Hakkındaki Görüşler

Katılımcıların İl ya da İlçe Tarım Müdürlükleri ile bağlantılarının olup olmadığını belirlemek amacıyla sorulan soruda katılımcıların, %60.6'sı tarım teşkilatı ile irtibatlı olduklarını, %39.4' ü ise irtibatlı olmadıklarını belirtmişlerdir. Özellikle merkezdeki üreticilerin tarım teşkilatı ile irtibat düzeyi en düşük bulunmuştur. Bu durum ise merkezdeki üreticilerin arazilerin küçük olmasından dolayı destekleme alamamaları nedeniyle irtibata gerek görmedikleri şeklinde yorumlanmışlardır.

İlçelere göre araştırmaya katılan üreticilerin Tarım teşkilatları ile irtibat sıklıkları arasındaki farklılık $p=0.000$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3).

Üreticilerin %33.8'i desteklemeler için, %13.8'i çiftçi kayıt sistemine kayıt yaptırmak veya çiftçi kayıt sistemine kayıtlı olduğuna dair belge almak için, %11.9'u yetiştiricilik konusunda bilgi almak için ve %1.3'ü ise kredi başvuruları için İl ya da İlçe Tarım Müdürlüklerine gittikleri belirlenmiştir (Çizelge 3).

Tarım teşkilatına sebze yetiştiriciliği hakkında bilgi almak için gidenlerin oranının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Ergani ilçesinde bu oran diğer ilçelere göre daha yüksek (% 18.4) olmakla beraber, Çınar ilçesinde bu oranın % 5.8 olduğu, Merkez ilçede üreticilerin hiç birinin yetiştiricilik konusunda bilgi almak için tarım teşkilatına gitmedikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3. İlçelere göre üreticilerin tarım teşkilatı ile irtibatı, nedenleri ve köyde yapılan yayım çalışmaları

İl ya da İlçe Tarım Müdürlükleriyle irtibatta mısınız?	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)
Evet	66	75.9	30	57.7	1	4.8	97	60.6
Hayır	21	24.1	22	42.3	20	95.2	63	39.4
Toplam	87	100.0	52	100.0	21	100.0	160	100.0
$\chi^2=36.102. p=0.000$								
İrtibat nedeni	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)
Gitmeyenler	19	21.8	17	32.7	18	85.7	63	39.4
Desteklemeler için	40	46.0	21	40.4	2	9.5	54	33.8
Krediler için	2	2.3	-	-	-	-	2	1.3
Yetiştiricilik konusunda bilgi almak için	16	18.4	3	5.8	-	-	19	11.9
Çks için	10	11.5	11	21.2	1	4.8	22	13.8
Toplam	87	100.0	52	100.0	21	100.0	160	100.0
$\chi^2=38.749. sd=8. p=0.000$								
Köyde yapılan yayım çalışmaları	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)
Evet	5	5.7	3	5.8	-	-	8	5.0
Hayır	76	87.4	43	82.7	19	90.5	138	86.3
Bilmiyorum	6	6.9	6	11.5	2	9.5	14	8.8
Toplam	87	100.0	52	100.0	21	100.0	160	100.0
$\chi^2=2.159. p=0.707$								

İlçelere göre araştırmaya katılan çiftçilerin İl, İlçe Tarım Müdürlüklerine gittikleri konulara göre sıklıkları arasındaki farklılık $p=0.000$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Ülkemizde kamusal ağırlıklı yayım sistemi içerisinde tarım il ve ilçe müdürlükleri sorumlu kuruluşlardır. Tarım teşkilatının genel anlamda köylerde yapmış olduğu yayım çalışmaları sorgulanmıştır. Üreticilerin %86.3 köylerinde herhangi bir yayım çalışması yapılmadığını, %5'i yapıldığını, %8.8'i ise yapılmadığını bilmediklerini belirtmişlerdir (Çizelge 3). Benzer durum Tokat/Erbaa'da üreticilerin tarımsal yayım farkındalıklarının araştırıldığı

çalışmada, üreticilerin %15'nin yayımcılarla köyde, görüşüğü belirlenmiştir (Kızılaslan ve Ünal, 2013).

Üreticilerin Karşılaştıkları Sorunlar ve Tarım Teşkilatının Sebzeçiliğe Yönelik Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Üreticilerin sebze tarımında karşılaştıkları en önemli sorunlar sorgulandığında %40.6 oranında hastalık ve zarlılarla mücadele, %40 oranında pazarlama sorunlarının ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Üçüncü sırada %11.3 oranında girdi temini ile ilgili sorunlar, dördüncü sırada %8.1 oranında verim düşüklüğü sorunu yer almıştır (Çizelge 4). Karşılaşılan sıralama sürpriz bir

sıralama değildir. Türkiye’de tarımsal yapıdaki aksaklıklar, tarımsal pazarlama organizasyonuna da yansımakta ve üreticilerin aleyhine sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Can ve Ark., 2013). Tarımsal pazarlama tarım ürünlerinin üretimin başladığı tarla veya

bahçeden, tüketimin son aşamasına kadar geçirdiği işlemleri inceleyen ve bunları düzenleyen bir bilim dalıdır (Özçatalbaş ve Gürgen, 1998). Üreticilerin hak ettiklerini alabilmeleri için “tarımsal pazarlama yayım eğitimi” önemli bir araçtır.

Çizelge 4. Sebzeçilikte karşılaşılan sorunlar

Sebzeçilikte yaşanan sorunlar	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)
Verim	10	11.5	2	3.8	1	4.7	13	8.1
Girdi temini	5	5.8	11	21.2	2	9.5	18	11.3
Hastalık ve zararlılarla mücadele	35	40.2	16	30.7	14	66.6	65	40.6
Pazarlama	37	42.5	23	44.2	4	19.0	64	40
Toplam	87	100	52	100	21	100	160	100

Üretici gelirinin düşük olmasının başlıca nedeni tarımsal pazarlamadan kaynaklanmakta dolayısıyla, pazarlama sorunu genellikle ilk sıralarda yer almaktadır (Boz ve Candemir, 2007). Çalışmada üreticilerin % 49 malın satılması ile ilgili sorun yaşadığını, % 17.5’ problem yaşamadığını, %28.8’i sebze haline ürünlerini götürdüklerini belirtmişlerdir. İlçeler içinde ürününü sebze haline en fazla % 33.3 oranında merkezdeki üreticilerin götürdüğü görülmüştür. Bu durum şehirdeki ulaşım kolaylığı ve mesafeden dolayı sağlanan avantajın bir sonucu olarak değerlendirilmiştir

Çalışmada üreticiler % 66.9 oranında resmi tarım kuruluşlarının sebze üretimine yönelik faaliyetlerini yeterli bulmamaktadır. Diğer yandan tarım kuruluşlarının sebze üretimine yönelik faaliyetinin olmadığını belirtenler ise üreticilerin %22.5’ini oluşturmaktadır.

İlçeler bazında resmi tarım kuruluşlarının sebzeçilik konusunda faaliyetleri hakkındaki görüşleri incelendiğinde; Ergani ilçesindeki deneklerin %74.7’si, Çınar ilçesindeki deneklerin % 46.2’ si, Merkezdeki deneklerin %85.7’si sebzeçilik ile ilgili yayımı yeterli bulmadıkları görülmüştür. İlçeler arasında cevaplar arasındaki farklılığın p=0.000 düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür (Çizelge 5). Üreticilerin %41.3’ ü sebze yetiştiriciliğinde ziraat fakültelerinden, % 36.9’ u tarım bakanlığından, %6.3’ ü özel tarım kuruluşlarından ve %15.6’ sı ise yetiştiricilik konusunda kimsenin

bilgisine ihtiyaçlarının olmadığını onların yıllara dayanan tecrübelerinin olduğunu ifade etmişlerdir (Çizelge 5). Sebzeçilik ve diğer tarımsal konularda üreticilerin bilgi almak istedikleri kurumların sıralaması birbirinin aynısıdır (Çizelge 2). Sıralamanın aynı çıkması üreticilerin bu konuda net bir fikirleri olduğunu göstermek açısından önemlidir.

Pazarlama Sorununun Giderilmesine Yönelik Olarak Çözüm Önerileri

Genelde üreticiler tarafından pazarlama ve satış kavramları karıştırılmakta ikisi de aynı gibi algılanmaktadır. Oysa satış pazarlama sürecinin bir sonucudur. Pazarlama yayımı eğitimi; pazarlama ile ilgili kişi ve kurumlara pazarlamaya yönelik sorunlarını çözebilmeleri için bilgi sağlamak üzere organize olmuş eğitim programıdır. Konuyla ilgili olarak üreticilerde oldukça büyük bir bilgi açığı söz konusu olduğu düşünülmektedir. Nitekim pazarlamaya ilişkin sorunlara çözüm önerileriniz neler olabilir sorusuna yönelik olarak verilen cevapların tamamının satışa yönelik cevaplardan oluştuğu gözlemlenmiştir.

Pazarlama sorunlarının giderilmesi için üreticilerin %48.2’si ürünlerinin kooperatif aracılığıyla satılmasını, %29.4’ü ürünlerinin semt pazarında kendisi tarafından satılmasını, %19.3’ü ürünlerinin sebze haline verilmesini çözüm olarak önermişlerdir. Üreticilerin %2.5’i herhangi bir öneride bulunmamıştır (Çizelge 6).

Çizelge 5. Tarım teşkilatının sebzeçiliğe yönelik çalışmalarının değerlendirilmesi ve konu ile ilgili bilgi almak istedikleri kurumlar

Resmi tarım kuruluşlarının sebze üretimine yönelik faaliyetlerini yeterli buluyor musunuz?	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)
Evet	14	16.1	3	5.8	-	-	17	10.6
Hayır	65	74.7	24	46.2	18	85.7	107	66.9
Sebze üretimine yönelik faaliyeti yok	8	9.2	25	48.0	3	14.3	36	22.5
Toplam	87	100	52	100	21	100	160	100
$\chi^2=33.678$. $p=0.000$								
Sebzeçilik ve Pazarlama Konusunda Bilgi Almak İstedikleri Kurumlar	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık
Ziraat fakültelerinden	35	40.2	20	38.5	7	33.3	62	38.8
Tarım teşkilatından	41	47.2	12	23.1	6	28.6	59	36.8
Özel tarım danışmanlarından	1	1.2	6	11.5	3	14.3	10	6.3
İlaç bayilerinden	1	1.2	2	3.8	1	4.8	4	2.5
Gerek yok	9	10.2	12	23.1	4	19.0	25	15.6
Toplam	87	100	52	100	21	100	160	100
$\chi^2=17.289$. $p=0.008$								

Çizelge 6. Üreticilerin pazarlama sorunun giderilmesine yönelik olarak çözüm önerileri

Pazarlamaya yönelik çözüm önerileri	Ergani		Çınar		Merkez		Genel	
	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)	Sıklık	(%)
Cevap yok	-	-	-	-	4	19.0	4	2.5
Ürünümü semt pazarında kendim satmak isterim.	21	24.2	17	32.7	9	42.9	47	29.4
Kooperatif aracılığıyla satılmasını isterim.	43	49.4	28	53.8	6	28.6	77	48.2
Sebze haline verilmesini isterim	23	26.4	7	13.5	1	4.8	31	19.3
Diğer	-	-	-	-	1	4.8	1	0.6
Toplam	87	100	52	100	21	100	160	100
$\chi^2=42.947$. $p=0.000$								

SONUÇ

Araştırma bölgesindeki üreticilerin sosyo-ekonomik özellikleri dikkate alındığında ağırlıklı olarak verimli nüfus olarak nitelendirilen orta yaş gurubunda, ilköğretim düzeyinde eğitime sahip oldukları, neredeyse tamamının geçimini çiftçilikle sağladıkları görülmektedir. Üreticilerin, büyük bir kısmının yaşadığı

yerlerde kooperatif olmadığı (%92.5), yine üreticilerin önemli bir kısmının(%87.5) hiçbir üretici örgütüne üye olmadıkları görülmüştür. Araştırma alanındaki üreticilerin örgütlenme düzeylerinin yeterli olduğu söylenemez. Üreticilerin örgütlenme düzeyleri düşük olmakla birlikte, ürünlerinin pazarlanması konusunda kooperatiflerin rol alması durumunda avantaj

sağlanacağını belirtenlerin oranı oldukça yüksektir (%48.1). Buda örgütlenme konusunda bir farkındalığın mevcudiyetini göstermektedir. Farkındalığa rağmen örgütlenmenin uygulamaya konulamaması, etkin örgütlenme yayımına olan ihtiyacın göstergesi olarak görülmektedir.

Üreticilerin %39.1' i tarım teşkilatı ile irtibatlı olmadıklarını belirtmekle birlikte İrtibatlı olan % 60.6' sınınsadece% 11.9'ununbilgi almak için tarım teşkilatına gittiği belirtmiştir. Fakat üreticilerin gerek genel olarak tarım konusunda, gerekse sebzeçilik konusunda bilgi almak istedikleri kurumlar sıralamasında ikinci ve yakın yüzdeler oranlarda üniversiteden sonra ikinci kurum olarak tarım teşkilatını göstermeleri, teşkilatı dikkate aldıkları fakat teşkilatın tarımsal yayım faaliyetlerinin yaygınlaştırılmasında eksiklikleri

olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Nitekim üreticilerin önemli kısmı (%86.3) köylerinde herhangi bir yayım çalışması yapılmadığını belirtmiştir. Tarımsal yayımın etkinleştirilmesi için demostratif çalışmalara daha fazla yer verilmesi ve tarımsal yayım çalışmalarının köylere yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Üreticilerin önemli bir kısmı (%66.9) tarım teşkilatının sebzeçilikle ilgili çalışmalarını yeterli bulmadıklarını belirtmiştir. Araştırma alanındaki üreticilerin en önemli sorunları bitki koruma ve pazarlama konularında olduğu görülmüştür. Tarımsal yayım eğitimleri gerçekleştirilirken üreticilerin sorunlarının belirlenerek, o konulara yönelik tarımsal yayım programlarının hazırlanması tarımsal yayımın etkinliğini artırmak açısından önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Boz İ, Candemir S, 2007. Kahraman Maraş'ta Yayım Elemanları Gözüyle Kurumsal Sorunlar ve Çözüm Önerileri. KSU. Fen ve Mühendislik Dergisi. 10(1):s:97-105
- Boz İ, Akbay C, Orhan E, Candemir S, 2004. Çiftçilerin Tarımsal Faaliyetlerde Kullandıkları Bilgi Kaynaklarının Belirlenmesi ve Tarımsal Yayım Açısından Değerlendirilmesi. <http://www.undp.org.tr/GoZlem3.aspx?WebSayfaNo=3946>. (Erişim tarihi: 23 Mayıs, 2016).
- Büyükbay E, Kızılaslan N, 2008. Tarımsal pazarlama Yayımının Önemi ve Tokat Tarım İl Müdürlüğünün Konuyla İlgili Yayım Faaliyetlerinin İncelenmesi. Tarım Bilgileri Araştırma Dergisi 1 (1), s: 25-30
- Can M, Sayılı M, Yılmazçoban M, Bilici İ, 2013. Tarım işletmelerini Geliştirmek için Verilen Hibelerden Yararlanma Durumu. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, S:5(1), s: 109-132, Çankırı.
- Kızılaslan N, Ünal Y, 2013. Çiftçilerin Tarımsal Yayım Farkındalıklarının Belirlenmesi (Tokat/Erbaa Örneği), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Dergisi, ISSN: 2146-8168, Sayı:5, s:1-19. Tokat.
- Özçatalbaş O, Gürgen, Y, 1998. Tarımsal Yayım ve Haberleşme, Baki Kitabevi Yayınları, s: 385, Adana.
- Özçatalbaş O, 1990. Aşağı Seyhan Sulama Projesi Alanındaki Mısır Üreticilerinin Bilgi Edinme Kaynakları. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Adana.
- Püskülcü H, ve İkiz F, 1986. İstatistiğe Giriş, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Şahin A, Cankurt M, Günden C. Meral Y, 2013. Türkiyede Kooperatiflere Ortak olmada ve Başarısında Etkili Olan Faktörlerin Analizi. Akademik Ziraat Dergisi. ISSN:2147-6430.
- Taluğ C, Tatlıdil H, 1993. Tarımsal Yayım ve Haberleşme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Teksir No.141, s:198, Ankara.
- Yüksel ŞE, 2006. Kooperatiflerde Örgüt Kültürü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Atılım Üniv. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı. s:7

Tritikale Hatlarında Bazı Fizyolojik Parametrelerin Verim ve Kalite Özellikleri ile İlişkilerinin Belirlenmesi

Ferhat KIZILGEÇİ,¹ Cuma AKINCI², Önder ALBAYRAK², Mehmet YILDIRIM²

ÖZET: Bu araştırma, tritikalede başaklanma döneminde ölçülen bazı fizyolojik parametrelerin tane verimi ve kalite özellikleriyle ilişkilerinin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada 9 ileri kademe tritikale genotipi 2014-2015 yetiştirme döneminde Diyarbakır ve Mardin koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yağışa dayalı koşullarda yetiştirilmiştir. Çalışmada 41-ITSN-8022, 41-ITSN-8024 ve DZ9-06 genotipleri tane verimi ve kalite özellikleri yönünden ön plana çıkmıştır. İncelenen fizyolojik özelliklerden SPAD ve yaprak alan indeksi (YAI) için genotipler arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Fizyolojik özelliklerle kalite özellikleri arasındaki ilişkiler lokasyonlara bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, SPAD ile bin dane ağırlığı arasında önemli ilişki bulunması dikkat çekici olmuştur. Bu araştırmaya göre; fizyolojik parametrelerden YAI ile verim arasında önemli ilişki olduğu ve fizyolojik özelliklerin tritikale ıslahında seleksiyon kriteri olarak kullanılabilirliğine yönelik kapsamlı çalışmaların yapılması gerektiği öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Bitki örtüsü sıcaklığı, NDVI, SPAD, tritikale, yaprak alan indeksi

Relationships of Grain Yield and Some Quality Parameters with Physiological Parameters in Some Triticale Advanced Lines

ABSTRACT: This study was carried out to determine the relationships between grain yield and quality traits with some physiological parameters which measured at the heading stage. In this study, 9 triticale advanced lines were grown under rainfed conditions according to randomized complete block design with four replications during the 2014-2015 growing seasons in Diyarbakır and Mardin conditions. The triticale genotypes of 41-ITSN-8022, 41-ITSN-8024 and DZ9-06 were found promising in terms of grain yield and quality parameter. Genotypic differences were significant for SPAD meter and leaf area index. It was remarkable the relationship between SPAD and grain weight although the relationships among physiological traits and quality traits changed depend on locations. Especially, the significant relation between LAI and grain yield suggest that physiological traits have potential to use as indirect selection criterion in future triticale breeding. The more related researches are necessary to reach this aim.

Keywords: Canopy temperature, leaf area index, NDVI, SPAD, triticale

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Şırnak, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ferhat KIZILGEÇİ, fkizilgeci@sirnak.edu.tr

GİRİŞ

Tritikale (*X Triticosecale* Wittmack), buğday ile çavdar melezlenmesinden elde edilen bir serin iklim tahıl cinsidir. Buğday x Çavdar melezlenmesindeki amaçlanan hedef buğdayın yüksek verim potansiyeli ve kalite özelliği ile çavdarın çevresel streslere ve hastalıklara karşı direncini tek bir bitkide toplamaktır. Bu nedenle tritikale diğer tahıl cinslerine göre özellikle yıllık yağış oranının düşük olduğu ve sulama imkanı olmayan kıraç koşullarda daha verimli olup, bu alanlar için alternatif olabilecek bir üründür.

Dünyada yaklaşık olarak 4 milyon hektar alanda 17 milyon ton tritikale üretilmektedir. Bu üretimin 16 milyon tonu sadece Avrupa kıtasında yapılmaktadır (FAO, 2014). Türkiye’de ise 110 bin ton tritikale üretimi yapılmaktadır.

Ülkemizde ve Dünyada tritikale ekiminin yayılmasını sınırlayan en önemli faktörlerden biri ekmek yapımı kalitesini belirleyen protein ve gluten miktarının buğdaydan daha düşük olmasıdır. Bu nedenle bitki ıslahçıları tritikalenin ekmeklik kalitesi ve tane verimini arttırmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır (Aguirre et al., 2002).

Son yıllarda yürütülen ıslah çalışmalarında geleneksel ıslah yöntemleri ile fizyolojik çalışmaların birleştirilerek verim ve kaliteye katkı sağlayan fizyolojik özelliklerin belirlenmesine çalışılmaktadır. Bu fizyolojik özelliklerin belirlenmesinde SPAD metre, termal kamera, greenseeker ve yaprak alanı ölçüm cihazı gibi aletler hızlı, basit, ucuz ve bitkiye zarar vermeden ölçümler yapabildiklerinden birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır.

Rashid et al. (1999), fizyolojik aletler kullanılarak yapılan çalışmalarda bitki örtüsü sıcaklığı ile verim arasında istatistiki olarak önemli ilişkiler olduğunu ve bitki örtüsü sıcaklığının kurağa dayanıklı çeşit geliştirmede seleksiyon kriteri olabileceğini, Koç ve Barutçular (2000) ise, çiçeklenme dönemindeki çeşitlerin yaprak alan indeksindeki artışına bağlı olarak biyolojik verim ve tane veriminin başlangıçta hızlı, daha sonra giderek azalan oranda bir artış

gösterdiğini, yaprak alan indeksi 6.5-7.0 dolaylarında iken optimuma ulaşıldığı, daha yüksek yaprak alan indeksi değerlerinde ise verimin düştüğünü bildirmişlerdir. Kızılgöçü ve ark. (2015) buğdayda başaklanma döneminde SPAD ölçümleri ile tane verimi arasında önemli ilişki olduğunu, Karaman ve ark. (2014) ekmeklik buğdayda karınlanma döneminde tane verimi ile NDVI değerleri arasında olumlu ve önemli bir korelasyon olduğunu ve Kızılgöçü ve ark. (2016) arpada başaklanma döneminde ölçülen NDVI ile hektolitreye bin dane ağırlığı yönünden olumlu ve önemli ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada bazı fizyolojik parametrelerin başaklanma döneminde tritikale hatlarının verim ve kalite unsurları ile ilişkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, Diyarbakır ili Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazisi ve Mardin ili Derik ilçesi koşullarında 2014-2015 yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak 9 ileri kademe tritikale genotipi (ICARDA kaynaklı 6 hat ve Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından geliştirilen 3 hat) kullanılmıştır.

Denemeler tesadüf bloklar deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekimler 6 sıralı parsel ekim mibzeri ile 4.8 m²(1.2 m x 4 m) parsel alanına metrekareye 400 tohum gelecek şekilde Kasım ayı içerisinde ekilmiştir.

Ekim öncesi her iki lokasyonda da 6 kg da⁻¹ saf azot (N) ve fosfor (P₂O₅) gelecek şekilde 20.20.0 kompoze gübre ile gübreleme yapılmıştır.

Kardeşlenme-sapa kalkma dönemlerinde bitkilere üst gübre olarak 6 kg da⁻¹ saf N hesabı ile % 33 N içeren amonyum nitrat gübresi uygulanmıştır. Deneme alanlarına ait iklim verileri Çizelge 2’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonlara ait iklim verileri

Aylar	Lokasyon	Ort. Sıcaklık 2014-2015 (°C)	Uzun yıllar sıcaklık (°C)*	Yağış 2014-2015 (mm)	Uzun yıllar yağış (mm)*
Ekim	Diyarbakır	17.5	17.2	34.2	33.0
	Mardin	19.7	18.3	50.2	32.9
Kasım	Diyarbakır	8.5	9.3	97.6	52.8
	Mardin	11.5	10.7	112.9	68.9
Aralık	Diyarbakır	6.6	3.9	73.4	71.8
	Mardin	8.4	5.2	109.1	109.8
Ocak	Diyarbakır	2.2	1.7	64.6	69.0
	Mardin	5.2	3.1	60.0	114.8
Şubat	Diyarbakır	5.4	3.6	55.2	67.7
	Mardin	6.7	4.1	111.0	108.8
Mart	Diyarbakır	8.3	8.4	127.0	69.1
	Mardin	10.1	8.0	149.9	97.6
Nisan	Diyarbakır	12.4	13.8	48.6	68.4
	Mardin	14.5	13.5	46.3	80.5
Mayıs	Diyarbakır	18.7	19.2	48.2	44.4
	Mardin	22.5	19.5	49.7	44.6
Haziran	Diyarbakır	26.0	26.2	7.4	8.8
	Mardin	28.5	28.1	3.7	4.7
Top/ort.	Diyarbakır	11.7	11.5	556.2	485.0
Top/ort.	Mardin	14.1	12.3	692.8	662.6

*1950-2015 yıllarına ait ortalamalardır.

İncelenen Özellikler

Tane verimi: Parsel biçerdöveri ile yapılan hasat harman sonucu elde edilen tritikale tanelerinin tartılması ve elde edilen verinin dekara çevrilmesi sonucu dekara kg olarak tespit edilmiştir.

Yaprak klorofil içeriği (SPAD): Bitkiler tane dolmuş döneminde iken rastgele seçilen 10 bitkinin bayrak yaprağının orta damara gelmeyecek şekilde tam orta kısımları, bitkilerin klorofil miktarını ölçmeye yarayan SPAD-502 Plus (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) cihazı ile ölçülmüş ve sonuç SPAD birimi olarak ifade edilmiştir.

Protein miktarı, gluten (yaş öz) miktarı, hektolitre ağırlığı ve zeleny sedimentasyon: Bu özelliklerin belirlenmesinde taneler öğütme işlemine tabi tutulmadan NIT System Infratec 1241 Grain

Analyzer (Foss, Hillerod, Danimarka) cihazıyla ölçülerek belirlenmiştir.

Bin tane ağırlığı: Tane sayma makinesi ile sayılan 4 adet 100'er tohum tartılarak ortalamaları alınmış, 10 ile çarpılarak bin tane ağırlığı belirlenmiştir.

Yaprak alan indeksi (YAI): Bitkiler başaklanma döneminde iken YAI-2000 (LI-COR, Lincoln, NE) ile ölçülmüştür. YAI cihaz ile parseldeki bitkilerin üzerinden bir ölçüm ve daha sonra toprak seviyesinden alınan iki ölçüm sonucu belirlenmiştir.

Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi (NDVI): Bitkiler başaklanma döneminde iken 0.00-0.99 değerleri aralığında ölçüm yapan Trimble Greenseeker ile ölçülmüştür.

Bitki örtüsü sıcaklığı: Bitkiler başaklanma döneminde iken taşınabilir Rothenbenger hassas-

kızılötesi termometre ile santigrat derece (°C) cinsinden ölçülmüştür. Ölçümler açık havada rüzgarın olmadığı 11:00-14:00 saatleri arasında, tüm tekerrürlerde kuzeyden ve güneyden olmak üzere iki ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Bitki örtüsü sıcaklığı ölçümleri, termometre yatayla 30°'lik bir açı yapacak şekilde bitkinin 50 cm üzerinde tutularak ölçülmüştür.

Elde edilen verilerin varyans analizi MSTAT-C istatistik analiz programı ile yapılmış, farklı çıkan parametrelerde LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. İncelenen özelliklerin korelasyon analizi SPSS-Statistics-21 istatistik programı ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tane verimi: Yapılan varyans analizine göre genotip ve lokasyon x genotip interaksiyonu %5 düzeyinde önemlilik belirlenirken, lokasyonlar arası farklılıklar ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Tane verimi yönünden lokasyonlar arasındaki farklılıklar genotiplerin çevresel faktörlerden önemli düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Çalışmada kullanılan hatların tane verimi değerleri Diyarbakır lokasyonunda 395.6 kg da⁻¹ ile 581.5 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken, Mardin lokasyonunda ise 778.3 kg da⁻¹ ile 639.9 kg da⁻¹ aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4).

Diyarbakır lokasyonunda elde edilen ortalama tane verimi değeri 519.3 kg da⁻¹ ve Mardin lokasyonunda 748.8 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü üretim sezonunda Mardin lokasyonuna düşen yağış miktarının yüksek olması sonucu Diyarbakır lokasyonuna göre daha yüksek verim alınması tritikale genotiplerinin iyi çevre koşullarına olumlu tepki verdiğini göstermektedir.

Aktaş ve ark. (2009) Orta Anadolu Bölgesinde kuru şartlarda yürüttükleri tritikale'ye ait tane verimi stabilite çalışmalarında birim alandan elde edilen tane veriminde en önemli faktör olan genetik verim potansiyelin yanı sıra çevrenin etkisinin oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. Özellikler arasındaki ilişki lokasyonlara göre incelendiğinde, yalnızca

Mardin lokasyonunda tane verimi ile YAI, bin tane ve nişasta miktarı arasında pozitif ve önemli ilişki belirlenirken, protein ve gluten miktarı arasında ise olumsuz yönde önemlilik belirlenmiştir (Çizelge 3).

Diyarbakır lokasyonunda da önemli olmamakla birlikte verimle YAI arasında pozitif ilişki bulunması tritikalede ıslahta yaprak alanı yüksek genotipler üzerinde durulmasının ve yetiştiricilikte ise yaprak alanını artıracak yetiştirme tekniklerinin uygulanmasının yararlı olacağını göstermektedir.

Bin tane ağırlığı: Araştırmada kullanılan genotiplere ait bin dane ağırlığı Diyarbakır lokasyonunda 31.96-46.23 g arasında değişim gösterirken, Mardin lokasyonunda 27.82-44.19 g aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Bin tane ağırlığına ait lokasyon ortalamaları incelendiğinde Diyarbakır'da 40.08 g, Mardin'de 37.25 g olduğu belirlenmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Diyarbakır lokasyonunda 41-ITSN-8036 tritikale hattında elde edilirken, en düşük değer Mardin lokasyonunda 41-ITSN-8061 hattında elde edilmiştir.

İstatistiksel olarak lokasyonlar arası farklılık %5, genotip ve lokasyon x genotip interaksiyonunda ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Blue et al. (1990), bin tane ağırlığının çevreden daha çok genetik yapıdan etkilendiğini bildirmiştir. Tritikale de bin dane ağırlığı üzerine yapılan çalışmalarda Yanbeyi ve Sezer (2005) bin tane ağırlığının 38.3-53.1 g, Atak ve Çiftçi (2006) 32.45-43.62 g ve Gülmezoğlu ve ark. (2007) 36.4-41.5 g olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmamızda elde edilen bin tane ağırlığı değerleri önceki yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir. Bin tane ağırlığı ile incelenen özelliklere ait ilişkiler incelendiğinde bin tane ağırlığı ile SPAD arasında Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında sırasıyla $r=0.373^*$ ve $r=0.531^{**}$ olumlu ve önemli, YAI arasında ise $r=-0.377^*$ olumsuz ilişki belirlenmiştir (Çizelge 3). Yüksek 1000 tane ağırlığının SPAD'la ilişkili bulunması iri taneli genotiplerin seçiminde bu özelliğin kullanılabilceğini göstermektedir.

Çizelge 2. Tritikale genotiplerinin tane verimi, bazı kalite özellikleri ve fizyolojik parametrelerine ait varyans analiz (kareler ortalaması) tablosu

S.D.	Tane verimi	Hektolitre ağırlığı	Bin tane ağırlığı	Protein miktarı	Gluten (yaş öz) miktarı	Zeleny sedimantasyon	NDVI	BÖS	SPAD	YAI
Lokasyon	1	947617.025*	2063.817*	144.231*	2.091	1270.416**	1526.005**	982.722*	0.567	47.369*
Hata 1	6	41058.55	80.937	23.638	2.982	10.074	25.266	86.322	16.815	5.558
Genotip	8	14777.837**	47.335**	167.889**	1.715	13.257*	45.117	0.799	27.919**	0.911*
Lokx Gen.	8	10396.601*	25.302**	33.287**	1.341	11.044	52.463	0.66	8.754	1.266**
Hata 2	48	4250.41	7.89	6.25	0.917	6.151	27.669	1.162	9.611	0.407
Genel	71									
VK %		10.28	3.71	6.47	6.48	7.62	10.17	5.83	6.17	17.56

*P≤0.05, ** P≤0.01 seviyesinde önemlidir. YAI:yaprak alan indeksi, BÖS:bitki sıcaklığı

Çizelge 3. Lokasyonlarda incelenen özelliklere ait korelasyon katsayısı

Mardin Diyarbakır	NDVI	BÖS	SPAD	YAI	Tane Verimi	Bin tane ağırlığı	Protein miktarı	Gluten (yaş öz) miktarı	Zeleny sedimantasyon	Hektolitre ağırlığı
NDVI	1	-0.217	-0.164	0.375*	-0.005	-0.239	0.250	0.222	0.354*	0.019
BÖS	-0.163	1	-0.062	-0.537**	-0.211	-0.107	0.130	0.079	-0.033	-0.502**
SPAD	0.150	-0.014	1	-0.027	0.191	0.531**	0.033	0.162	-0.122	0.061
YAI	-0.112	0.124	-0.148	1	0.416*	0.230	-0.093	-0.037	0.110	0.530**
Tane verimi	-0.217	0.037	0.273	0.298	1	0.537**	-0.506**	-0.451**	-0.322	0.352*
Bin tane ağırlığı	0.027	-0.086	0.373*	-0.377*	0.169	1	-0.251	-0.235	-0.292	0.400*
Protein miktarı	0.416*	-0.363*	-0.011	-0.062	-0.165	-0.121	1	0.952**	0.864**	-0.247
Gluten (yaş öz) miktarı	0.398*	0.044	0.298	-0.113	-0.096	0.240	0.404*	1	0.856**	-0.171
Zeleny sedimantasyon	0.285	-0.118	0.105	-0.196	-0.174	0.251	0.567**	0.528**	1	-0.176
Hektolitre ağırlığı	0.197	-0.497**	-0.194	0.022	-0.291	-0.447**	0.486**	-0.257	0.105	1

*P≤0.05, ** P≤0.01 seviyesinde önemlidir. YAI: yaprak alan indeksi, BÖS: bitki örtüsü sıcaklığı

Hektolitre ağırlığı: Fiziksel kalite ölçütü olarak kabul edilen ve kaliteyi belirlemede en kolay ölçü olarak uygulama alanı bulan hektolitre ağırlığına özellikle değirmencilikte çok önem verilmektedir (Ünal, 2002). Hektolitre ağırlığı Diyarbakır lokasyonunda 78.49-83.68 kg hL⁻¹ Mardin lokasyonunda 65.07-76.90 kg hL⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4) Lokasyon ortalamaları Diyarbakır'da 80.97 kg hL⁻¹ Mardin'de 70.26 kg hL⁻¹ olarak belirlenmiştir. Genotipler arasında en yüksek hektolitre ağırlığına 41-ITSN-8023 (79.08 kg hL⁻¹) genotipinde elde edilmiştir. Aguirre et al. (2002) yaptığı bir çalışmada tritikale de hektolitre ağırlığının 60.05-72.00 kg hL⁻¹ değerleri arasında olduğunu bildirmiştir. Diyarbakır lokasyonunda özellikler arası ilişkiler incelendiğinde hektolitre ile BÖS ve bin dane ağırlığı yönünden olumsuz yönde önemli ilişki belirlenirken protein miktarı ile olumlu ve önemli korelasyon belirlenmiştir (Çizelge 3). Mardin lokasyonunda ise BÖS ile olumsuz ve önemli ilişki belirlenirken YAI, tane verimi ve bin tane ağırlığı ile olumlu ve önemli ilişki olduğu belirlenmiştir.

Protein miktarı: Protein miktarı bakımından ele alınan tritikale hatlarının istatistiki olarak genotip ve lokasyonlar arası farklılıklar ve lokasyon x genotip etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Dene- mede kullanılan tritikale hatlarına ait protein miktarları incelendiğinde Diyarbakır lokasyonunda protein miktarı % 14.14-15.24 değeri aralığında Mardin lokasyonunda ise % 13.54-16.26 değerleri aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Lokasyon ortalamaları incelendiğinde, Diyarbakır lokasyonunda % 14.61, Mardin lokasyonunda ise % 14.95 olarak belirlenmiştir. Her iki lokasyonda elde edilen protein miktarı değerleri benzer bulunmuştur. Tritikalenin protein miktarını belirlemek için yapılan çalışmalarda, Aguirre et al. (2002) % 8.8-15.9 ve Gülmezoğlu ve ark. (2007) % 10.9-11.5 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Özellikler arası ilişkiler incelendiğinde Diyarbakır lokasyonunda protein miktarı ile NDVI arasında olumlu ve önemli ($r=0.416^*$) BÖS ile olumsuz ve önemli ($r=-0.363^*$) ilişki belirlenmiştir (Çizelge 3). Her iki lokasyonda protein miktarı ile gluten (yaş öz) miktarı ve zeleny sedimantasyon özellikleri arasında olumlu ve önemli ilişki olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ekmeklik ve makarnalık buğday kıyaslama amacıyla kullanılmamasına rağmen elde edilen protein değerlerinin tatminkar olduğunu göstermektedir.

Gluten (Yaş öz) miktarı: Varyans analizi sonuçlarına göre sadece lokasyonlar arası farklılıklar çok önemli ($P<0.01$) genotipler arasında ise %5 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 2). Yaş öz değeri Diyarbakır lokasyonunda % 26.97-29.70 aralığında Mardin lokasyonunda % 33.70-41.04 aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). En yüksek yaş öz miktarı DZ9-06 hattında elde edilmiştir. Yaş öz miktarı Diyarbakır lokasyonunda % 28.35 iken, Mardin lokasyonunda % 36.75 olarak bulunmuş ve Diyarbakır lokasyonunda gluten (yaş öz) ile NDVI arasında olumlu ve önemli ($r=0.398^*$) ilişki belirlenmiştir (Çizelge 3).

Zeleny sedimantasyon: Zeleny (1947), protein miktarı ve kalitesini belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden birinin de sedimantasyon değerinin olduğunu bildirmiştir. Çalışmada incelenen hatlara ait Zeleny sedimantasyon değerleri incelendiğinde, Diyarbakır lokasyonunda 42.29-50.38 ml, Mardin lokasyonunda ise 50.08-64.23 ml arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Diyarbakır ve Mardin lokasyon ortalamaları sırasıyla 47.10 ml ve 56.30 ml olduğu belirlenmiştir. İstatistiki olarak lokasyonlar arası farklılıklar % 0.1 seviyesinde önemlilik belirlenmiştir (Çizelge 2). Zeleny sedimantasyon değeri çevre koşullarından etkilendiği görülmüştür. Atlı (1987), yaptığı çalışmada sedimantasyon değerinin protein kalitesini belirleyen ve daha çok kalıtımın etkisi altında olan önemli bir kalite kriteri olduğunu, sedimantasyon değerinin çevreye göre çeşitten daha fazla etkilendiğini vurgulamıştır. Mardin lokasyonunda Zeleny sedimantasyon ile NDVI arasında ($r=0.354^*$) olumlu ve önemli korelasyon belirlenmiştir (Çizelge 3).

Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi (NDVI): NDVI temel olarak, sağlıklı bitki örtüsünden yansıyan radyasyonun, diğer tüm kaynaklardan yansıyan radyasyona oranıdır. Yüksek NDVI değerleri sağlıklı bitki geliştiğini göstermektedir. Tritikale hatlarına NDVI bakımından lokasyonların etkileri % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Diyarbakır lokasyonu 0.777-0.813 birim arasında Mardin lokasyonu 0.722-0.772 birim arasında değerler almıştır (Çizelge 4). Genotip ortalamaları incelendiğinde genotipler arasında NDVI değerleri benzer bulunmuştur. Diyarbakır lokasyonu ortalaması 0.80 iken Mardin lokasyonunun 0.75 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Tritikale genotiplerinin tane verimi, bazı kalite özellikleri ve fizyolojik parametrelerine ait ortalama değerleri ve gruplandırmaları.

Özellikler	Lokasyon	41-ITSN-8022	41-ITSN-8023	41-ITSN-8024	41-ITSN-8036	41ITSN-8053	41ITSN-8061	DZ9-01-01	DZ9-01-02	DZ9-06	Lokasyon Ortalaması
Tane Verimi (kg da ⁻¹)	DIYARBAKIR	558.3 de	395.6 g	581.5 de	562.8 de	458.8 fg	495.5 ef	499.3 ef	579.1 de	542.7 ef	519.3
	MARDİN	762.2 ab	778.3 ab	775.5 ab	756.6 ab	700.8 bc	639.9 cd	799.7 a	759.0 ab	766.8 ab	748.8
Hektolitre ağırlığı (kg hL ⁻¹)	Ortalama	660.2abc	586.9bcd	678.5 a	659.7abc	579.8 cd	567.7 d	649.5a-d	669.0 ab	654.8 a-d	634.0
	DIYARBAKIR	78.49abc	83.68a	81.85ab	78.74abc	81.29ab	80.89ab	82.46a	80.82ab	80.49ab	80.97
Bin tane ağırlığı (g)	MARDİN	68.44e	74.49c	68.76e	67.51e	65.07e	68.06e	74.13cd	68.98 de	76.90bc	70.26
	Ortalama	73.46 d	79.08 a	75.30 cd	73.13 d	73.18 d	74.47 d	78.29 bc	74.90 cd	78.70 ab	75.612
Protein miktarı (%)	DIYARBAKIR	43.43abc	36.22 efg	36.56 efg	46.23 a	43.21 a-d	31.96 gh	39.56 b-f	39.76 b-e	43.81 ab	40.08
	MARDİN	38.78 c-f	40.82b-e	33.53 g	44.19 ab	32.84 g	27.82 h	38.48def	34.95 fg	43.86 ab	37.25
Gluten (yaş öz) miktarı (%)	Ortalama	41.10 bc	38.52 cd	35.05 e	45.21 a	38.03cde	29.89 f	39.02 cd	37.35 de	43.84 ab	38.67
	DIYARBAKIR	15.05	15.24	14.86	14.40	14.35	14.14	14.31	14.47	14.65	14.61
Zeleny sedimantasyon (ml)	MARDİN	14.82	15.24	15.30	15.00	16.26	14.95	14.01	13.54	15.40	14.95
	Ortalama	14.94	15.24	15.08	14.70	15.30	14.55	14.16	14.00	15.03	14.77
NDVI	DIYARBAKIR	29.35	29.70	27.81	28.54	28.02	26.97	28.11	27.36	29.27	28.35
	MARDİN	34.45	37.85	37.60	36.19	41.04	36.72	34.81	33.70	38.36	36.75
SPAD	Ortalama	31.90 bc	33.78 ab	32.71abc	32.36abc	34.53 a	31.84 bc	31.46 bc	30.53 c	33.81 ab	32.55
	DIYARBAKIR	49.85	50.38	47.23	47.53	45.92	42.29	46.48	47.25	46.93	47.10
BÖS	MARDİN	54.96	60.36	56.03	55.50	64.23	58.27	51.08	50.08	56.22	56.30
	Ortalama	52.40	55.37	51.63	51.52	55.08	50.28	48.78	48.67	51.58	51.70
YAI	DIYARBAKIR	0.802	0.813	0.803	0.810	0.800	0.800	0.793	0.777	0.810	0.80
	MARDİN	0.745	0.722	0.740	0.750	0.740	0.772	0.745	0.735	0.760	0.75
YAI	Ortalama	0.774	0.767	0.771	0.780	0.770	0.786	0.769	0.756	0.785	0.77
	DIYARBAKIR	22.18	22.45	22.80	22.40	21.70	22.63	22.00	22.28	21.30	22.19
SPAD	MARDİN	15.50	14.53	14.78	14.60	15.10	14.58	14.95	15.00	14.20	14.80
	Ortalama	18.84	18.49	18.79	18.50	18.40	18.60	18.48	18.64	17.75	18.50
YAI	DIYARBAKIR	49.7	48.8	49.8	50.4	52.7	47.9	48.1	49.7	54.4	50.1
	MARDİN	48.0	50.6	52.5	51.8	49.5	46.4	49.6	51.5	53.0	50.3
YAI	Ortalama	48.8b	49.7 ab	51.1 ab	51.1 ab	51.1ab	47.2 b	48.9 b	50.6ab	53.7 a	50.2
	DIYARBAKIR	3.000e-h	2.275 h	2.975e-h	2.325 h	2.675fgh	3.950b-e	2.575fgh	3.100d-h	2.525 gh	2.822
YAI	MARDİN	4.300a-d	4.950 ab	3.775 b-f	4.300a-d	4.475abc	4.850 ab	4.475abc	3.625c-g	5.250 a	4.444
	Ortalama	3.650 b	3.612 b	3.375 b	3.313 b	3.575 b	4.400 a	3.525 b	3.362 b	3.888 ab	3.633

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.05 önem düzeyine göre fark yoktur

Bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS): Varyans analiz tablosu incelendiğinde yalnızca lokasyonlar arasında 0.05 düzeyinde önemli farklılıklar görülmüştür (Çizelge 2). Diyarbakır lokasyonunda 21.3-22.8 °C aralığında değişim gösterirken Mardin lokasyonu 14.2-15.5 °C arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Lokasyonlar arasında BÖS değerlerinde meydana gelen bu farklılıkların nedeni Mardin lokasyonuna ait başaklanma tarihinin Diyarbakır lokasyonuna göre daha erken olması ve ölçümlerin yapıldığı tarihteki hava sıcaklıklarındaki farklılıklardan ileri geldiği düşünülmektedir. Qiu et al. (2008) bitki örtüsü sıcaklığının hava sıcaklığı arttıkça arttığını, günün erken saatlerinde yapılan ölçümlerde bitki örtüsü sıcaklığının daha düşük olduğu belirtilmiştir. Lokasyon ortalamaları incelendiğinde Diyarbakır lokasyonu 22.2 °C iken Mardin lokasyonu 14.8 °C olarak belirlenmiştir. Reynolds et al. (1994) ve Fischer (2001) bitki örtüsü sıcaklığının, bitkinin sıcağa ve kurağa karşı gösterdiği tepkinin bir sonucu olarak ortaya çıktığını, artan çevre sıcaklığına rağmen bitkinin az ısınması halinde, sıcağa ve kurağa karşı direncinin yüksek olacağını belirtmişlerdir. Benzer olarak, Munjal and Rana (2003) kanopi sıcaklığının çeşitten çeşide farklılık gösterebildiği; farklı yerlerde ekilen aynı çeşitte bile yöresel iklim şartlarında farklı kanopi sıcaklığı olabileceği ortaya konmuş olup kanopi sıcaklığı düşük olan çeşitlerin kurak koşullara daha toleranslı olduğunu belirtmişlerdir.

Yaprak klorofil içeriği (SPAD): Bayrak yaprağı klorofil içeriğinin yüksek olması arzu edilen bir özelliktir. Optimum koşullar için bayrak yaprak klorofil içeriği yüksek olan genotipler fazla fotosentez kapasitesine ve daha yüksek tane verimine sahip olacaklarından dolayı tercih edilmektedirler. Yadava (1986), SPAD değerleri ile okuma anında yaprakların içerdiği klorofil miktarları arasında linear bir ilişki bulunduğunu, Fischer (2001), yaprakların klorofil içeriklerinin onların fotosentetik kapasitelerini yansıttığını, Uddling et al. (2007) buğdayda, Spadmetre ile yaprakta okunan SPAD değeri ile klorofil içeriği arasında ($R^2=0.9$) çok sıkı bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada istatistiki olarak yalnızca genotipler arasında 0.05 düzeyinde önemli farklılıklar görülmüştür (Çizelge 2). SPAD değeri yönünden Diyarbakır lokasyonu 47.9-54.4, Mardin lokasyonu ise 46.4-53.0 arasında

değişim göstermiştir (Çizelge 4). Ortalama değerler ise sırasıyla 50.1 ve 50.3 olarak belirlenmiştir.

Yaprak alan indeksi (YAI): Lokasyon ve genotipler arasında %5 düzeyinde lokasyon x genotip interaksyonu %1 düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 2). Yaprak alan indeksi değerleri Diyarbakır lokasyonunda 2.275-3.100, Mardin lokasyonunda 3.625-5.250 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Austin et al. (1980) çeşitler arasında yaprak alan indeksi bakımından önemli farklılıklar olduğunu bildirmiştir. Lokasyon ortalamaları incelendiğinde; Diyarbakır lokasyonunda 2.822, Mardin lokasyonunda 4.444 YAI değerleri elde edilmiştir. Gent (1995), yaprak alan indeksinde meydana gelen farklılıkların, kısmen özgül yaprak alanında meydana gelen farklılıktan kaynaklandığını belirtmiştir. Tritikale bitkisinin kardeşlenme kapasitesinin buğdaya göre düşük olması nedeniyle aynı dönemdeki YAI değerleri tritikalede daha düşüktür. Koç ve Barutçular (2000), yaprak alan indeksindeki artışın, çıkıştan itibaren giderek artan bir hızla devam ettiğini ve çiçeklenmeden 2-3 hafta önce en yüksek değerine ulaştığını bundan sonraki dönemlerde ise yaşlanmaya bağlı yaprak kayıpları nedeniyle giderek azaldığını bildirmiştir.

SONUÇ

İki lokasyonda yürütülen bu çalışma sonucuna göre tritikale genotipleri çevresel etkilerden belirgin bir şekilde etkilenmiştir. Ayrıca tane verimi yönünden de geniş bir değişim sınırları bulunmaktadır. İncelenen genotiplerin neredeyse tamamının kalite özellikleri yönünden tatminkar olduğu gözlemlenmiştir. Hem tane verimi hem de kalite yönünden iyi performans sahip tritikale hatlarının bulunması ve bunların yaygın olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi için farklı koşullarda ekmeçlik ve makarnalık buğdayla birlikte yetiştirilerek ekonomik analizlerinin yapılması gerekmektedir. Çalışmada değerlendirilen NDVI, BÖS, SPAD ve YAI fizyolojik özelliklerinden YAI'nin verimle ilişkili olması bu özellik üzerinde durulabileceğini göstermektedir. SPAD metre ile yapılan ölçümlerin tane ağırlığıyla ilişkili çıkması, YAI ve SPAD'ın birlikte kullanımının tritikale ıslahında ümitvar olabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Aktaş B, Aydemir T, Yılmaz K, İkincikarakaya S, 2009. Bazı tritikale (*x Triticosecale* Witt.) genotiplerinin kuru koşullarda tane verimi stabilitesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18(1-2): 30-35.
- Atak M, Çiftçi CY, 2006. Bazı tritikale çeşit ve hatlarının karakterizasyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1): 101-111.
- Atlı A, 1987. Kışlık tahıl üretim bölgelerimizde yetiştirilen bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kaliteleri ile kalite karakterlerinin stabilitesi üzerine araştırmalar. *Türkiye Tahıl Sempozyumu*, 6-9 Ekim 2006, Bursa.
- Aguirre A, Badiali O, Cantarero M, León A, Ribotta P, Rubiolo O, 2002. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in Argentine triticales. *Cereal Research Communications*, 30(1/2): 203-208.
- Austin RB, Bingham J, Blackwell RD, Evans LT, Ford MA, Morgan CL, Taylor M, 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. of Agric. Sci.*, 94: 675-689.
- Blue EN, Mason SC, Sander DH, 1990. Influence of planting date, seeding rate and phosphorus rate on wheat yield. *Argon. J.*, 82: 762-768.
- FAO, 2014. www.fao.org. (Erişim tarihi: 20 Ağustos, 2016).
- Fischer RA, 2001. Selection traits for improving yield potential. Application of physiology in wheat breeding, Eds.: Reynolds, Chapter-13, 148-159 p.
- Gent MPN, 1995. Canopy light interception, gas exchange, and biomass in reduced height isolines of winter wheat. *Crop Sci.*, 35(6): 1636-1642.
- Gülmezoğlu N, Özer E, Taner S, Kınacı E, 2007. Orta anadolu bölgesi koşullarında kışlık tritikale çeşitlerinin tane verimi ve verim öğelerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(43): 53-60.
- Karaman M, Akıncı C, Yıldırım M, 2014. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde fizyolojik parametreler ile tane verimi arasındaki ilişkinin araştırılması. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15(1): 41-46.
- Koç M, Barutçular C, 2000. Buğdayda çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi ile verim arasındaki ilişkinin çukurova koşullarındaki durumu. *Turk. J. of Agric. and For.*, 24: 585-593.
- Kızılgöçü F, Yıldırım M, Akıncı C, Albayrak Ö, Başdemir F, 2015. İleri kademe makarnalık buğday popülasyonlarının verim ve kalite yönünden seleksiyonda kullanılabilirliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 62-68.
- Kızılgöçü F, Yıldırım M, Albayrak Ö, Akıncı C, 2016. Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. *İğdır Üni. Fen Bilimleri Inst. Der.*, 6(3): 161-169.
- Munjal R, Rana RK, 2003. Evaluation of physiological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) for terminal high temperature tolerance. *Proceedings of the Tenth International Wheat Genetics Symposium*, 1-6 September 2003, Poestum, Italy.
- Rashid A, Stark JC, Tanveer A, Mustafa T, 1999. Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat. *J. Agronomy & Crop Science*, 182: 231-237.
- Reynolds MP, Balota M, Delgado MIB, Amani I, Fischer RA, 1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian J. of Plant Physiology*, 21(6): 717-730.
- Qiu GY, Wang L, He X, Zhang X, Chen S, Chen J, Yang Y, 2008. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 1848-1859.
- Uddling J, Gelang-Alfredsson J, Piikki K, Pleijel H, 2007. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, 91(1): 37-46
- Ünal S, 2002. Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*. 3-4 Ekim 2002, Gaziantep.
- Yadava UL, 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *Hort. Science*, 21: 1449-1450.
- Yanbeyi S, Sezer İ, 2006. Samsun koşullarında bazı tritikale hatlarının verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1): 33-39.
- Zeleny L, 1947. A Simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chem.*, 24: 465-475.

Determination of Yield and Plant Characteristics of Some Silage Corn Varieties

Bilal KESKİN¹, Süleyman TEMEL¹, Barış EREN¹

ABSTRACT: The study was conducted to determine yield and some plant characteristics in some silage corn varieties grown as the main product in Iğdir province ecological conditions. The study was established to randomized complete block design pattern with three replications in irrigating conditions. In this research, plant height (cm), forage yield (t ha⁻¹), fodder ratio (%), dry matter yield (t ha⁻¹), leaf ratio (%), stem ratio (%), cob ratio (%), the number of leaf (number/ plant), plant weight (g) were determined in 10 silage corn varieties. According to results; plant height between 204.2 cm (OSSK-602) and 313.9 cm (OSSK-644), forage yield 60.5 t ha⁻¹ (OSSK-602) and 110.5 t ha⁻¹ (TK-6063), hay ratio 30.3% (OSSK-644) and 38.6% (TK-6063), hay yield 20.3 t ha⁻¹ (OSSK-602) and 41.5 t ha⁻¹ (TK-6063), leaf ratio 14.3% (OSSK- 596) and 18.3% (RX-9292), stem ratio 42.3% (Hido) and 51.0% (OSSK-644), cob ratio 36.0% (OSSK-644) and 45.6% (OSSK-602), the number of leaf 11.0 (OSSK-602) and 13.3 (TK-6063) plant weight 635.9 g (OSSK-602) and 1160.6 g (TK-6063) was found. As a result, TK-6063, Hido and Shemall varieties has been found suitable for region ecology, respectively.

Keywords: Plant characteristics, silage corn varieties, yield

Bazı Silajlık Mısır Çeşitlerinin Verim ve Bitkisel Özelliklerinin Belirlenmesi

ÖZET: Bu çalışma İğdir ekolojik şartlarında ana ürün olarak yetiştirilen bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve bazı bitkisel özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, sulu koşullarda 3 tekerrürlü olarak şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırmada, 10 silajlık mısır çeşidinin bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot oranı, kuru ot verimi, yaprak oranı, sap oranı koçan oranı, yaprak sayısı ve bitki ağırlığı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, bitki boyu 204.2 cm (OSSK-602) ve 313.9 cm (OSSK-644), yaş ot verimi 60.5 t ha⁻¹ (OSSK-602) ve 110.5 t ha⁻¹ (TK-6063), kuru ot oranı %30.3 (OSSK-644) ve %38.6 (TK-6063), kuru ot verimi 20.3 t ha⁻¹ (OSSK-602) ve 41.5 t ha⁻¹ (TK-6063), yaprak oranı %14.3 (OSSK- 596) ve %18.3 (RX-9292), sap oranı %42.3 (Hido) ve %51.0 (OSSK-644), koçan oranı %36 (OSSK-644) ve %45.6 (OSSK-602), bitkide yaprak sayısı 11.0 (OSSK-602) ve 13.3 (TK-6063) bitki ağırlığı 635.9 g (OSSK-602) and 1160.6 g (TK-6063) arasında bulunmuştur. Sonuç olarak, bölge şartlarında en uygun mısır çeşitlerinin TK-6063, Hido ve Shemall olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Bitkisel özellikler, silajlık mısır çeşitleri, verim

¹ İğdir Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, İğdir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Bilal KESKİN, bilalkeskin66@yahoo.com

INTRODUCTION

In recent years, production of silage fodder crops was increased because of that increase of quantities in forage production is inadequate and especially insufficient nutrition of the animals in winter season depend on increasing number of animals in Turkey. In this sense, maize (*Zea mays* L.) a forage crop that providing food requirement of animals and using as silage in the our country and the world (Basbag et al., 1997). Maize has been accepted, especially in the last half century, as a plant that increasing production Worldwide regarding silage fodder production due to high nutrition value and deliciousness characteristic. Furthermore, the high forage yield per unit area and suitable for silage without the additive are among most important features of maize. The importance that given production of maize is increasing in terms of meeting feed deficit which is need of animals due to these features (Saglamtimur et al., 1998). There are a variety of plants used in the production of silage in our country. It appears that production of corn and sorghum among these plants are highest (Saglamtimur et al., 1998). The high forage yield is important in production of silage corn. Besides, the high forage yield depends on a long vegetation period. Because of the increase in the vegetation period the plant has provided high

yield increases (Temel and Tan, 2002). The duration of the vegetation that is effect development of cob in silage corn production is significantly important (Ayaz et al, 2013). When need of rough age is not inadequate production, there are negative effects regarding livestock and animal products. Silage corn varieties should be utilized as animal feed in order to meet the needs of roughage in Iğdir province has a convenient location, especially for agriculture. In this regard, silage corn production that will carry out in wet conditions in Iğdir province is likely to have important effects on the silage production capacity of this region. In this study, we aimed that identification of suitable and highyielding hybrid varieties for silage corn production in the Iğdir Plain which has appropriate vegetation period.

MATERIALS AND METHOD

This research was carried out in irrigated trial areas of the Agricultural Research and Application Center of the Iğdir University in 2015. In this study, ten corn varieties (72 MAY 80, OSSK-644, TK-6063, OSSK-596, TK-6060, HİDO, RX- 9292, 71 MAY 69, SHEMALL, OSSK-602) were used. Climate values realized in 2015 of Iğdir Province are given in Table 1.

Table 1. Average Climate Properties Values of Iğdir Province in 2015

	March	April	May	June	July	August	September	Sum/Av
Average Temperature (°C)	11.0	16.4	21.3	28.5	31.8	30.2	27.2	23.7
Monthly Total Precipitation (mm)	52.0	44.1	41.5	27.8	0.3	14.3	1.4	181.4
Monthly Avg. Relative Humidity (%)	50.8	47.7	52.9	40.0	33.6	40.7	42.4	44.0

Soils of the trial area have such as characteristics clay-loamy texture, severe alkaline (pH: 8.6, lightly salted (EC 1.37 dS/m), low organic matter content, (1.20%) and rich lime content (CaCO₃: 22.27%). Moreover, suitable phosphorus and potassium contents in the soil was determined as 51.7 ppm and 852.4 ppm, respectively (Erdogan, 2013). Studies were designed as three replications according to randomized block pattern. Planting process has been made in a manner

that row spacing, row top, parcel length and parcel width will be respectively 70 cm, 15 cm, 5 m and 3.5 m using the marker on 4.4.2015 date. Each plot area was 17.5 m². In this research, total 160 kg ha⁻¹ nitrogen (Keskin et al., 2005), 80 kg ha⁻¹ phosphorus (Çelebi et al., 2010) fertilization to maize plants was carried out. Half of nitrogen fertilizer was give during planting, but the other half is provided after plants were 50 cm long. Cultural practices such as weed control and tractors

anchors which are necessary from sowing to harvest process have been made. At the same time, the watering process was regularly made until the harvest by opening furrow after plants are 15-20 cm long. Harvest process was made on 07.09.2015 date. And then, yield and plant characteristics were determined by measuring over 30 corn plants randomly selected in each plot. Two plants taken from each plot were slightly faded in shade environment and then dried in a drying cabinet at 70 °C for 24 hours to determine the fodder ratio of the plants. Fodder yield was obtained by multiplication forage yield and fodder ratio. Data obtained from the results of research that we were carry out in Iğdir conditions were subjected to a variance analysis with SPSS packet program and Duncan's multiple comparison test was used for demonstrate differences between each other of varieties (SPSS, 1991).

RESULTS AND DISCUSSION

Plant height (cm)

Plant height of maize varieties used in the study is range from 204.2 to 313.9 cm. In this study, the highest plant height and the lowest height is belong to OSSK644 and OSSK 602 varieties. However, the highest plant height was 242.6 cm, and the lowest height was 143.7 cm according to result of study carried out in conditions of Van province by Akdeniz et al., (2004). The average plant height in maize has been reported to range from 1.5 to 3 m (Kun, 1997). The effect of genetic structure is an important factor affected plant height (Hallauer and Miranda, 1987). When studies related to plant height in maize plant considering, we can say that varieties used in the experiment is not low plant height and height of these varieties sorting close to other studies. It supposes that these differences in results are result from regional climate and soil characteristics. Because the hereditary properties of quantitative characters are very low and are significantly affected by environmental conditions.

Forage yield (t ha⁻¹), fodder ratio (%), fodder yield (t ha⁻¹)

Forage yield is an important factor affecting silage yield (Ayaz et al., 2013). Forage yield in corn varieties used in the study were show statistically significant differences and yields ranged from 60.5-110.5 t ha⁻¹.

While the highest value of forage yield was TK6063, the lowest yield value was obtained from OSSK 602 variety. Iptas et al., (2004) have obtained values between 87.9 and 67.2 t ha⁻¹ in forage yield as result of studies carried out in Tokat- Kozova conditions. Akdeniz et al., (2004) showed that the highest value in forage yield was 78.4 t ha⁻¹, and the lowest values were 27.2 t ha⁻¹ in their study.

Fodder yields in varieties are ranged from 14.6 to 7.4 t ha⁻¹ (Akdeniz et al., 2004). Fodder ratio of 10 corn varieties used in the study ranged from 30.3 to 38.6%. While the highest value of fodder ratio was TK 6063, the lowest fodder ratio was obtained from OSSK 644 variety. While the highest value of fodder yield among corn varieties used in this study was 41.5 t ha⁻¹ (TK 6063), the lowest fodder yield value was 20.3 t ha⁻¹ (OSSK 602). Iptas et al., (2002) have obtained that the highest value was 23.6 t ha⁻¹ and the lowest value was 18.5 t ha⁻¹ in fodder yield as result of studies carried out in Tokat- Kozova conditions.

Akdeniz et al., (2004) obtained values between 14.6 t ha⁻¹ and 7.4 t ha⁻¹ in fodder yield in the study carried out in Van conditions.

In result of our study carried out Iğdir province conditions, we found that forage and fodder yields obtained from maize varieties was to be higher than the findings of other researchers. It is assume that these differences will be result from different varieties used in study and environmental conditions.

Leaf ratio, stem ratio, cob ratio (%)

While leaf ratio between corn varieties used in the research that we conduct in Iğdir conditions is insignificant, stem and cob ratio was significant. The stem and cob ratio of varieties are range from between 42.3-51.0%, and 36.0-45.6 respectively.

While OSSK 644 variety has higher stem ratio, Hido variety has lowest stem ratio. The highest value and the lowest value in terms of cob ratio among corn varieties was belong to OSSK 602 and OSSK 644 varieties.

Akdeniz et al., (2004) obtained values of cob ratio with 38.2-49.0%, and stem ratio with 28.1-43.6% in study carried out in Van conditions.

Leaf number (Units)

Multiple comparison results belong to leaf number in maize varieties are given in Table 3. Values of between 11.0 and 13.3 in the number of leaves of the corn variety used in this study was obtained. According to our results, while TK 6063 variety has highest leaf

number (13.3), OSSK 602 variety has lowest leaf number (11.0). Gunes and Acar (2006) was found that highest and lowest value in leaf number among maize varieties grown as the second production in a study carried out in Karaman is 15.8 and 13.8 pieces/plant, respectively.

Table 2: Plant height, forage yield, fodder ratio and fodder yield of maize varieties

Varieties	Plant height (cm)	Forage yield t ha ⁻¹	Fodder ratio (%)	Fodder yield (t ha ⁻¹)
72 MAY 80	250.3 bc	83.7 bcd	33.3 bcd	27.4 bc
OSSK 644	313.9 a	88.1 abc	30.3 d	26.6 bc
TK 6063	242.5 bcd	110.5 a	38.6 a	42.6 a
OSSK 596	278.0 ab	95.0 abc	34.6 bcd	32.7 ab
TK 6060	242.1 bcd	96.7 abc	34.0 bcd	32.8 ab
HİDO	242.8 bcd	109.4 a	35.0 bc	38.2 ab
RX 9292	237.1 bcd	87.7 abc	36.3 ab	31.8 abc
71 MAY 69	230.4 cd	82.2 cd	36.6 ab	30.6 abc
SHEMALL	260.8 bc	107.9 ab	33.6 bcd	36.5 ab
OSSK 602	204.2 d	60.5 d	33.6 bcd	20.3 c
Average	250.2	91.7	34.6	31.9

* There were not significant differences in P<0.05 level among averages shown with same letter.

Table 3: Leaf ratio, stem ratio, cob ratio, leaf number and plant weight of maize varieties

Varieties	Leaf ratio (%)	Stem ratio (%)	Cob ratio (%)	Leaf number (Units)	Plant weight (g)
72 MAY 80	16.0	47.4 ab	39.3 cd	13.2 a	879.0 bcd
OSSK 644	15.3	51.0 a	36.0 d	13.0 a	925.2 abc
TK 6063	16.3	47.0 abc	39.6 cd	13.3 a	1160.6 a
OSSK 596	14.3	48.3 ab	39.0 cd	12.6 ab	997.8 abc
TK 6060	14.6	43.0 d	44.6 ab	12.3 ab	1016.3 abc
HİDO	18.0	42.3 d	44.6 ab	13.0 a	1149.6 a
RX 9292	18.3	48.6 ab	38.3 cd	13.0 a	921.6 abc
71 MAY 69	18.0	47.0 abc	40.3 bcd	12.6 ab	863.8 cd
SHEMALL	16.0	44.6 bcd	43.0 abc	12.3 ab	1133.2 ab
OSSK 602	17.6	43.3 cd	45.6 a	11.0 b	635.9 d
Average	16.44	46.25	41.03	12.63	968.3

* There were not significant differences in P<0.05 level among averages shown with same letter.

Plant weight (g)

Plant weights obtained in this study were significant among maize varieties. Multiple comparison results belong to plant weight in maize varieties are given in Table 3. The highest plant and the lowest plant weight in the study was measured as 1160.6 g and 635.9 g. Gunes and Acar (2006) was determined that highest and lowest value in plant weight among maize varieties grown as the second production in a study carried out in Karaman is 1198.0 g and 913.6 g, respectively.

REFERENCES

- Akdeniz, H, Yılmaz İ, Andıç N, Zorer Ş, 2004. A Study on Yield and Forage values of Some Corn Cultivars. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences (YYU J Agr Sci.), 14 (1):47-51.
- Ayaz M, Özpınar H, Yaman S, Acar A, Aksu Y, Yavrutürk Y, Niksarlı İnal F, Aksu S, Aygün Y, 2013. Analysing Yield and Quality Characteristics of Silage Maize Cultivars which are Used Commonly or Could be Used for Second Crop. Harran Journal of Agricultural and Food Science, 17(3):1-11.
- Başbağ M, Demirel R, Gül İ, Saruhan V, 1997. Opportunities to Grow Corn and Sorghum as a Material for Silage in The Region of South-Eastern Anatolia Project. The Republic Of Turkey the First Silage Congress. Hasad Publishing. 251-255. Istanbul.
- Çelebi R, Çelen E, Çelebi Ş.Z, Şahar A.K, 2010. Effects of Different Nitrogen and Phosphorus Doses on The Silage Yield and Feed Value of Corn (*Zea mays* L.). Selçuk Agricultural and Food Science Journal, 24(4):16-24
- Erdogan H, E, 2013. Soil Definition Guide., ISBN: 978-605-4672-20-2.
- Güneş A, Acar R, 2006. The Determination of Growing Possibilities of Hybrid maize Cultivars as Second crop Under Karaman Ecological Conditions. Selçuk Agricultural and Food Science Journal, 20(39): 84-92.
- Hallauer A.R, Carena M.J, Miranda M.J, 1987. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa. ISBN 978-1-4419-0765-3.
- İptaş S, Öz A, Boz A, 2002. The Growing Possibilities of Silage Maize as First Crop in Tokat Kazova Conditions. Journal of Agricultural Sciences, 8(4):267-273
- Keskin B, Akdeniz H, Yılmaz İ.H, Turan N, 2005. Yield and Quality of Forage Corn (*Zea mays* L) as Influenced by Cultivar and Nitrogen Rate. Journal of Agronomy 4(2):138-141.
- Kılıç A, 1986. Silo Yemi (Silo Feed) (Learning and Practice Recommendations), Bilgehan Press, Bornova Izmir, Turkey, p 327..
- Kün E, 1997. Grains II (Warm Climate Cereals). Ankara University Agricultural Faculty Textbook., Pub. No:1360, Ankara, p 141.
- Sade B, 2002. Corn Agriculture. Konya Commodity Exchange Pub. No: 1. Konya.
- Sağlamtimur T, Tansı V, Baytekin H, 1998. Forage Crops Cultivation. Cukurova University Agricultural Faculty Textbook No:74. Adana.
- SPSS Inc., 1991. Statistical Package For The Social Sciences (SPSS/PC+). Chicago, IL.
- Temel S, Tan M, 2002. A Research on Determination of Seeding and Cutting Time in Common Vetch (*Vicia sativa* L.) Under Erzurum Conditions. Journal of the Faculty of Agriculture, 33(4):363-368.

CONCLUSION

The most important feature wanted silage corn production is high forage yield.

According to data obtained from the study we conducted, the most suitable varieties to this criteria are TK6063, HİDO and SHEMALL.

In result of study, moreover, we found that these varieties were advisable to grow in Iğdir conditions.

Sulu Koşullarda Farklı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotiplerinin Tohum Verimi ile Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Ahmet Eren KIR¹, Süleyman TEMEL¹

ÖZET: Bu araştırma sulu koşullarda yetiştirilen farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşit ve populasyonlarının (Cherry Vanilla, French Vanilla, Mint Vanilla, Moqu-Arochilla, Oro de Valle, Populasyon-Çin, Q-52, Rainbow, Read Head, Sandoval Mix ve Titicaca) yetiştirme süresi, bitki boyu, sap kalınlığı, dal sayısı, salkım oranı, tohum verimi, sap verimi, biyolojik verim, hasat indeksi, bin tane ağırlığı, sapta ve tohumda ham protein içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, 2015 yılında İğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Müdürlüğü deneme alanında tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Varyans analiz sonuçları sapta ham protein oranının %5 seviyesinde önemli bulunduğunu, incelenen diğer parametrelerinin ise genotipler arasında çok önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. En yüksek tohum verimi (412.03 kg da⁻¹), hasat indeksi (%43.88) ve bin tane ağırlığı (2.65 g) Titicaca, erkencilik (140.75 gün) Q-52, biyolojik verim (1750.23 kg da⁻¹) Sandoval Mix ve tohumda ham protein oranı (%14.75) ise Populasyon-Çin’de kaydedilmiştir. Sonuç olarak incelemeye alınan tüm çeşit ve populasyonların sulu koşullarda tohum üretimi için rahatlıkla yetiştirilebileceği, özellikle de Titicaca, Q-52, Moqu-Arochilla ve Mint Vanilla çeşitlerinin tohum verimi açısından oldukça ümitvar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kinoa çeşitleri, sulu koşullar, morfolojik özellikler, tohum verimi

Determination of Seed Yield and Some Agronomical Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes under Irrigated Conditions

ABSTRACT: This study was carried out to determine the ripening period, plant height, stem thickness, number of branch per plant, raceme ratio, seed yield, stem yield, biological yield, harvest index, 1000-seed weight, crude protein contents in stem and seed of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) variety and populations (Cherry Vanilla, French Vanilla, Mint Vanilla, Moqu-Arochilla, Oro de Valle, Population-China, Q-52, Rainbow, Read Head, Sandoval Mix and Titicaca) cultivated under the irrigated conditions. The research was conducted in a completely randomized block design with four replications in the field of Agricultural Application and Research Center of Iğdır University in the 2015. The variance analysis results showed that the other parameters examined were significantly different ($P \leq 0.01$) among the genotypes, but crude protein in stem was found significant ($P \leq 0.05$). According to these results, the highest seed yield (412.03 kg da⁻¹), harvest index (43.88%) and 1000-seed weight (2.65 g) were determined in Titicaca, earliness in Q-52 (140.75 days), biological yield in Sandoval Mix (1750.23 kg da⁻¹) and the crude protein for seed in Population-China (14.75%). Consequently, it was revealed that all varieties examined can be cultivated for seed production in irrigated conditions and, especially Titicaca, Q-52, Moqu-Arochilla and Mint Vanilla were determined as hopeful cultivars in terms of seed yield.

Keywords: Quinoa varieties, irrigated conditions, morphologic characteristics, seed yield

¹ İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İğdır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Süleyman TEMEL, stemel33@hotmail.com

GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak azalan tarımsal üretim alanları canlıların yeterli ve dengeli beslenmesinde ciddi problemlere yol açmış ve son yıllarda bilim insanlarının en çok üzerinde durduğu konulardan biri haline gelmiştir. Bu amaçla özellikle çeşitli ekolojik koşullarda kolaylıkla yetişebilecek bitki tür ve çeşitleri ile birim alandan daha fazla besin maddesi üretimi (vitamin, mineral, protein vb.) önem arz etmeye başlamıştır. Günümüzde iklim ve toprak şartları açısından geniş bir adaptasyon kabiliyetine sahip olması sebebiyle birbirinden farklı coğrafi koşullarda yetişebilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisi ilgi odağı olmuştur (Ruales and Nair, 1992; Vega-Galvez et al., 2010).

Bitkisel üretimde karlı bir yetiştiricilik için temel agronomik çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır. Yüksek verimli ve kaliteli kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin bölge koşullarında yeterli düzeyde ekilebilir hale gelmesi ve mevcut çeşitlerin yeterince üreticiye ulaştırılabilmesi, ancak bölgenin iklim ve toprak özelliklerini dikkate alarak yapılacak çeşit adaptasyonu ve agronomik çalışmaların tamamlanması ile mümkündür. Ülkemiz için yeni olan kinoa bitkisinde temel çalışmalar yetersiz olmasına rağmen, Dünyanın farklı coğrafik bölgelerinde yetiştiricilik ve adaptasyonla ilgili pek çok çalışma yürütülmüştür. Örneğin Bertero and Ruiz (2008), Arjantin’de yürüttükleri bir çalışmada dört farklı kinoa çeşidini ele almışlar ve çeşitler arasında ortalama tohum verimlerinin 156.5 kg da⁻¹ ile 342.0 kg da⁻¹, biomas verimlerinin 593.6 kg da⁻¹ ile 836.1 kg da⁻¹, hasat indekslerinin %25.0 ile %42.0 ve bin tane ağırlıklarının ise 2.18 g ile 2.91 g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. İtalya’da yürütülen başka bir çalışmada ise kinoa verim ve kalite özelliklerinin çeşitler arasında önemli farklılıklar gösterdiğini, tohum verimlerinin 342.0 kg da⁻¹ ile 190.0 kg da⁻¹ arasında değiştiği bulunmuştur (Pulvento et al., 2010).

Tarla tarımında amaç, birim alandan en yüksek verim ve kalitede bitkisel ürün elde etmektir. Bu anlamda özellikle yağış miktarı ve sulama faaliyetleri önemli bir rol oynamaktadır. Farklı tür ve ekolojilerde yürütülen çalışma sonuçları yağışın yeterli olduğu ya da yeterli sulama ile bitkilerde önemli verim ve kalite artışlarının sağlandığı rapor edilmiştir (Spehar and De Barros Santos, 2005). Razzaghi et al. (2012), Danimarka’da

Titicaca çeşidi ile yürüttükleri bir çalışmada, tam sulama ile ileri kuraklık seviyelerinin tane verimi ve hasat indeksi üzerine önemli etkilerinin olduğunu, oysa sap verimi ve bin tane ağırlığını etkilemediğini ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlara göre tam sulama yöntemi ile 187.0 kg da⁻¹ tane verimi, 289.0 kg da⁻¹ sap verimi, %39.0 hasat indeksi ve 3.05 g bin tane ağırlığı elde edilmiştir. İleri kuraklık seviyelerinde ise dekara 169.0 kg tane ve 295.0 kg sap verimi, %36.0 hasat indeksi ve 2.99 g bin tane ağırlığı elde etmişlerdir. Bolivya’da yürütülen başka bir çalışmada ise sulamanın verime önemli etkilerinin olduğu, sulama ile dekara 204.0 kg tohum verimi alınırken sulanmayan koşullarda verimin 168 kg da⁻¹’a düştüğü belirtilmiştir (Geerts et al., 2008). Mevcut araştırma ile canlıların besin maddesi açığını azaltabilmek ve ekonomik anlamda karlı bir üretim yapabilmek için hem tohum verimi ve kalite özellikleri bakımından bölge ekolojisine en uygun çeşitler belirlenmiş olacak, hem de akabinde yapılacak olan pek çok bilimsel çalışmaya katkı sağlayacaktır.

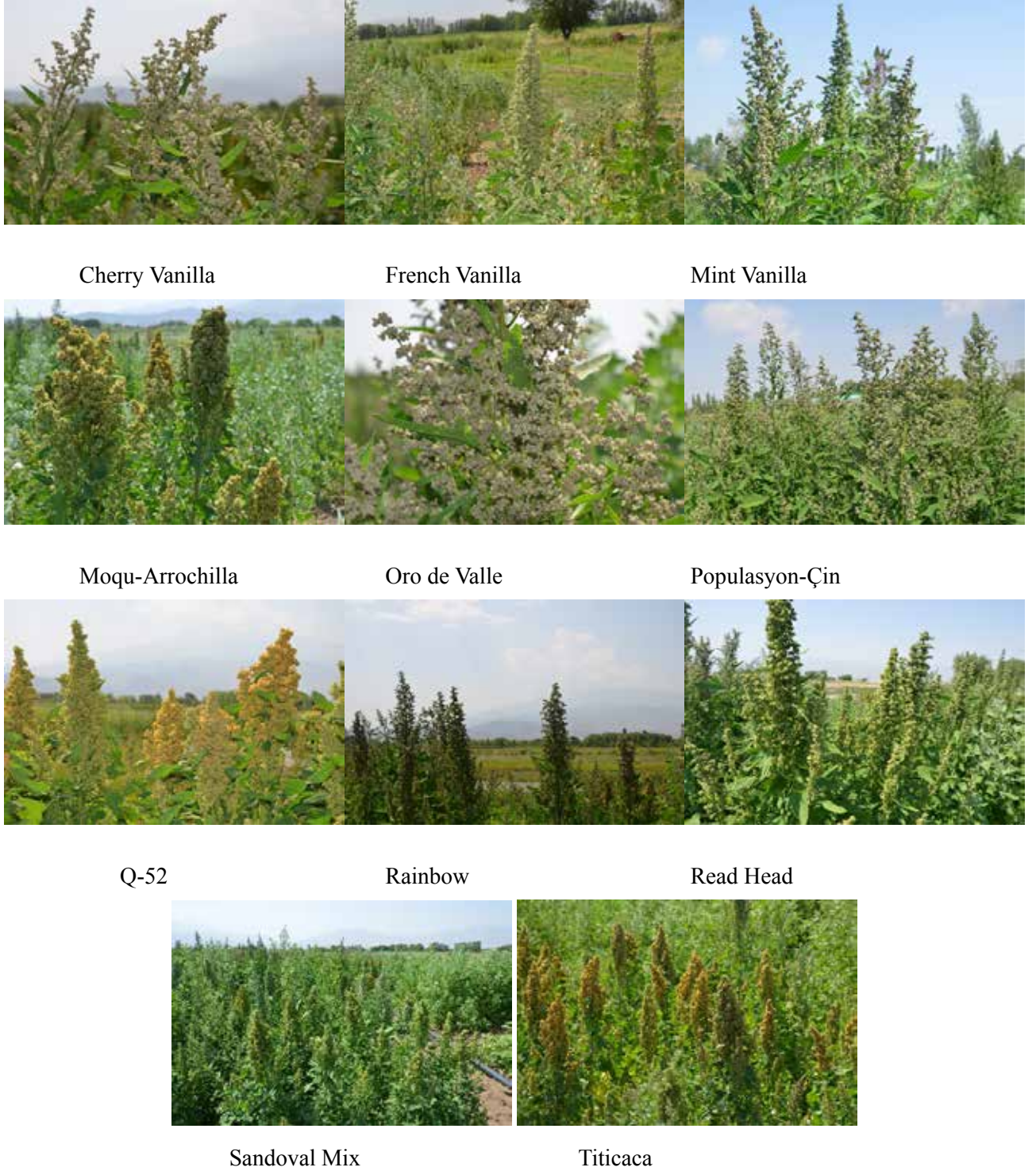
MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 2015 yılında 876 m rakıma sahip Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğüne ait deneme sahasında yürütülmüştür. Mikroklima özelliğe sahip Iğdır ovasında, karasal iklim hâkimdir. Uzun yıllar ortalamasına göre (1950-2014) bölgenin yıllık yağış miktarı 248.4 mm, sıcaklık ortalaması 16.5 °C ve nispi nem değeri %50.5’dir. Araştırmanın yürütüldüğü 2015 yılına ait iklim verileri dikkate alındığında ise yıllık yağış miktarı, ortalama sıcaklık ve nispi nem değerleri sırasıyla 277.6 mm, 22.9 °C ve %47.43 olarak saptanmış ve bu verilere göre denemenin yürütüldüğü dönem uzun yıllar ortalamasına göre daha yağışlı ve sıcak bir yıl olmuştur.

Iğdır ovası topraklarının 1/3’ten daha fazla bir kısmı bilinçsiz tarım uygulama teknikleri, topoğrafik yapı ve iklim özelliğinden dolayı tuz etkisinde kalarak verimliliğini kaybetmiş ve üretim dışı kalmıştır (Özkutlu ve İnce, 1999). Benzer toprak yapısı Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi sahasında da bulunmaktadır. Ancak deneme alanı seçilirken bu gibi aşırı tuzlu toprak özelliği gösteren alanlardan kaçınılmıştır. Ekim öncesi araştırma sahasını temsil edecek şekilde farklı noktalardan 30 cm derinlikten

toprak örnekleri alınmış ve analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına göre toprakların killi-tınlı bünye sınıfında, hafif tuzlu (2 mmhos cm^{-1}), hafif alkali karakterde (pH: 8.0), organik madde içeriği düşük (%1.6), orta kireçli (%6.53), bitkiye yararlı fosfor

içeriği yeterli ($8.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$) ve potasyum yönünden ise zengin ($343 \text{ kg K}_2\text{O da}^{-1}$) olduğu görülmüştür (Kacar, 1986). Çalışmada bitki materyali olarak dünyanın farklı ülkelerinden temin edilen 11 adet kinoa genotipi kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Denemede kullanılan kinoa genotipleri

Deneme sulu koşullarda tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekimler 29 Mart'ta toprağın tavrda olduğu ve toprak sıcaklığının 7-8 °C'ye ulaştığı zaman, 35 cm sıra aralığı ile dekara 150-200 g tohum gelecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Tohumlar önceden hazırlanmış ve markör çekilerek işaretlenmiş çizilere 1.5-2.0 cm derinliğinde elle ekilmişlerdir. Denemede parsel uzunluğu 4 m genişliği ise 2.1 m (6 sıra x 0.35 m) olarak belirlenmiş ve sonuçta her bir parsel alanı 8.4 m² olmuştur. Ekimden önce parsellere 7.5 kg da⁻¹ N (amonyum sülfat %21) ve 8 kg da⁻¹ P₂O₅ (triple süperfosfat %39-41) uygulanmıştır. Her ne kadar toprakta bitkiye yararlı 8 kg fosfor bulunmuş olsa da, öncesinde yapılan araştırma sonuçları kinoa bitkisinin dekara 10 kg ve üzerindeki fosfor dozu uygulamalarına daha iyi tepki verdiğini ortaya koymuşlardır (Jacobsen et al., 1994). Ayrıca toprağa atılan fosforlu gübrelerin ancak %20'sinden bitkiler o yıl içerisinde istifa edebilmektedirler. Mevcut bu sebepten dolayı araştırmada kinoa bitkisine dekara 8 kg fosforlu gübre uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bitkiler 30 cm'ye ulaştığında ilaveten 5 kg da⁻¹ N (amonyum sülfat %21) verilmiştir (Tan ve Yöndem, 2013). Deneme alanların sulanması, salkımların olduğu döneme kadar yağmurlama, daha sonrasında ise salma sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bitkilerin ihtiyacı, yağış ve topraktaki nem durumu göz önünde bulundurularak 74 m derinlikten çıkartılan yeraltı suyu kullanılmıştır. Tohum hasatları, salkımdaki tohumların hasat olgunluğuna geldiği salkımların kuruyup koyu kahverengine dönüştüğü ve ele vurulduğunda dökülmeye başladığı dönem esas alınarak yapılmıştır. Hasat döneminde parsel başlarından 0.5 m'lik kısımlar ve kenardaki birer sıra, kenar tesiri olarak atılmış ve geriye kalan 4.2 m²'lik alanda (3 m x 1.4 m) hasat ve tüm ölçüm işlemleri yapılmıştır. Bu amaçla tohumların hasat edildiği gün her parsel için ayrı ayrı not alınarak yetiştirme süreleri belirlenmiştir. Tohumların hasat edildiği dönemde 10'ar bitki üzerinden olmak şartıyla, kök boğazından en uç tepe kısmına kadar olan mesafe ölçülerek bitki boyu, kumpas aleti ile yerden 5-10 cm yükseklikten sap kalınlığı ve sürgünleri bulunmayan salkım hariç olmak üzere bitki gövdesinden çıkan toplam dal sayıları belirlenmiştir. Hasat sonrasında örnekler önce açık havada daha sonra 40 °C'ye ayarlı kurutma fırınında kurutulup tartılmış ve toplam

ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bitkilerden sap ve salkımlar ayırt edilerek salkım oranı, salkımlar harman edilerek tohum verimleri ve sapsapları tartılarak sap verimleri belirlenmiştir. Dekara sap ve tohum verimleri belirlendikten sonra basit bir eşitlik vasıtasıyla (sap + tohum verimi) genotiplerin dekara biyolojik verimleri, tohum verimi / (tohum verimi + sap verimi) x 100 formülü ile hasat indeksleri ve hasat edilen her bir parselden 100'er adet tohum 4 tekerrürlü olarak sayılıp, tartılmış ve sonra ortalaması alınıp 10 ile çarpılarak 1000 tane ağırlıkları (g) hesaplanmıştır.

Sap verimleri belirlenen örnekler 60 °C'ye ayarlı kurutma fırınında 48 saat süreyle kurutulup, 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüştür. Daha sonra hassas terazide tartılarak alınan yaklaşık 0.3-0.5 g'lık öğütülmüş örneklerde Mikro Kjeldahl metoduna göre toplam azot tayini yapılmış ve yüzde (%) azot oranları 6.25 katsayısı ile çarpılarak Kacar (1972) ve Akyıldız (1984)'ın belirttiği esaslara göre saptaki ham protein oranları (%) belirlenmiştir. Tohum hasadından sonra elde edilen kurumuş tohum örnekleri öğütme değirmeninde öğütülmüş ve daha sonra saptaki ham protein oranının belirlenmesinde takip edilen yol izlenerek tohumda ham protein oranları (%) belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen değerlerin ikiden fazla değişken arasındaki anlamlılığını test etmek için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) kullanılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testine göre karşılaştırılıp gruplandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sulu koşullarda yetiştirilen farklı kinoa genotiplerinin yetiştirme süresi, bitki boyu, sap kalınlığı ve dal sayısına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde çeşitler arasında çok önemli farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Bu sonuçlar ele alındığında Q-52 ve akabinde Titicaca çeşidinin diğer çeşitlerden daha erken bir sürede hasat olgunluğuna geldiği belirlenmiştir. Yetiştirme süreleri arasında oluşan bu farklılıklar çeşitlerin genetik yapılarına bağlı olarak erkenci veya geçici olmalarından kaynaklanabilir.

Konu ile ilgili olarak Jacobsen (2003), beş farklı kinoa çeşidini üç yıl boyunca yetiştirmişler ve çeşitlerin ortalama yetiştirme sürelerini birinci yıl 157 gün, ikinci yıl 121 gün ve üçüncü yıl 153 gün olarak belirlemişlerdir.

İkinci yıl yağışların azlığına bağlı olarak yaşanan kuraklık sonucu incelemeye alınan kinoa genotiplerinin daha kısa bir yetiştirme süresine sahip olduklarını rapor etmişlerdir. Mevcut bu sonuçlar bizim bulgularımızla uyum içerisinde olup, sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

Bitki boyu açısından incelendiğinde, genotiplerin ortalama bitki boyu 118.27 cm olarak belirlenmiş ve en uzun bitki boyu Oro de Valle çeşidinde ölçülürken, en düşük Moqu-Arochilla ile Q-52 çeşitlerinde ölçülmüştür (Çizelge 1). Bu durum, çeşitlerin genetik yapılarından veya ekolojiye olan tepkilerinin farklılığından kaynaklanabilir. Curti et al. (2012),

Arjantin'in kuzey bölgesinde 34 kinoa populasyonu ile yürütmüş oldukları çalışmalarında populasyonlara ait bitki boylarının incelemeye alınan populasyonlar arasında önemli derecede farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada bitki boyları 23.2 cm ile 181.0 cm arasında değişmiş ve bulgularımızla benzerlik göstermiştir.

Genotiplere ait ortalama sap kalınlıkları incelendiğinde 15.91 mm olarak belirlenmiş, Mint Vanilla, French Vanilla ve Oro de Valle diğer çeşitlere göre daha fazla sap kalınlığına sahip olurken, Q-52 ve Titicaca çeşitleri en düşük değere sahip olmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı kinoa genotiplerine ait bazı özellikler ve varyans analiz sonuçları

Çeşitler	Yetiştirme Süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Sap Kalınlığı (mm)	Dal Sayısı (adet bitki ⁻¹)
Populasyon-Çin	157.50±3.32 a	107.43±2.62 c	16.30±0.24 bc	21.48±2.06 de
Titicaca	148.75±2.06 b	98.75±2.74 d	12.13±0.22 e	18.55±1.58 f
Q-52	140.75±5.74 c	90.75±4.59 e	12.08±0.17 e	15.10±1.84 g
Rainbow	153.25±2.22 ab	128.00±1.83 b	15.75±0.52 c	24.80±1.13 a-c
Read Head	153.25±2.22 ab	135.75±2.50 a	16.23±0.56 bc	22.50±1.61 cd
Sandoval Mix	157.50±3.32 a	109.33±0.94 c	15.68±0.35 c	22.73±1.93 cd
Cherry Vanilla	157.75±5.12 a	126.23±1.69 b	16.53±0.68 b	23.23±2.06 b-d
French Vanilla	157.75±2.87 a	135.25±2.22 a	18.70±0.42 a	23.98±1.05 a-c
Mint Vanilla	157.50±3.32 a	137.50±1.91 a	18.53±0.10 a	26.03±0.30 a
Oro de Valle	157.50±4.80 a	138.50±1.29 a	19.05±0.37 a	25.45±0.25 ab
Moqu-Arochilla	155.00±5.42 a	93.45±2.64 e	14.10±0.39 d	19.38±1.79 ef
Ortalama	154.23±6.15	118.27±18.13	15.91±2.34	22.11±3.49
F-Değeri	7.43**	232.22**	141.48**	18.10**
CV (%)	3.99	15.33	14.70	15.64

** %1 seviyesinde önemlidir. a,b,c, Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.01 ihtimal seviyesinde önemlidir.

Çeşitler arasında sap kalınlıklarının farklı olduğu pek çok araştırmacı tarafından da ortaya konmuştur. Curti et al. (2012), yetiştirdikleri 34 kinoa populasyonuna ait ortalama sap kalınlıklarının 2.8 mm ile 9.2 mm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Yine Spehar and De Barros Santos (2005) Brezilya ekolojik koşullarında 26 kinoa hattı ile yürüttükleri bir çalışmada incelemeye

alınan hatların ortalama sap kalınlıklarının 4.7 mm ile 7.6 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ancak bu sonuçların, mevcut araştırmamızda elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun, incelemeye alınan çeşit ve populasyonların farklı olmasının yanı sıra, ekolojik koşulların ve agronomik uygulamaların farklı olmasından kaynaklandığı

düşünülebilir. Örneğin mevcut araştırmamızda Q-52 çeşidinin ortalama sap kalınlığı 12.08 mm iken, İtalya'da yürütülen bir çalışmada ise Q-52 çeşidine ait dal çapının 6.9 ile 7.4 mm arasında değiştiği bulunmuştur (Pulvento et al., 2010).

Kinoa genotiplerine ait dal sayıları incelendiğinde en fazla dal sayısı Mint Vanilla çeşidinden elde edilirken en az dallanma Q-52 çeşidinde meydana gelmiştir (Çizelge 1). Dal sayılarında oluşan bu farklılık, çeşitlerin farklı genetik yapıya sahip olmasıyla ve boylanmalardaki farklılıklarla ilişkilendirilebilir. Konu ile ilgili olarak Curti et al. (2012), Arjantin'de yürüttükleri bir çalışmada 34 kinoa populasyonunu ele almışlar ve kantitatif gözlemler sonucunda kinoa populasyonlarına ait dal sayılarının bitki başına 0 adet ile 24 adet arasında değişkenlik gösterdiğini ve ortalama dal sayılarının 8.7 adet bitki⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Oysa mevcut araştırmamızda incelemeye alınan kinoa çeşitlerinden elde edilen ortalama dal sayıları 22.11 adet bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir. Oluşan bu

farklılığın incelemeye alınan çeşitlerin farklı olması ve çeşitlerin ekolojik koşullara farklı tepki vermesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Sulu koşullarda yetiştirilen farklı kinoa çeşit ve populasyonlarının salkım oranı, tohum verimi, sap verimi ve biyolojik verimlerine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde genotipler arasında oluşan farklılık çok önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Bu sonuçlara göre en yüksek salkım oranı Titicaca ve Moqu-Arochilla çeşitlerinde bulunurken en düşük salkım oranı sırasıyla Populasyon-Çin, French Vanilla ve Sandoval Mix çeşitlerinde belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu durum, çeşitlerin genetik yapısına bağlı olarak daha büyük veya küçük salkıma sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

Tohum verimleri incelendiğinde en düşük tohum verimi French Vanilla çeşidinde elde edilirken, en yüksek tohum verimi sırasıyla Q-52 ve Titicaca çeşitlerinden sağlanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı kinoa genotiplerine ait bazı özellikler ve varyans analiz sonuçları

Çeşitler	Salkım Oranı (%)	Tohum Verimi (kg da ⁻¹)	Sap Verimi (kg da ⁻¹)	Biyolojik Verim (kg da ⁻¹)
Populasyon Çin	56.40±4.74 d	265.95±18.49 de	977.85±124.36 b	1236.76±54.37 b
Titicaca	69.18±4.88 a	412.03±22.67 a	528.78±52.74 g	939.42±48.03 e
Q-52	67.70±4.72 ab	400.43±45.04 a	663.83±50.38 f	1063.47±96.94 d
Rainbow	61.90±3.01 b-d	315.25±29.69 c	886.48±86.72 b-d	1201.22±116.78 bc
Read Head	65.08±3.70 a-c	312.63±17.92 c	845.80±81.32 c-e	1158.43±98.15 b-d
Sandoval Mix	55.58±1.37 d	242.63±8.07 e	1507.60±38.65 a	1750.23±44.20 a
Cherry Vanilla	64.50±4.44 a-c	251.08±6.58 de	795.03±36.83 de	1046.10±32.81 de
French Vanilla	55.95±5.41 d	176.73±10.32 f	982.05±99.74 b	1158.78±101.60 b-d
Mint Vanilla	59.93±2.98 cd	361.10±13.50 b	916.10±42.27 bc	1276.63±42.34 b
Oro de Valle	61.95±3.49 b-d	255.70±10.31 de	836.25±46.51 c-e	1090.37±29.02 cd
Moqu-Arochilla	68.98±2.88 a	284.18±19.27 cd	762.35±68.02 ef	1046.53±81.86 de
Ortalama	62.47±6.01	297.97±71.33	882.01±246.20	1178.90±215.62
F-Değeri	6.66**	45.20**	47.63**	32.98**
CV (%)	9.62	23.94	27.91	18.29

** %1 seviyesinde önemlidir. a,b,c, Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.01 ihtimal seviyesinde önemlidir.

Kinoa bitkisi ile farklı coğrafyalarda yapılan çalışma sonuçları tohum verimlerinin çeşitlere göre önemli farklılıklar oluşturduğunu göstermektedir. Konu ile ilgili olarak Pulvento et al. (2010), İtalya da yürüttükleri bir çalışmada, tohum verimlerinin 190.0 kg da⁻¹ ile 328.0 kg da⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Oluşan bu farklılıkların genetik yapıya bağlı olarak çeşitlerin tohum üretim kapasitelerinin farklı olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak yapılan çalışma sonuçları tohum verimlerinin çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Sulu koşullarda yetiştirilen genotiplerin sap verimleri incelendiğinde en düşük verim Titicaca çeşidinden elde edilirken, en yüksek verim ise Sandoval Mix çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 2).

Görülen bu farklılıklar çeşitlerin genetik yapılarının farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Iliadis and Karyotis (2000), Yunanistan ekolojik koşullarında Avrupa ve Latin Amerika varyetelerine ait 25 kinoa çeşidi ile yürüttükleri bir çalışmada, kinoa varyetelerinin ortalama sap verimlerinin 389.5 kg da⁻¹ ile 362.37 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, Danimarka'da Titicaca çeşidi ile yürütülen başka bir çalışmada ise çeşide ait verimin 289.0 kg da⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Razzaghi et al., 2012). Bu sonuçlar bizim bulgularımızdan daha düşük bulunmuştur. Bu durum, kullanılan çeşit, tarımsal uygulamalar (gübreleme, sulama v.b.) ve bölgenin ekolojik faktörlerindeki (iklim, toprak v.b.) farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Biyolojik verimler incelendiğinde en yüksek biyolojik verim Sandoval Mix çeşidinden elde edilirken, en düşük Titicaca çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 2). Çeşitler arasında oluşan farklılıkların, çeşitlerin sahip oldukları sap ve tohum verimlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Birçok araştırmacı bitkilerde tohum verimi ile biyolojik verimlerin sıkı bir ilişki içerisinde olduğunu ve tohum veriminde meydana gelen artışların biyolojik verimleri de arttırdığını belirtmişlerdir (Albayrak ve ark., 2005). Bir kısım araştırmacılar ise biyolojik verimlerin yüksek olmasının sap verimlerinin yüksek olmasından kaynaklandığını rapor etmişlerdir (Kaya ve ark., 2000).

Hasat indeksi, bin tane ağırlığı, sapta ham protein oranı ve tohumda ham protein oranına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde sapta ham protein oranı %5 düzeyinde önemli iken, diğer özellikler bakımından genotipler arasında oluşan farklılık çok önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Bu sonuçlara göre en yüksek hasat indeksi Titicaca çeşidinden elde edilirken, en düşük ise French Vanilla ve Sandoval Mix çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu sonuçlar, Titicaca çeşidinde hasat indeksinin %33 ile %47 arasında değiştiğini belirleyen Razzaghi et al. (2012)'nin bulguları ile uyum içerisinde olmuştur. Benzer sonuçlar Dünya'nın farklı ülkelerinde yapılan çalışmalarda da elde edilmiş ve kinoa çeşitleri arasında hasat indekslerinin farklılık gösterdiği ortaya konmuştur. Pulvento et al. (2010), İtalya'da iki yıl süre ile yürüttükleri çalışmada hasat indekslerinin çeşitler arasında farklılık gösterdiğini ve %39.2 ile %57.3 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Diğer araştırmalar Akdeniz kuşağındaki ülkelerde yetiştirilen kinoa çeşitlerinde hasat indeksinin sırasıyla %24-59 (Lavini et al., 2014), Arjantin'de ise %25 ile %42 (Bertero and Ruiz, 2008) arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Bin tane ağırlıkları incelendiğinde en yüksek değer Titicaca çeşidinde, en düşük ise sırasıyla Sandoval Mix ve Cherry Vanilla çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Çeşitli ekolojilerde yürütülen çalışma sonuçları da kinoa genotipleri arasındaki bin tane ağırlıklarının değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğin, Bertero and Ruiz (2008), Arjantin'de yürüttükleri bir çalışmada dört farklı kinoa çeşidini ele almışlar ve çeşitler arasında bin tane ağırlıklarının ise 2.18 g ile 2.91 g arasında değiştiğini belirtirken, Akdeniz iklim özelliği gösteren İzmir'de farklı yıllarda ve farklı yetiştirme tekniklerinin uygulandığı çalışmalarda, Q-52 çeşidine ait ortalama bin tane ağırlığının 3.20 g ile 3.37 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Geren ve ark., 2014; Geren ve ark., 2015; Geren, 2015).

Elde edilen bu sonuçlar, mevcut araştırmamızda incelemeye alınan Q-52 çeşidinin bin tane ağırlığından daha yüksek bulunmuştur. Bunun da ekolojik koşulların ve yetiştirme tekniklerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3. Farklı kinoa genotiplerine ait bazı özellikler ve varyans analiz sonuçları

Çeşitler	Hasat İndeksi (%)	Bin Tane Ağırlığı (g)	Sapta HP Oranı (%)	Tohumda HP Oranı (%)
Populasyon Çin	21.51±1.29 f	2.23±0.17 c-e	5.36±0.67 ab	14.75±1.02 a
Titicaca	43.88±1.68 a	2.65±0.19 a	4.59±0.96 a-c	9.19±1.40 c
Q-52	37.62±1.68 b	2.60±0.08 ab	5.55±1.40 a	12.50±1.62 ab
Rainbow	26.27±1.06 d	2.40±0.32 a-d	4.38±1.31 a-c	12.84±1.36 ab
Read Head	27.04±0.98 cd	2.38±0.13 a-d	3.59±0.51 c	12.53±0.66 ab
Sadowal Mix	13.86±0.32 g	2.00±0.08 e	3.63±0.81 bc	12.50±1.15 ab
Cherry Vanilla	24.03±1.22 e	1.98±0.25 e	3.53±0.95 c	13.31±1.15 ab
French Vanilla	15.33±1.51 g	2.30±0.14 b-d	5.02±0.94 a-c	13.76±2.16 ab
Mint Vanilla	28.29±0.85 c	2.18±0.10 de	4.24±1.48 a-c	13.28±2.35 ab
Oro de Valle	23.45±0.76 e	2.53±0.24 a-c	3.47±0.91 c	11.87±1.20 b
Moqu-Arochilla	27.19±1.29 cd	2.53±0.21 a-c	5.35±1.27 ab	12.35±1.07 ab
Ortalama	26.22±8.44	2.34±0.28	4.43±1.21	12.62±1.85
F-Değeri	204.47**	6.03**	2.29*	3.63**
CV (%)	32.18	11.77	27.31	14.64

* ve ** sırasıyla %5 ve %1 seviyesinde önemlidir. a,b,c, Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.01 ihtimal seviyesinde önemlidir.

Çizelge 3 incelendiğinde sapta ham protein oranları en yüksek Q-52 çeşidinden elde edilirken, en düşük oranlar ise Read Head, Cherry Vanilla ve Oro de Valle çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Bilindiği üzere topraktaki tuzluluktan kaynaklanan kuraklık ile su yetersizliğinden oluşan kuraklık, bitkilerde aynı fizyolojik tepkiye neden olmaktadır (Yaşar ve ark., 2012). Sulu koşullarda yetişen bitkiler daha gümrak gelişerek sap kalınlıkları artmakta ve artan sap kalınlığına bağlı olarak da daha fazla lif içeriğine sahip olmaktadır. Ayrıca, artan sap kalınlığı bitkilerde yaprak/sap oranını düşürmektedir. Bu da bitkilerde yapısal olmayan karbonhidrat miktarlarının azalmasına ve dolayısıyla sapta ham protein içeriğinin düşmesine neden olmaktadır. Nitekim yaprak/sap oranı azaldıkça, bitki bünyesinde selüloz ve lignin gibi yapısal maddelerin miktarlarında artışlar, protein gibi yapısal olmayan karbonhidrat oranlarında ise azalışlar görülmektedir (Özyiğit ve Bilgen, 2006).

Tohumda ham protein oranı incelendiğinde ortalama ham protein oranı %12.62 olurken, çeşitler

arasında en yüksek oran Populasyon-Çin genotipinden elde edilirken, en düşük değer ise Titicaca çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 3). Benzer sonuçlar farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda da ortaya konmuş ve Bhargava et al., (2008) tarafından tohumdaki ham protein içeriklerinin %12.55 ile %21.02, Shams (2011) tarafından ise %16.0 ile %23.0 arasında değiştiği belirtilmiştir.

SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre yarı kurak iklim özelliğine sahip Iğdır ekolojik koşullarında incelemeye alınan tüm kinoa genotiplerinin sulu şartlarda tohum üretimi için kolaylıkla yetiştirilebileceği, özellikle de Titicaca, Q-52, Moqu-Arochilla ve Mint Vanilla çeşitlerinin incelenen parametreler açısından öne çıktığı görülmüştür. Ayrıca kinoanın besleme özellikleri ve piyasadaki birim fiyatının yüksekliği göz önüne alındığında, bu ve benzer iklim ve toprak koşullarına sahip bölgelerdeki üreticiler için yüksek gelir sağlayan bir ürün olacağı kanısına varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Projemize (TOVAG-2140232) maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akyıldız AR, 1984. Yemler Bilgisi ve Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay. No: 895, Uygulama Kitabı No: 213, Ankara, 236 s.
- Albayrak S, Güler M, Töngel Ö, 2005. Yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) hatlarının tohum verimi ve verim öğeleri arasındaki ilişkiler. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1): 56-63.
- Bertero HD, Ruiz RA, 2008. Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. European Journal of Agronomy, 28(3): 186-194.
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D, 2008. Implications of direct and indirect selection parameters for improvement of grain yield and quality components in *Chenopodium quinoa* Willd. International Journal of Plant Production, 2(3): 183-191.
- Curti RN, Andrade AJ, Bramardi S, Vela'squez B, Bertero HD, 2012. Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from northwest Argentina. Annals of Applied Biology, ISSN 0003-4746.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Vacher J, Mamani R, Mendoza J, Huanca R, Morales B, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C, 2008. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy, 28: 427-436.
- Geren H, 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. Turkish Journal of Field Crops, 20(1): 59-64.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M, 2015. Bornova ekolojik koşullarında farklı sıra arası uzaklıkların kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 52(1): 69-78.
- Geren H, Kavut YT, Topçu GD, Ekren S, İştıpliler D, 2014. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da farklı ekim zamanlarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51(3): 297-305.
- Iliadis C, Karyotis T, 2000. Evaluation of various quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) originated from Europe and Latin America, in crop development for the cool and wet regions of Europe. Proceedings of the Final Conference of the COST Action 814, by G. Parente & J Frame, eds. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92: 894-0227, p. 505-509.
- Jacobsen SE, 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International, 19(1-2): 167-177.
- Jacobsen SE, Jørgensen I, Stølen O, 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark, J. Agr. Sci. 122: 47-52.
- Kacar B, 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 453, Ankara, 464 s.
- Kacar B, 1986. Gübreler Gübreleme Tekniği. T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları, No: 20, Ankara.
- Kaya N, Yılmaz G, Telci İ, 2000. Farklı zamanlarda ekilen kişniş (*Coriandrum sativum* L.) populasyonlarının agronomik ve teknolojik özellikleri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24: 355-364.
- Lavini A, Pulvento C, d'Andria R, Riccardi M, Choukr-Allah R, Belhabib O, Jacobsen SE, 2014. Quinoa's potential in the Mediterranean region. Journal of Agronomy and Crop Science, 200(5): 344-360.
- Özkutlu F, İnce E, 1999. Harran ovasının mevcut tuzluluğu ve potansiyel yayılım alanı. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2: 909-914.
- Özyiğit Y, Bilgen M, 2006. Bazı baklagil yembitkilerinde farklı biçim dönemlerinin bazı kalite faktörleri üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1): 29-34.
- Pulvento C, Riccardi M, Lavini A, d'Andria R, Iafelice G, Marconi E, 2010. Field trial evaluation of two chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(6): 407-411.
- Razzaghi F, Ahmadi SH, Jacobsen SE, Jense, CR, Andersen MN, 2012. Effects of salinity and soil-drying on radiation use efficiency, water productivity and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Agronomy and Crop Science, 198(3): 173-184.
- Ruales JB, Nair M, 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. Plant Foods Human Nutrition, 42: 1-11.
- Shams AS, 2011. Combat degradation in rain fed areas by introducing new drought tolerant crops in Egypt. International Journal of Water Resources and Arid Environments, 1(5): 318-325.
- Spehar CR, De Barros Santos RL, 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian savannah. Pesquisa Agropecuaria. Brasileira, Brasília, 40(6): 609-612.
- Tan M, Yöndem Z, 2013. İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Alınleri Zirai Bilimler Dergisi, 25(B): 62-66.
- Vega-Galvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA, 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an Ancient Andean grain: a review. Journal of the Science Food Agriculture. 90: 2541-2547.
- Yaşar F, Kuşvuran Ş, Ellialtıoğlu Ş, 2012. Tuzluluk ve kuraklık stresi çalışmalarında antioksidant enzim aktiviteleri ile dayanıklılık arasındaki ilişkilerin incelenmesi. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14, Konya.

Farklı Dozda Kıbele Gübre Uygulamasının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Verimine Etkisi

Gülsüm YALDIZ¹, Mahmut ÇAMLICA¹, Sabri Arda ERATALAR², Muhittin KULAK³

ÖZET: Bu araştırma, 2015-2016 yılları arasında Bolca Hindi A.Ş.'ye ait araştırma ve uygulama deneme alanında, farklı kıbele gübre uygulamalarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim değerlerine olan etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu kapsamda, kıbele gübresinin 4 farklı dozu (750, 1000, 1250 ve 1500 kg da⁻¹) kullanılmıştır. Fesleğen bitkisine ait bitki boyu, bitki başına düşen dal sayısı, yaş herba ve kuru herba verimine ilişkin değerlerin değişimi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toplam yeşil herba verimi 1764.96–4751 kg da⁻¹, kuru herba verimi 316.58–744.30 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam yaş ve kuru herba değerleri kontrol uygulamasından elde edilmiş olup, 750 kg da⁻¹ kıbele gübre dozundan elde edilen verim değerleri ile kontrolden elde edilen verim değerleri benzerlik göstermektedir. Artan gübre dozlarına bağlı olarak bitki veriminde azalma belirlenmiştir. Sonuç olarak, incelenen dozlar arasından 750 kg da⁻¹ kıbele gübre dozunun fesleğen verimi üzerine olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; denemenin her iki yılında da yaş ağırlık ve kuru ağırlık ($r=0.762$ ve $r=0.895$), yaş ağırlık ve bitki boyu ($r=0.456$ ve $r=0.494$) arasında anlamlı ve olumlu bir korelasyon belirlenmiştir ($p<0.01$).

Anahtar kelimeler: Fesleğen, kıbele, kuru ağırlık, *Ocimum basilicum*, yaş ağırlık

The Effects of Different Kıbele Fertilizer Applications on Yield of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.)

ABSTRACT:The present study was performed to determine the effects of different Kıbele fertilizer applications on the yield of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) during 2015-2016 years at the experimental fields of Bolca Hindi Inc. Co. In this context, four different doses (750, 1000, 1250 and 1500 kg da⁻¹) were applied. The changes in plant height, branch number per plant, fresh herbage yield (kg da⁻¹), dry herbage yield (kg da⁻¹) of sweet basil were examined. According to the results; the yields of fresh herbage, dry herbage were 1764.96 – 4751 kg da⁻¹, 316.58 – 744.30 kg da⁻¹ respectively. The highest fresh herbage and dry herbage values were obtained from control application. Kıbele with 750 kg da⁻¹ dose exhibited similar results with control application. The yield was decreased with increasing doses of fertilizer. As a result of this research, 750 kg da⁻¹ application of Kıbele fertilizer dose had significant effect on yield of basil. According to the results; they are significant and positive correlations between fresh herbage yield and dry herbage yield ($r=0.762$ and $r=0.895$) and fresh herbage yield and plant height ($r=0.456$ and $r=0.494$) for the both years, respectively were determined ($p<0.01$).

Keywords: Dry weight, fresh weight, kıbele, *Ocimum basilicum*, sweet basil

¹ Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri, Bolu, Türkiye

² Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği, Bolu, Türkiye

³ Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edibiyat Fakültesi, Biyoloji, Kilis, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gülsüm YALDIZ, g_yaldiz@hotmail.com

GİRİŞ

Son yıllarda tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımına ilişkin talep giderek artmakta olup söz konusu bitkilerin kalite olarak geliştirilmesine ve bilinçli tüketimlerinin teşvik edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkilerdeki etkili maddelerin nitelik ve nicelik olarak değişimi bitkilerin genetik yapısına, yetiştiği iklim koşullarına ve uygulanan agronomik işlemlere göre değişmektedir. Bu kapsamda (uygulanan agronomik işlemler kapsamında) günümüzde ön plana çıkan organik tarım, neredeyse dünyadaki tüm ülkelerde uygulanırken, üretim alanı ve üretici sayısı da giderek artmaktadır. Türkiye’de 325.831 hektar alanda organik tarım yapılmakta ve organik gübreleme direkt olarak bitkinin verimine, kimyasal bileşimine ve kalitesine etki etmektedir (Dinç, 2014).

Ocimum türleri içinde fesleğen (*O. basilicum* L.) en fazla ekonomik öneme sahip olup, morfolojik ve kimyasal olarak geniş varyasyon göstermektedir. Fesleğen, Labiateaea familyasından olup, Güney Asya, özellikle Hindistan kökenli bir bitki olan, tropik ve ılıman bölgelerde yaygınlık gösteren tek yıllık bir bitkidir. Daha çok Fransa, İtalya ve İspanya’da kültürü yapılmaktadır (Ceylan, 1997). Fesleğen, Türkiye’de özellikle Batı ve Güney Anadolu’da yetiştirilmektedir. Türkiye’de zengin bir kimyasal varyasyon gösteren fesleğenin, değişik alanlarda kullanılan bileşenlerin (linalool, citral, metil cinnamate, metil eugenol vb.) elde edilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğu saptanmıştır (Telci ve ark., 2005). Fesleğen uçucu yağı, tıpta mide rahatsızlıklarında, yatıştırıcı, gaz söktürücü, idrar yolları antiseptiği, ağrı dindirici, balgam söktürücü, solucan düşürücü, sakinleştirici, öksürük kesici, ağız ve diş şikayetlerinde, ishal ve kronik dizanteride, solunumla ilgili rahatsızlıklarda ve mantar hastalığının tedavisinde etkilidir (Baytop, 1999; Baranauskienė et al., 2003). Fesleğen, bitkisindeki kimyasal ve morfolojik farklılıklardan dolayı baharat, uçucu yağ üretimi gıda, içecek, kozmetik ve süs amaçlı geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir (Javanmardi et al., 2002). Türkiye’de ise baharat ve süs amaçlı yetiştiriciliği yapılmakta, ticari potansiyeli yeterince değerlendirilmemektedir. Değişen çevresel koşullara adaptasyon ve uyumun sağlanabilmesi için çeşitli tarımsal uygulamalar yapılmaktadır. Bunlar canlı ve cansız çevresel koşullara tolerans gösterebilen

ekonomik ve gıda değeri yüksek olan bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, bitkilerin çeşitli büyüme düzenleyicileri ile ön koşullandırılmaları ya da doğrudan gübreleme yöntemleri ile bitkilerin veriminin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan kibebe gübresi, temel gübre özelliğinde olan belirli bir sürede işlenerek tam fermente ve pelet formunda çıkan, analiz değerleri ve üretim prosesleri açısından uygun olan organik bir gübre çeşididir. Ayrıca bu gübre, pH olarak nötr veya nötre yakın olması, organik maddece zengin olması, içeriğinde böcek, kurt, sinek, zararlı protozoalar ve mikrobiyolojik etkenlerden arındırılmasından dolayı değerli bir gübredir (Anonim, 2011). Bu çalışma, kibebe uygulamasının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim değerlerine etkisini belirlemek üzere yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Materyali, Deneme Dizaynı ve Bitki Büyümesi

Araştırmada materyal olarak Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi koleksiyon bahçesinden sağlanan yeşil yapraklı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tohumları kullanılmıştır. Deneme alanı toprakları toplam azot (% 0.62) bakımından orta, potasyum (51.04 ppm) bakımından orta, fosfor bakımından (12.19 ppm) zengin, kireç bakımından (CaCO₃ % 23.80) yüksek, organik madde bakımından (%3.10) ise orta humusludur. Toprak yapısı killi, hafif alkali (pH=7.6), EC değeri ise 0.527 mS cm⁻¹ olup, toprak hafif tuzludur (Anonim, 2016a). Denemenin yürütüldüğü 2015 yılı vejetasyon dönemi (Mayıs-Eylül aylarında) boyunca; ortalama sıcaklık 19.1°C, toplam yağış miktarı 259.1 mm ve ortalama nem miktarı % 71.8 olarak, 2016 yılı vejetasyon döneminde ortalama sıcaklık 18.0°C, toplam yağış miktarı 208.8 mm, ortalama nem miktarı % 70.86 olarak belirlenmiştir (Anonim, 2016b). Deneme alanı tesadüf blokları deneme desenine göre, 2015 ve 2016 yılları vejetasyon döneminde, Bolca Hindi A.Ş. Araştırma ve Deneme alanında 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme sıra arası 30 cm, sıra üzeri 20 cm ve her parselde 5 sıra bulunacak şekilde düzenlenmiş olup, toplam deneme alanı 120(15x8) m² ‘dir. Tohumlar 07.05.2015 ve 04.05.2016 tarihlerinde ekilmiştir. Gübresiz kısımlara herhangi bir gübre

uygulanmamıştır. Kontrol alanına ekimle birlikte 12 kg da⁻¹ diamonyum fosfat (DAP %18 N) taban gübresi uygulanmış, üst gübre olarak ise 15-26 Haziran 2015/20-25 Temmuz 2016 tarihlerinde toplam 8 kg da⁻¹ amonyum sülfat (AS, 20.5% N) uygulanmıştır. Farklı dozda (750, 1000, 1250, 1500 kg da⁻¹) kibele ekimle birlikte deneme parsellerine uygulanmıştır. Kibele organik madde içeriği % 72 (toplam azot; %2, organik azot; %1, toplam P₂O₅; %1.2, suda çözünür K₂O; 1.1), Humik+ Fluvik asit değerleri (% 61.5), EC değeri 2.6, Karbon/Nitrojen oranı 17.4 ve Ph değeri 5-7 olan bir gübredir. Denemede yabancı ot kontrolü için herhangi bir kimyasal işlem yapılmamıştır. Deneme alanına su ihtiyacına bağlı olarak 2-3 gün ara ile damlama sulama yapılmış ve her sulamanın arkasından yabancı ot temizliği, çapalama gibi bakım işlemlerine devam edilmiştir. 2015 yılı hasatları 14 Temmuz-13 Ağustos-10 Ekim 2015 ve 2016 yılı hasatları ise 17 Temmuz- 20 Ağustos -10 Ekim 2016 tarihlerinde olmak üzere her iki deneme yılında da bitkinin çiçeklenme başlangıcında üç biçim yapılmıştır. Bitkinin her bir

biçiminden elde edilen toprak üstü çiçekli yapraklı dalları 35 °C'de kurutulmuştur.

İstatistik Analiz

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi ve Pearson korelasyonu (*r*) kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda Kibele gübresinin çeşitli dozları kullanılarak fesleğen bitkisinin verim parametrelerinin artırılması hedeflenmiştir. Farklı Kibele gübre uygulaması yapılan fesleğen bitkisinin bitki boyu, dal sayısı, yaş ve kuru herba verimi arasında her iki yıla ait değerler arasında korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 1). Çalışmada ayrıca incelenen parametreler arasında nasıl bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin deneme yıllarına göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmıştır.

Çizelge 1. Deneme yıllarında elde edilen değerler arasında korelasyon

	2015 yılı				2016 yılı			
	Yaş ağırlık	Kuru ağırlık	Bitki boyu	Dal sayısı	Y. ağırlık	K.ağırlık	B.boyu	D.sayısı
Yaş ağırlık	1	0.762**	0.456**	-0.041	1	0.895**	0.494**	0.268
Kuru ağırlık	.762**	1	.596	.077	0.895	1	0.450	0.173
Bitki boyu	.456	.596**	1	.155	0.494	0.450**	1	0.339*
Dal sayısı	-.041	.077	.155	1	0.268	0.173	0.339	1

** p<0,01 düzeyinde anlamlı; * p<0,05 düzeyinde anlamlı

Denemenin ilk yılında elde edilen bulgulara göre; farklı hasat zamanı ve gübre uygulamalarının bitkinin yaş ağırlık (p=0.043), kuru ağırlık (p=0.000) ve bitki boyuna (p=0.000) etkisine ilişkin anlamlı farklılıklar belirlenirken bitki başına düşen dal sayısında (p=0.561) ise anlamlı değişimler meydana gelmemiştir.

Denemenin ikinci yılında elde edilen bulgulara göre; farklı hasat zamanı ve gübre uygulamalarının bitkinin kuru ağırlık (p=0.050), bitki boyu (p=0.028) ve dal sayısına (p=0.012) etkisine ilişkin anlamlı farklılıklar belirlenirken bitkinin yaş ağırlığına (p=0.117) etkisi ise anlamlı bulunmamıştır.

Deneme yıllarına göre elde edilen veriler, yapılan uygulama ve dozlara bakılmaksızın incelenen parametrelerde meydana gelen değişimlerin korelasyonu yapılmıştır. Bu amaçla Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Pearson korelasyon analiz katsayılarına (*r*) göre; denemenin her iki yılında da yaş ağırlık ve kuru ağırlık (*r*=0.762 ve *r*=0.895), yaş ağırlık ve bitki boyu (*r*=0.456 ve *r*=0.494) arasında anlamlı ve olumlu bir korelasyon belirlenmiştir (p<0.01). Denemenin her iki yılında bitkinin yaş ağırlığı ve dal sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon belirlenmiş, ancak denemenin birinci yılında bitkinin yaş ağırlığı ve

dal sayısı arasında negatif ($r=-0,041$), ikinci yılında ise pozitif ($r=0,268$) bir korelasyon belirlenmiştir.

Gübre uygulamaları ile birlikte verim parametrelerinde meydana gelen değişimlerin anlamlı fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları aşağıdaki gibidir. Denemenin ilk yılında elde edilen bulgulara göre; toplam yaş ağırlık verimi ($p=0,022$), toplam kuru ağırlık verimi ($p=0,001$)

ve ortalama bitki boyunda ($p=0,014$) anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Ancak, bitki başına düşen ortalama dal sayısında önemli değişimler belirlenmemiştir ($p=0,438$). Öte yandan denemenin ikinci yılında elde edilen değerlere göre; toplam yaş ağırlık verimi ($p=0,231$), toplam kuru ağırlık verimi ($p=0,401$), ortalama bitki boyunda ($p=0,229$) ve bitki başına düşen dal sayısında ($p=0,068$) anlamlı değişimler belirlenmemiştir.

Çizelge 2. Farklı biçim zamanlarında *Ocimum basilicum*'un bitki boyu değerleri (cm)

Doz(kg/da)	2015 yılı				2016 yılı			
	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Ortalama	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Ortalama
Gübresiz	32.59 g	52.18 de	56.89 cd	47.22 b	34.44 c	52.63 ab	46.89 abc	44.65 b
Kontrol	45.27 ef	58.05 cd	72.84 ab	58.72 a	57.67 a	50.60 ab	56.18 a	54.81 a
750	44.93 ef	58.00 cd	65.12 bc	56.02 a	54.26 a	46.27 abc	56.78 a	52.44 ab
1000	42.09 f	61.11 cd	80.07 a	61.09 a	47.47 abc	54.33 a	55.40 a	52.40 ab
1250	45.37 ef	57.76 cd	64.25 bc	55.79 a	55.13 a	46.00 abc	53.58 a	51.57 ab
1500	40.88 fg	60.62 cd	66.21 bc	55.90 a	55.40 a	38.07 bc	56.54 a	50.00 ab

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Bitki Boyu

Farklı dozda kibe uygulamalarının etkisi bitki boyu değerlerinde, istatistiksel açıdan % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Bitki boyu değerleri 32.59 - 80.07 cm arasında değişmiştir. En yüksek bitki boyuna 2015 yılında 3. biçimde, 80.07 cm ile 1000 kg da⁻¹ kibe gübresinde ulaşıırken, 2016 yılında ise 3. biçimde, 56.78 cm ile 750 kg da⁻¹ kibe gübresinde ulaşılmıştır. En yüksek ortalama bitki boyları; 2015 yılında, 1000 kg da⁻¹ kibe gübresinde (61.09 cm), 2016 yılında, kontrol gübresinde (54.81 cm) belirlenmiştir. En kısa bitki boyları ise; her iki yılda gübresiz alanda, 1. biçimden elde edilmiş olup, bu değerler 2015 ve 2016 yılları için sırasıyla 32.59 cm, 34.44 cm'dir. Ortalama olarak ise en kısa bitki boyları yine gübresiz alanda, 47.22 cm (2015), 44.65 cm (2016) ile elde edilmiştir. Ceylan (1997), 50-60 cm; Telci ve ark. (2005), Türkiye'de kültürü yapılan bazı fesleğen genotiplerinde 22.9-57.0 cm; Erşahin (2006), farklı fesleğen popülasyonlarında 40.0-76.9 cm; Ekren ve ark., (2009), 33.9-60.4 cm; Aslan (2014) 37.64-95.00 cm arasında değiştiği bildirilmiştir. Omer et al., (2008) yedi farklı fesleğen

türü ile yaptıkları çalışmada bitki boyunu 43. 86-68.26 cm arasında bulmuşlardır. Yaldiz et al., (2015), Rize-Pazar koşullarında mor ve yeşil yapraklı fesleğen ile yaptıkları çalışmada fesleğen boyunun 38.9-98.7 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. *Amaranthus caudatus* bitkisi üzerine yapılan bir çalışmada kanatlı gübresinin 7 farklı dozu (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 ton ha⁻¹) denenmiş ve en uzun bitki boyu 15 ton ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Mshelia and Degri, 2014). Üç farklı fesleğen (*O.basilicum*, *O. sanctum* and *O. citriodorum*) türünün herba ve uçucu yağ üretimi üzerine 125 ve 150 ppm humik asit ile 100 ve 200 gr tavuk gübresinin etkilerinin araştırıldığı saksı çalışmasında, 100 gr tavuk gübresi ile 125 ppm humik asitin, bitki boyunu artırdığı saptanmıştır (El-Sayed et al., 2015). Mucize ağacı (*Moringa oleifera* Lam) bitkisi üzerine yürütülen bir çalışmada 0, 5, 10 ton ha⁻¹ kanatlı gübresi uygulanmış ve çalışma sonucunda 5 ve 10 ton ha⁻¹ kanatlı gübre miktarlarının kontrole göre bitki boyunu artırdığı belirtilmiştir (Ndubuaku et al., 2015). Çalışmadan elde edilen bitki boyu değerleri araştırmacıların bulguları ile uyum içerisindedir.

Çizelge 3. Farklı biçim zamanlarında *Ocimum basilicum*'un Dal sayısı değerleri (adet bitki⁻¹)

Doz(kg/da)	2015 yılı				2016 yılı			
	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Ortalama	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Ortalama
Gübresiz	5.80	5.80	5.80	5.80	3.67 b	3.67 b	3.67 b	3.67 b
Kontrol	5.87	5.87	5.87	5.87	6.87 a	6.87 a	6.87 a	6.87 a
750	5.57	5.57	5.57	5.57	7.90 a	7.90 a	7.90 a	7.90 a
1000	6.90	6.90	6.90	6.90	7.00 a	7.00 a	7.00 a	7.00 a
1250	7.31	7.31	7.31	7.31	7.00 a	7.00 a	7.00 a	7.00 a
1500	6.34	6.34	6.34	6.34	5.67 ab	5.67 ab	5.67 ab	5.67 ab

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Farklı dozda kıbele uygulamalarında ortalama dal sayısı değerleri 3.67-7.90 adet bitki⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Denemenin ilk yılında en yüksek dal sayısına 1250 kg da⁻¹ kıbele gübresinde ulaşılmıştır, denemenin ikinci yılında 750 kg da⁻¹ kıbele gübresinde ulaşılmıştır. Sarıhan ve ark. (2004), farklı azot dozlarında fesleğende ortalama dal sayısının 11.25-13.55 adet bitki⁻¹ arasında belirtmişlerdir. Omer et al., (2008) yedi farklı fesleğen türü ile yaptıkları çalışmada bitki dal sayısını ise 7.53 ile 33.80 arasında bulmuşlardır. Yaldiz et al., (2015), Rize-Pazar ekolojik koşullarında, mor ve yeşil yapraklı fesleğende dal sayısı değerlerini 19.0-26.2 adet bitki⁻¹ arasında bulmuşlardır.

Üç farklı fesleğen türünde herba verimi üzerine tavuk gübresi ile humik asitin etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, bitki dal sayısını tavuk gübresi ile humik asit uygulamasının artırdığı belirlenmiştir (El-Sayed et al., 2015). Ndubuaku et al., (2015), Mucize ağaç (*Moringa oleifera* Lam) bitkisine kanatlı gübresini 0, 5, 10 ton ha⁻¹ dozlarını uygulamışlar ve çalışma sonucunda 5 ve 10 ton ha⁻¹ kanatlı gübre dozunun kontrole göre dal sayısını artırdığını vurgulamışlardır. Araştırmadan elde edilen bitki dal sayısı değerleri diğer araştırmacıların bulgularından düşük bulunmuştur. Bu farklılığın;

bitki çeşit özelliği, ekim sıklığı ve yetiştirilen alanlarda çevre koşulları (sıcaklık, yağış, nem, gün uzunluğu) gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bitki Yaş Herba Ağırlığı

Kıbele gübresinin farklı dozlarının fesleğende yaş herba verimi (kg da⁻¹) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Biçim zamanlarını genel ortalama üzerinden değerlendirdiğimizde, 2015 yılında birinci biçimde en düşük (484.59 kg da⁻¹), üçüncü biçimde ise en yüksek (2199.82 kg da⁻¹) yeşil herba verimi elde edilmiştir. Toplam yeşil herba veriminin 1764.96 ile 4751.96 kg da⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek toplam yaş herba verimi kontrol uygulamasından elde edilmiş, bunu 750 kg da⁻¹ kıbele gübre uygulaması takip etmiştir. 2016 yılında ise en düşük (666.46 kg da⁻¹) ve en yüksek (1569.54 kg da⁻¹) yeşil herba verimi üçüncü biçimde elde edilmiştir. Toplam yeşil herba veriminin 1998.71 ile 3872.69 kg da⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek toplam yaş herba verimi yine kontrol uygulamasından elde edilmiş ve 750 kg da⁻¹ kıbele uygulaması bunu takip etmiştir. Denemenin ilk yılında daha yüksek toplam yaş verimine ulaşılmıştır.

Çizelge 4. Farklı biçim zamanlarında *Ocimum basilicum*'un yaş ağırlık değerleri (kg da⁻¹)

Doz(kg/da)	2015 yılı				2016 yılı			
	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Toplam	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Toplam
Gübresiz	484.59 c	611.11 c	669.26 c	1764.96 b	857.48 abc	703.23 bc	666.46 bc	2227.18
Kontrol	1296.54 abc	1255.60 abc	2199.82 a	4751.96 a	1337.78 ab	968.77 abc	1566.15 a	3872.69
750	1489.43 abc	1157.04 abc	1956.21 ab	4602.68 a	923.09 abc	881.18 abc	1569.54 a	3373.81
1000	657.81 c	1413.01 abc	1219.49 abc	3290.31 ab	694.45 bc	1022.12 abc	952.82 abc	2669.39
1250	1228.49 abc	1462.98 abc	1394.71 abc	4086.18 a	902.13 abc	849.95 abc	1194.71 ab	2946.80
1500	826.13 c	926.61 bc	1134.06 abc	2886.80 ab	794.57 abc	336.75 c	867.39 abc	1998.71

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Bitki Dal Sayısı

Literatür çalışmaları incelendiğinde; toplam yeşil herba verimini, Telci ve ark. (2005), farklı fesleğen genotiplerinde yürüttükleri çalışmada 1609.1-5345.8 kg da⁻¹; Erşahin (2006), Diyarbakır ekolojik koşullarında 1719.2-4450.0 kg da⁻¹ arasında belirlemişlerdir. Aslan (2014), yedi farklı fesleğen genotipi ile yaptığı çalışmada, yeşil herba verim ortalamalarını 1236.83-3576.76 kg da⁻¹ arasında tespit etmiştir. Ekren ve ark., (2009), farklı dikim sıklıklarının fesleğen bitkisinde verim ve kalite özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, 2007 yılı yeşil herba verimi 642.2-3901.2 kg da⁻¹, 2008 yılında ise yeşil herba verimini 568.9-3256.0 kg da⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Yaldiz et al., (2015) mor ve yeşil yapraklı fesleğen ile yaptıkları çalışmada yaş herba verimini 1869.3- 6184.2 kg da⁻¹ olarak bulmuşlardır. El-Sayed et al., (2015), üç farklı fesleğen türünde yaptıkları çalışmada, 100 g tavuk gübresi ile 125 ppm humik asidin bitki yaş ağırlığını

artırdığını ifade etmişlerdir. Kanatlı gübresinin *Corchorus oltorius* bitkisinin verimi artırdığı belirtilmiştir (Adejoro, 2011). Yeşil herba verimine ilişkin bulduğumuz sonuçlar, araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Bitki Kuru Herba Ağırlığı

Genel ortalama üzerinden biçim zamanlarını değerlendirdiğimizde, ilk yıl en düşük kuru herba verimi II. biçimde (80.15 kg da⁻¹); en yüksek kuru herba verimi ise III. biçimde (440.68 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Toplam kuru herba verimi 316.58 ile 744.30 kg da⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek toplam kuru herba veriminin kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında en düşük kuru herba verimi II. biçimde (92.44 kg da⁻¹), en yüksek kuru herba verimi ise III. biçimde (212.01 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Toplam kuru herba veriminin 288.92 ile 491.74 kg da⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek toplam kuru herba verimi kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 5. Farklı biçim zamanlarında *Ocimum basilicum*'un kuru ağırlık değerleri (kg da⁻¹)

Doz(kg da ⁻¹)	2015 yılı				2016 yılı			
	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Toplam	I. Biçim	II. Biçim	III. Biçim	Toplam
Gübresiz	103.66 cde	80.15 e	132.77 b-e	316.58 b	125.80 abc	101.21 bc	136.10 abc	363.11
Kontrol	139.50 b-e	224.46 bcd	380.34 a	744.30 a	187.29 ab	92.44 bc	212.01 a	491.74
750	138.73 b-e	158.15 b-e	440.68 a	737.56 a	143.32 abc	114.14 abc	209.01 a	466.48
1000	73.76 e	126.08 b-e	235.55 bc	435.38 b	99.81 bc	149.92 abc	132.21 abc	381.94
1250	150.67 b-e	226.25 bcd	255.34 b	632.25 a	105.11 bc	118.71 abc	175.34 ab	399.16
1500	98.94 de	109.14 cde	217.56 bcd	425.65 b	123.17 abc	52.18 c	113.56 abc	288.92

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Literatür çalışmaları incelendiğinde; Sarıhan ve ark. (2004), farklı azot dozlarında fesleğen toplam kuru herba veriminin 248.8-270.3 kg da⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Tuğrul Ay (2005), fesleğende farklı sıra arası mesafe uygulamasında çiçeklenme döneminde en yüksek kuru herba verimini 353.3 kg da⁻¹, çiçeklenme sonrası dönemde ise 573.3 kg da⁻¹ olarak tespit etmiştir. Ekren ve ark. (2009), 2007 ve 2008 yıllarında iki yıl süreyle yürüttükleri çalışmada, 2007 yılında drog herba veriminin 116.6-942.1 kg da⁻¹, 2008 yılında drog herba veriminin 92.0-558.8 kg da⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır. Moghaddam (2010), 2007 ve 2008 yıllarında yaptığı çalışmada, 2007 yılında drog herba verimini 403 kg da⁻¹ olarak, 2008 yılı drog herba verimini ise 509 kg da⁻¹ olarak bulmuştur. Telci ve ark. (2005), Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen genotiplerinde drog herba verimini 255.7-712.7 kg da⁻¹ olarak belirtmişlerdir. Yaldiz et al., (2015), Rize-Pazar ekolojik koşullarında, kuru herba verimini 284.8-865.8 kg da⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Hint ekinezyası (*Andrographis paniculata* Nees)’nın verim ve verim değerleri üzerine tavuk, domuz ve inek gübrelerinin farklı dozlarının (2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 ton ha⁻¹) etkisinin araştırıldığı çalışmada, 12.5 ton ha⁻¹ tavuk gübresinden diğer gübrelere oranla daha yüksek yaprak alan indeksi ile toplam kuru ağırlık elde ettiklerini bildirmişlerdir (Detpiratmongkol et al., 2014). Kuru herba verimi ile ilgili bulduğumuz sonuçlar, araştırmacıların bulguları ile uyum içerisindedir.

KAYNAKLAR

- Adejoro SA, Okunlola AI, Fakanlu G 2011. Evaluation of some manure types for the growth and yield of watermelon in Southwestern Nigeria. *Researcher*, 3: 393-395.
- Anonim, 2011. Livane tarım. <http://www.livanetarim.com>. (Erişim Tarihi: 21 Aralık, 2016).
- Anonim, 2016 a. Bolu İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü.
- Anonim, 2016 b. Bolu Devlet Meteoroloji İstasyonu Kayıtları.
- Aslan DF, 2014. Farklı fesleğen (*Ocimum Basilicum* L.) genotiplerinde ontogenetik ve morfogenetik varyabilitenin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 40-50s
- Baranauskiene R., Venskutonis PR, Viskelis P, Dambrauskiene E, 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *Journal and Agricultural Food Chemistry*, 51: 7751-7758.

SONUÇ

Gübreleme bitki yetiştiriciliğinde üreticiye maddi yük getiren en önemli unsurlardan biri olup, üreticiler arasında gübreleme miktarının artması ile verim ve kalite artacağı yönünde genel bir yanlışlık mevcuttur. Bu çalışma ile kıbele gübre uygulamasında en ideal organik gübre dozu belirlenmeye çalışılmış ve kıbelele yetiştiricilikte yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Yetiştiricilikte en önemli parametre olan verimi ele aldığımızda kıbele gübre dozunun artması verimi azaltmıştır. Bu yüzden organik gübreleme iyi bir toprak analizi ile birlikte uygulanarak, hem gübre maliyetinden tasarruf edilmiş olacak, hemde yüksek fayda sağlanacaktır. Ayrıca, kıbele gübre uygulaması, kontrol (konvansiyonel tarım) ile kıyaslandığında verimde bir artış olmamıştır. Ancak organik tarımın gerek toprak gerekse bitki kalitesine pozitif etkisi göz önüne alındığında ve aynı zamanda sürdürülebilirliğinin sağlanmasında konvansiyonel tarıma göre avantaj sağlayacaktır. Bu çalışma kıbele gübresi ile yapılacak çalışmalar daha etkin sonuçlar alınması için katkı sağlamış olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bolca Hindi A.Ş. araştırma ve uygulama arazisinde yürütülmüş olup, Bolca Hindi A.Ş.’ye desteklerinden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

- Baytop T, 1999. Türkiye’de Tıbbi Bitkilerle Tedavi (Geçmişte ve Bugün). Nobel Tıp Kitapevleri (İlaveli ikinci Baskı).
- Ceylan A, 1997. Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu Yağ Bitkileri). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:481, Bornova, İzmir, 306s.
- Detpiratmongkol S, Ubolkerd ST, Yoosukyingstaporn S, 2014. Effects of chicken, pig and cow manures on growth and yield of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees). *Journal of Agricultural Technology*, 10: 475-482.
- Dinç E, 2014. Sater (*Satureja Hortensis* L.) bitkisinde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite unsurlarına etkileri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ekren S, Sönmez Ç, Sancaktaroğlu S, Bayram E, 2009. Farklı dikim sıklıklarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46: 165-173.

- El-Sayed AA, El-Hanafy SH, El-Ziat RA, 2015. Effect of chicken manure and humic acid on herb and essential oil production of *Ocimum* sp.. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences,15: 367-379.
- Erşahin L, 2006. Diyarbakır ekolojik koşullarında yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) popülasyonlarının agronomik ve kalite özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Ezeibekwe IO, Ogonnaya CI, Onuoha CI, 2009. Comparative effect of poultry manure and urea on the growth and yield of maize (*Zea mays*). Report and Opinion, 1: 37-40.
- Javanmardi J, Khalighi A, Kashi A, Bais HP, Vivanco, JM, 2002. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 5878–5883.
- Moghaddam AMD, 2010. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)’de farklı bitki sıklığı ve azot dozlarının verim, verim öğeleri, uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 100-113s.
- Mshelia JS, Degri MM, 2014. Effect of different levels of poultry manure on the performance of *Amaranthus* (*Amaranthus caudatus* L.) in bama, Nigeria. International Journal of Science and Nature, 5; 121-125.
- Ndubuaku UM, Ede AE, Kayode Paul Baiyeri KP, Ezeaku PI, 2015. Application of poultry manure and the effect on growth and performance of potted *Moringa* (*Moringa oleifera* L.) plants raised for Urban dwellers’ use. African journal of Agricultural Research, 10: 3575-3581.
- Omer EA, Said-Al Ahl HAH, and Hendawy SF, 2008. Production, chemical composition and volatile oil of different basil species/ varieties cultivated under Egyptian soil salinity conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 4: 293-300s.
- Sarıhan EO, İpek A, Gürbüz B, Arslan N, 2004. Farklı azot dozlarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)’de herba verimi ve uçucu yağ oranı üzerine etkisi. XV. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 6-9 Ekim 2004, 305-310s, Antalya.
- Telci İ, Bayram E, Yılmaz G, Avcı AB, 2005. Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen (*Ocimum* spp) genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu (Sonuç Raporu). TOGTAG-3102 No’lu Proje, TÜBİTAK.
- Tuğrul Ay S, Uçar E, Turgut K, 2005. Farklı bitki sıklığının fesleğen (*Ocimum basilicum*)’in ön verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya.
- Yaldız G, Gül F, and Kulak M, 2015. Herb yield and chemical composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil in relation to the different harvest period and cultivation conditions. African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines, 12: 71-76.

Determination of Chemical Composition and Nutritive Value of Some Vegetables Leaves for Ruminant Animals

Çağrı Özgür ÖZKAN¹, Özer KURT¹, Ali İhsan ATALAY², Emrah KAYA¹, Adem KAMALAK¹

ABSTRACT: The current experiment was carried out to determine the chemical composition and nutritive value of leaves of some vegetables for ruminant animals. The species significantly ($P<0.001$) affected the chemical composition of vegetable leaves. The dry matter (DM), crude ash (CA) crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of vegetables leaves varied between 8.29 and 20.89%, 17.78 and 26.36%, 13.55 and 22.51%, 24.84 and 35.72%, and 16.18 and 25.93% respectively. The CP contents of leaves from *Raphinus radricula* and *Raphinus sativus* were significantly ($P<0.001$) higher than the other vegetables. The NDF content of leaves from *Beta vulgaris* was significantly ($P<0.001$) higher than the others. The ADF content of *Raphinus sativus* was significantly ($P<0.001$) higher than the others. The species significantly ($P<0.001$) affected the gas production, metabolisable energy and methane production although OMD of vegetable leaves was not significantly ($P>0.05$) affected by species. The gas production of vegetable leaves varied between 37.93 and 45.25 ml. The gas production of *Daucus carota var atrorubens* and *Apium graveolens* were significantly ($P<0.001$) higher than the others. The metabolisable energy ranged from 8.90 to 10.16 MJ/kg DM. The methane production (ml) varied between 8.90 to 10.16 ml. The methane production of *Beta vulgaris* was significantly ($P<0.001$) higher than the others. The percentage of methane production ranged from 17.60 to 25.46%. Leaves of vegetables from *Daucus carota var atrorubens*, *Daucus carota*, *Raphinus radricula*, *Raphinus sativus*, *Apium graveolens* and *Beta vulgaris* have a significant potential to provide considerable amount of energy and protein for ruminant animals. However high level of methane production potential of leaves of *Beta vulgaris* should be taken into consideration when included into ruminant diets.

Keywords: Metabolisable energy, *in vitro* gas production, organic matter digestibility, vegetables leaves

Bazı Sebze Yaprakların Kimyasal Kompozisyonları ve Ruminant Hayvanlar için Besleme Değerinin Belirlenmesi

ÖZET: Bu çalışma bazı sebze yapraklarının kimyasal kompozisyonunu ve ruminantlar için besleme değerini belirlemek için yürütülmüştür. Sebzenin türü yaprakların kimyasal kompozisyonunu önemli ($P<0.001$) derecede etkilemiştir. Sebzelerin kuru madde, ham kül, ham protein, nötral deterjan fiber, asit deterjan fiber içerikleri sırasıyla %8.29 ile 20.89, %17.78 ile 26.36, %13.55 ile 22.51, %24.84 ile 35.72 ve %16.18 ile 25.93 arasında değişmiştir. Kırmızı ve beyaz turp yaprağının ham protein içeriği diğer sebzelerin ham protein içeriğinden önemli derecede ($P<0.001$) daha yüksek bulunmuştur. Şeker pancarı yaprağının nötral deterjan fiber içeriği diğer sebzelerin nötral deterjan fiber içeriğinden önemli derecede ($P<0.001$) daha yüksek bulunmuştur. Sebze türü sebzelerin gaz üretimini, metabolik enerji ve metan üretimini önemli derecede ($P<0.001$) etkilerken sebzelerin organik madde sindirim derecesini önemli derecede ($P>0.05$) etkilememiştir. Sebzelerin gaz üretimi 37.93 ile 45.25 ml arasında değişmiştir. Siyah havuç ve kereviz yaprağından üretilen gaz miktarı diğer sebzelerden önemli derecede ($P<0.001$) daha yüksek bulunmuştur. Sebzelerin metabolik enerji içeriği 8.90 ile 10.16 MJ/kg arasında değişmiştir. Sebzelerin metan üretimi 6.67 ml ile 11.13 ml arasında değişmiştir. Şeker pancarı yaprağının metan üretimi diğer sebzelerin metan üretiminden daha yüksek bulunmuştur. Metan gazı üretiminin yüzdesel olarak 17.60 ile 25.46 arasında değişmiştir. Siyah havuç, beyaz havuç, kırmızı turp, beyaz turp, kereviz ve şeker pancarı yaprağı ruminant hayvanlara enerji ve protein sağlamada önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte şeker pancarının ruminant hayvanların rasyonlarına katılması durumunda şeker pancarının yüksek miktarda metan üretim potansiyeli göz önüne alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Metabolik enerji, *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirim derecesi, sebze yaprakları

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni, Kahramanmaraş, Türkiye

² İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni, İğdır, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Çağrı Özgür ÖZKAN, cagri@ksu.edu.tr

INTRODUCTION

Forages are very important components of ruminant diets, which provide energy, protein and minerals. There is a considerable shortage of high quality forage availability in Turkey as in many parts of world.

Therefore the non-conventional feed resources such as byproducts from vegetable farming have been used in ruminant diets to overcome the forage shortages (Karkoodi et al., 2012; Akinfemi, 2012; Azevedo et al., 2012; Ezeldin et al., 2016).

Although every year, considerable amount of vegetable byproducts has been produced in Turkey, the vegetable byproducts have not used effectively in ruminant diets due to lack of information about chemical composition and nutritive value such as metabolisable energy and digestibility. It is well known that the major constraint of inclusion of vegetable by products into ruminant diets is the available information about the vegetable by products.

Therefore the aim of the current experiment was to obtain some information about chemical composition and nutritive value such as metabolisable energy and digestibility using approximate analysis and *in vitro* gas production technique.

MATERIAL AND METHOD

After harvesting, the leaves of vegetables from *Daucus carota var atrorubens*, *Daucus carota*, *Raphanus radicularis*, *Raphanus sativus*, *Apium graveolens* and *Beta vulgaris* were collected and dried in the laboratory. Dry matter (DM), crude ash (CA), Crude protein contents of leave samples were determined by method of AOAC (1990). Neutral and acid detergent fibers were analyzed by the method of Van Soest et al. (1991).

In vitro gas and methane production

Approximately 0.200 gram of vegetable leaves were incubated with buffered rumen fluid for 24 h in a water bath at 39 °C in triplicate using the methods of Menke et al. (1979). Rumen fluid was obtained from three fistulated sheep fed twice daily with a diet containing alfalfa hay (60 %) and concentrate (40 %).

Methane contents (%) of total gas produced at 24 h fermentation of samples were measured using an infrared methane analyzer (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) (Goel et al., 2008).

The metabolisable energy (MJ/kg DM) and OMD of vegetable leaves were estimated with equations of Menke and Steingass (1988) as follows:

$$ME \text{ (MJ/kg DM)} = 2.20 + 0.1357 GP + 0.057 CP + 0.0028597EE^2 \quad (1)$$

$$OMD \text{ (\%)} = 15.38 + 0.8453 GP + 0.595 CP + 0.675CA \quad (2)$$

Where,

GP is 24 h net gas production (ml/200 mg),

CP = Crude protein (%)

EE: Ether extract (%)

CA: Crude ash (%)

Statistical analysis

Data of vegetable leaves were evaluated using one-way analysis of variance. Differences among means were determined with Tukey's multiple range tests.

RESULTS AND DISCUSSION

The effect of species on the chemical composition of vegetable leaves is given in Table 1. The species

significantly ($P < 0.001$) affected the chemical composition of vegetables leaves. The DM contents of vegetable leaves varied between 8.29 and 20.89%. The DM contents of leaves from *Daucus carota* and *Beta vulgaris* were significantly ($P < 0.001$) higher than the others. The DM contents of leaves from *Raphanus radicularis* and *Raphanus sativus* were consistent with the findings of Islam et al. (2004), AbdEl-Fattah (2014) and Wadhwa and Bakshi (2013). The DM contents of

Daucus carota var atrorubens and *Daucus carota* were consistent with that reported by Azevedo et al. (2012) but higher than that reported by Wadhwa and Bakshi (2013). The DM content of leave of *Beta vulgaris* was consistent with that reported by Carter (2015) and Ak and Uzatici, (2011) but higher than that reported by Islam et al. (2004) and Gurbuz and Kaplan (2008). The DM content of *Apium graveolens* was in agreement with that reported by AbdEl-Fattah (2014) but lower than that reported by Carter (2015).

Some of the differences in DM contents of leaves are likely associated with harvesting stage of vegetables. It is well known that harvesting stage is the most important factor affecting the DM contents of plants. The DM contents of plants increased with advancing maturity (Kamalak 2010; Kamalak et al., 2011).

The CP contents of vegetable leaves varied between 13.55 and 22.51%. Some of the differences in

CP contents of vegetables leaves are likely associated with harvesting stage of plant. It is well known that harvesting stage is the most important factor affecting the CP content of plant. The CP content of plants decreased with advancing maturity (Kamalak 2010; Kamalak et al., 2011).

The CP contents of *Raphinus radricula* and *Raphinus sativus* were higher than the other vegetables. It seems to be likely that all vegetables leaves studied in the current experiment will meet the CP requirements of ewes for maintenance and lactation since the CP content of vegetables leaves studied in this experiment higher than those requested for maintenance and lactation of sheep.

El-Shatnawi and Mohawesh (2000) indicated that the level of CP for ewes at maintenance and lactation should be higher than 7-9% and 10-12% respectively.

Table 1. The effect of species on the chemical composition of vegetable leaves

Vegetable Species	DM	CA	CP	NDF	ADF	EE
<i>Daucus carota var atrorubens</i>	19.38 ^b	21.93 ^{ab}	13.55 ^f	27.58 ^{bc}	24.88 ^{ab}	6.17 ^c
<i>Daucus carota</i>	20.89 ^a	24.19 ^{ab}	18.36 ^d	28.21 ^b	21.95 ^{bc}	5.14 ^c
<i>Raphinus radricula</i>	8.29 ^d	26.36 ^a	20.87 ^b	24.84 ^c	22.91 ^{abc}	19.79 ^a
<i>Raphinus sativus</i>	9.14 ^d	22.95 ^{ab}	22.51 ^a	27.78 ^b	25.93 ^a	13.55 ^b
<i>Apium graveolens</i>	10.92 ^c	17.78 ^b	19.46 ^c	29.57 ^b	19.95 ^c	15.74 ^b
<i>Beta vulgaris</i>	20.45 ^{ab}	19.42 ^b	17.30 ^e	35.72 ^a	16.18 ^d	18.02 ^a
SEM	0.436	2.014	0.164	0.841	0.900	0.654
Sig	***	***	***	***	***	***

^{a-bc} Column means with common superscripts do not differ ($P < 0.05$); S.E.M. – standard error mean; Sig. – significance level; DM – Dry matter %, CA: crude ash %, CP – Crude protein%, NDF – Neutral detergent fiber %, ADF – Acid detergent fiber%, EE: Ether extract (%), *** $P < 0.001$

The CA contents of vegetable leaves varied between 17.78 and 26.36%. The CA contents of *Daucus carota var atrorubens* and *Daucus carota* were in agreement with that reported by Ezeldin et al. (2016). The CA content of *Raphinus radricula* and *Raphinus sativus* were consistent with those reported by Wadhwa and Bakshi (2013). The CA content of *Beta vulgaris* was in agreement with that reported by

Gurbuz and Kaplan (2008) and Wadhwa and Bakshi (2013) but lower than that Ezeldin et al. (2016). Some of the differences in CA contents of leaves are likely associated with harvesting stage of plants. It is well known that harvesting stage is the most important factor affecting the CA contents of plants. The CA content of plants decreased with advancing maturity (Kamalak 2010; Kamalak et al., 2011).

The NDF contents of vegetable leaves varied between 24.84 and 35.72%. The NDF content of *Beta vulgaris* was significantly ($P<0.001$) higher than the others. The NDF content of *Apium graveolens* was consistent with that reported by Carter (2015) but higher than that reported by Marino et al. (2010). The NDF content of *Raphinus radricula* was in agreement with that reported by Wadhwa and Bakshi (2013) but lower than that reported by Islam et al. (2004). The NDF contents of *Daucus carota var atrorubens* and *Daucus carota* were significantly lower than that reported by Islam et al. (2004). The NDF content of *Beta vulgaris* is higher than that reported by Carter (2015). Some of the differences in NDF contents of leaves are likely associated with harvesting stage of plant. It is well known that harvesting stage is the most important factor affecting the NDF contents of plants. The NDF content of plants increased with advancing maturity (Kamalak 2010; Kamalak et al., 2011).

The ADF contents of vegetable leaves varied between 16.18 and 25.93%. The ADF content of *Raphinus sativus* was significantly ($P<0.001$) higher than the others. *Daucus carota*, *Apium graveolens* and

Beta vulgaris. The ADF contents of *Daucus carota var atrorubens* and *Daucus carota* were lower than that reported by Azevedo et al. (2012). The ADF contents of *Raphinus radricula* and *Raphinus sativus* was in agreement with those reported by Wadhwa and Bakshi (2013) and AbdEl-Fattah (2014). The ADF content of *Beta vulgaris* was lower than that reported by Wadhwa and Bakshi (2013). Some of the differences in ADF contents of leaves are likely associated with harvesting stage of plant. It is well known that harvesting stage is the most important factor affecting the NDF contents of plants. The ADF content increased with advancing maturity (Kamalak 2010; Kamalak et al., 2011; Kaplan et al. 2014).

The EE contents of vegetable leaves varied between 5.14 and 19.79%. The EE contents of *Raphinus radricula* and *Beta vulgaris* were significantly higher than the others.

The effect of species on the gas production, metabolisable energy and organic matter digestibility of vegetables is given in Table 2. The species significantly affected on all these parameters except for organic matter digestibility of vegetable leaves.

Table 2. The effect of species on gas production, metabolisable energy, organic matter digestibility and methane production of vegetable leaves

Vegetable Species	GP	ME	OMD	CH ₄ (ml)	CH ₄ %
<i>Daucus carota var atrorubens</i>	44.96 ^a	9.18 ^b	76.26	8.08 ^c	17.97 ^c
<i>Daucus carota</i>	41.10 ^{bc}	8.90 ^c	77.38	7.50 ^d	18.26 ^c
<i>Raphinus radricula</i>	40.29 ^{cd}	9.98 ^a	76.66	7.15 ^{de}	17.75 ^c
<i>Raphinus sativus</i>	37.93 ^d	9.16 ^b	76.33	6.67 ^e	17.60 ^c
<i>Apium graveolens</i>	45.25 ^a	10.16 ^a	77.20	9.10 ^b	20.11 ^b
<i>Beta vulgaris</i>	43.71 ^{ab}	10.05 ^a	75.74	11.13 ^a	25.46 ^a
SEM	0.901	0.056	1.416	0.901	0.284
Sig.	***	***	NS	***	***

^{a,b,c} Column means with common superscripts do not differ ($P<0.05$); S.E.M. – standard error mean; Sig. – significance level; NS: Not significant, GP: Gas production (ml), ME: Metabolisable energy (MJ /kg DM), OMD: Organic matter digestibility (%), CH₄ – Methane emission(ml or %), , *** $P<0.001$

The gas production of vegetable leaves varied between 37.93 and 45.25 ml. The gas production of *Daucus carota var atrorubens* and *Apium graveolens*

were higher than the others. The GP of *Beta vulgaris*, *Raphinus radricula* and *Raphinus sativus* were significantly higher than that reported by Wadhwa

and Bakshi (2013). Some of the differences in GP contents of leaves are likely associated with differences in chemical composition of plant fermented. Gas production produced during the fermentation decreased with decrease in the availability of fermentable substrate with advancing maturity (Kamalak 2010; Kamalak et al., 2011).

The ME contents of vegetable leaves varied between 8.90 to 10.16 MJ/kg DM. The ME contents of *Raphinus radricula*, *Apium graveolens* and *Beta vulgaris* were significantly ($P < 0.001$) higher than the other vegetables. The ME contents of *Raphinus radricula*, *Raphinus sativus* and *Beta vulgaris* were higher than that reported by Wadhwa and Bakshi (2013). On the other hand the ME contents of *Raphinus radricula*, *Raphinus sativus* and *Beta vulgaris* were lower than that reported by Wadhwa and Bakshi (2013). The ME content of *Apium graveolens* was higher than that reported by Marino et al. (2010) whereas the OMD of *Apium graveolens* was lower than that reported by Marino et al. (2010).

The methane production (ml) of vegetables leaves varied between 6.67 ml to 11.13 ml. The methane production of *Beta vulgaris* was significantly higher than the others. The percentage of methane ranged

from 17.60 to 25.46%. The percentage of methane of gas produced range from 16 to 20% when the usual feeds such as forage, concentrate and their mixtures are subjected to *in vitro* fermentation for 24 h (Lopez et al. 2010). Therefore it is very interesting to notice that percentage of methane of all leaves fell into similar range between 17.97 and 20.11% whereas the percentage of methane from *Beta vulgaris* was significantly higher than the others. It is likely that the inclusion of leaves of *Beta vulgaris* into ruminant diets will result in increase in enteric methane emission which is not desirable for energy efficiency and environmental aspects. Therefore care must be taken when leaves of *Beta vulgaris* is included into ruminant diets.

CONCLUSION

Leaves of vegetables from *Daucus carota var atrorubens*, *Daucus carota*, *Raphinus radricula*, *Raphinus sativus*, *Apium graveolens* and *Beta vulgaris* have a potential to provide considerable amount of energy and protein for ruminant animals. However high level of methane production potential of leaves of *Beta vulgaris* should be taken into consideration when included into ruminant diets.

REFERENCES

- AbdEl-Fattah SA, 2014. Biochemical and nutritional impact of celery and turnip leaves on induced obese by high fat diet (HFD). *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(6):285-302.
- Ak I, Uzatici A, 2001. Şeker pancarı yapraklarının hayvan beslemede kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1):95-99.
- Akinfemi A, 2012. Evaluation of nutritive value of vegetable wastes grown in North Central Nigeria using *in vitro* gas production technique in ruminant Animals. *Journal of Animal Science Advances*, 2(11):914-920.
- AOAC, 1990. Official method of analysis. 15th ed., pp.66-88. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
- Azevedo JAG, Filho SCV, Pina DS Detman E, Pereira LGR, Valadares RFD, Fernandes HJ, Silva LFC, Beneden PB, 2012. Nutritional diversity of agriculture and agro-industrial by-products for ruminant feeding. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(5):1246-1255.
- Carter NA, 2015. Enhancing pig productivity on East African Smallholder farms. PhD Thesis, Guelph, Ontario, Canada. pp.131-132.
- El-Shatnawi MK, Mohawesh YM, 2000. Seasonal chemical composition of saltbush in semiarid grassland of Jordan. *Journal of Range Management*, 53: 211-214.
- Ezeldin I, Elbashier OM, Omer AS, 2016. Evaluation of some vegetable wastes as feedstuff for ruminants. *International Journal of Science and Research*, 5(3):628-631.
- Goel G, Makkar HPS, Becker K, 2008. Effect of *Sesbania sesban* and *Carduus pycnocephalus* leaves and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3): 72-89.
- Gurbuz Y, Kaplan M, 2008. Chemical composition, organic matter digestibility, *in vitro* gas production characteristics and ensiling of sugar beet leaves as alternative feed resource. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7 (12): 1568-1574.
- Islam MR, Paul DK, Shaha RK, 2004. Nutritional importance of some leafy vegetables available in Bangladesh. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8):1380-1384.
- Kamalak A, 2010. Determination of potential nutritive value of *Polygonum aviculare* hay harvested at three maturity stages. *Journal of Applied Animal Research*, 38: 69-71.

- Kamalak A, Atalay AI, Ozkan CO, Kaya E, Tatliyer A, 2011. Determination of potential nutritive value of *Trigonella kotschi* fenzi hay harvested at three different maturity stages. Journal of Veterinary Faculty, Kafkas University, 17 (4): 635-640.
- Kaplan M, Kamalak A, Kasra AA, Güven I, 2014. Effect of maturity stages on potential nutritive value, methane production and condensed tannin content of *Sanguisorba minor* hay. Journal of Veterinary Faculty, Kafkas University, 20: 445-449.
- Karkoodi K, Fazaeli H, Mirghaffari SS, 2012. Assessing the nutritive value of fruit and vegetable residues as ruminant feed. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 36(3):239-244.
- Lopez S, Makkar HPS, Soliva CR, 2010. Screening plants and plant products for methane inhibitors. In, Vercoe PE, Makkar HPS, Schlink A (Eds): *In vitro* Screening of Plant Resources for Extra-nutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies. pp.191-231, London, New York.
- Marino CT, Rodrigues PHM, Borgati LMO, Meyer M, Silva EJA, Orskov ER, 2010. Characterization of vegetables and fruits potential as ruminant feed by *in vitro* gas production technique. Livestock Research for Rural Development. Volume 22, Article #168. Retrieved December 2, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/9/mari22168.htm>
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agricultural Science (Camb) 93:217-222.
- Menke KH, Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research Development, 28:7-55.
- Wadhwa M, Bakshi MPS, 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. RAP Publication2013/04. pp.1-57.

Koyunlarda Üreme Performansı Üzerine Koç Katım Dönemi Vücut Kondisyon Skorunun Etkisinin İncelenmesi

Doğan TÜRKYILMAZ,² Selçuk ÖZYÜREK¹, Nurinisa ESENBUĞA² Mustafa YAPRAK²

ÖZET: Bu çalışma ile Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım İşletmesinde yetiştirilen Morkaraman, İvesi, Tuj, Romanov x Morkaraman, Romanov x İvesi, Romanov x Tuj ve Karayaka ırkı 395 baş 2-5 yaş arasındaki koyunlarda döl verim parametreleri ve bu parametrelerin aşım sezonu vücut kondisyon skoru (VKS) ile ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır. VKS açısından ırklar arasındaki fark çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. En yüksek vücut kondisyon skoruna Morkaraman (3.29 ± 0.07) ile Tuj (3.17 ± 0.07) ırkı koyunlar, en düşük VKS'na ise Romanov x Morkaraman (2.77 ± 0.09) ırkı koyunlar sahiptir. Yapılan çalışmada koç katım döneminde vücut kondisyon skorunun koç altı koyun başına ve doğuran koyun başına düşen döl verim ölçütleri üzerine istatistiksel bir etkisi tespit edilmemiş ancak en yüksek döl verimi 4 skor grubu koyunlarda belirlenmiştir.

Anahtar Kelime: Fertilite, koyun, Morkaraman vücut kondisyon skoru

Relationship Between Ewe Body Condition Score (Bcs) at Breeding Season and Reproductive Traits

ABSTRACT: In this study, it was aimed to investigate the relationship between body condition score (BCS) at breeding season and reproductive traits. The data set used in this study consisted of 395 ewes, 2-7 ages that are Morkaraman, Awassi, Tuj, Romanov x Morkaraman Romanov x Awassi Romanov x Tuj and Karayaka in Atatürk University Faculty of Agriculture, Agricultural Enterprise. The difference between the breeds for the BCS was highly significant ($p < 0.01$). The highest body condition score were Morkaraman (3.29 ± 0.07) and Tuj (3.17 ± 0.07) and the lowest BCS is Romanov x Morkaraman (2.77 ± 0.09). Body condition score didn't affect the number of fecundity and litter size statistically but the highest fecundity and litter size were determined in sheep score 4 groups.

Key words: Body condition score, fertility, Morkaraman, sheep

¹ Erzincan Üniversitesi, Çayırılı Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme, Erzincan, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu yazar/Corresponding Author: Doğan TÜRKYILMAZ, dogan.turkyilmaz@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Sürü yönetiminde vücut kondisyon skoruna (VKS) dayalı bazı özelliklerin tahmini yöntemi, bu yöntemin öğrenilmesi ve uygulamasındaki kolaylıktan dolayı, batıda elli yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Vücut kondisyonunun bilinmesi herhangi bir nedenle hayvanda ani canlı ağırlık kayıplarının tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. VKS bel bölgesine yapılan palpasyon ile tahmin edilmektedir. Omurganın (vertebralar) yapısını oluşturan dikensi çıkıntılar (processus spinosus) ile kanat çıkıntıları (processus transversus) üzerindeki yağlanma miktarı, iki çıkıntı arasındaki L şeklinde açının dolgunluğu ve bu dolgunluk üzerindeki yağ tabakası oluşumu dikkate alınarak yapılır (Yılmaz ve ark., 2004). Yapılan çalışmalarda VKS ile döl verim ölçütleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Özellikle VKS'nun düşük olması durumunda ovulasyon, gebelik oranı ve doğan kuzu sayısının azaldığı belirtilmiştir (Vinoles et al. 2002; Kleemann and Walker 2005; Molina et al., 1994; Atti et al., 2001. Arık ve ark., 1997; Ucar et al., 2005; Vinöles et al., 2005; Cobb, 2005)

VKS'nun ölçümünün kolay olduğu ve yararlı olduğu konusunda üretici ikna edildiği takdirde pratikte anlam bulacak bir uygulamadır. Corner et al., (2013) yaptığı çalışmada Yeni Zelanda'da yetiştiricilerin yaklaşık %40'ının VKS'nu işletmelerinde uyguladığını belirlemiştir. Koç katım döneminde ideal VKS'nu Thompson and Meyer (1994) 3-3.5; Kenyon (2013) ise 2.5-3 arasında olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma ile Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım İşletmesinde yetiştirilen Morkaraman, İvesi, Tuj, Romanov x Morkaraman, Romanov x İvesi, Romanov x Tuj ve Karayaka ırkı koyunlarda döl verim parametreleri ve bu parametrelerin aşım sezonu vücut kondisyon skoru ile ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım İşletmesinde 2014 yılında yürütülmüştür. Çalışmada Morkaraman, İvesi, Tuj, Romanov x Morkaraman (RxM), Romanov x İvesi (Rxİ), Romanov x Tuj (RxT) ve Karayaka ırkıdan 395 baş koyun kullanılmıştır. Yaşın VKS üzerine etkisini belirlemek için 2, 3, 4, 5 ve üzeri şeklinde 4 gruba ayrılmıştır. İşletmede yılda bir kuzulatma sistemi uygulanmakta olup koç katımı 1-30 Kasım tarihleri arasında gerçekleştirilmektedir. VKS kontrolleri koç katımının başlamasından önce yapılmış ve 5 puan üzerinden değerlendirilen 0.5'lik skala kullanılmıştır (Russel et al. 1969).

Puanlamalar aynı anda 3 hakem tarafından yapılmıştır. Hakemlerin birbirlerinden bağımsız olarak belirledikleri

skorlarda farklılık olması durumunda hakemler arasında ortak görüş sağlanması için puanlamaya devam edilmiştir. Vücut kondisyon puanları belirlenen koyunlar ≤ 2 , 3, ≥ 4 ve üzeri kondisyon puanına sahip olanlar olmak üzere 3 gruba ayrılmışlardır (Sarı ve ark. 2013). Doğumlarına müteakiben süttten kesime kadar döl verim parametreleri kayıt altına alınmıştır.

İşletmede diğer yıllarda uygulanan benzer bakım ve besleme şartları uygulanmış ek bir besleme programı uygulanmamıştır. İşletmede koyunlar Ekim ayı başında meradan alınmakta ve *ad libitum* kuru çayır otuna ilave olarak 200gr/koyun kesif yem verilmektedir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 19. paket programından aşağıdaki matematik modele uygun GLM prosedürü ve Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. (Düzgüneş, 1987).

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + (a_i \times b_j) + (b_j \times c_k) + (a_i \times c_k) + e_{ijkl}$$

Yijkl: i. kondisyon skorunda, j. ırkta, k. yaştaki koyunun VKS

μ : popülasyon ortalamasını,

a_i : i. kondisyon skorunun etki miktarını ,

b_j : j. ırkın etki miktarını,

c_k : k. yaşın etki miktarını,

$(a_i \times b_j)$: Irk ve kondisyon skoru interaksyonunu,

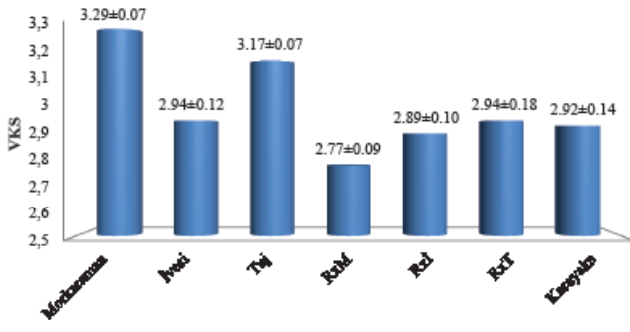
$(b_j \times c_k)$ Irk ve yaş interaksyonunu,

$(a_i \times c_k)$ Kondisyon skoru ve yaş interaksyonunu,

e_{ijkl} : tesadüfi hatayı göstermektedir.

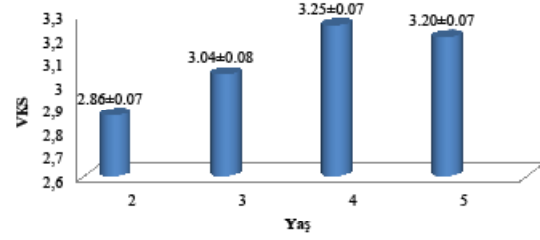
BULGULAR VE TARTIŞMA

VKS açısından ırklar arasındaki fark çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Şekil 1.'de görüldüğü üzere çalışmanın yapıldığı dönemde en yüksek vücut kondisyon skoruna Morkaraman (3.29 ± 0.07) ile Tuj (3.17 ± 0.07) ırkı koyunlar, en düşük VKS'na ise Romanov/Morkaraman (2.77 ± 0.09) ırkı koyunlar sahiptir. Genelde bölgenin hakim yerli ırkları olan Morkaraman ve Tuj ırkında yüksek VKS, Romanov melezleri, İvesi ve Karayaka gibi bölge dışı orjine sahip ırklar ise düşük VKS'na sahiptir. Bu durumu dışarı orjinli ırkların bölge şartlarına adaptasyon problemi ile açıklamak mümkündür. Yapılan çalışmada bulunan sonuçlar Yılmaz ve ark., (2004)'ün Kıvırcık koyunlarında, Kandemir ve ark., (2013)'nin Menemen ve Ile de France x Akkaraman koyunlarında ve Özdemir (2008)'nin değerler göstermektedir.



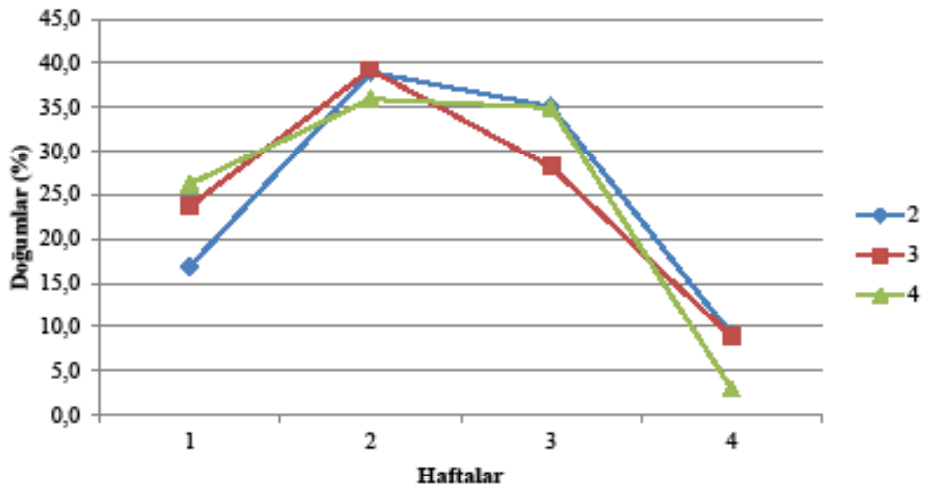
Şekil 1. Irklara göre vücut kondisyon puanlarına ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları

Yaşın vücut kondisyon skoru üzerinde istatistiki anlamda çok önemli ($p < 0.01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). En düşük VKS'na 2 yaş koyunlar (2.86 ± 0.07) sahipken en yüksek VKS'na 4 yaş koyunlar (3.25 ± 0.07) sahiptir. VKS iki yaştan 4 yaşa kadar linear bir artış gösterirken 5 yaşındaki koyunlarda az bir düşüş göstermiştir.



Şekil 2. Yaşlara göre vücut kondisyon puanlarına ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları

VKS'na göre doğumların haftalara yüzdelik dağılımına baktığımız zaman doğumlar genel olarak ikinci ve üçüncü haftada toplanmıştır. Oransal olarak ilk hafta en fazla doğum ve son hafta en az doğum dört VKS'na sahip koyunlarda gerçekleşmiştir. İki ve üç VKS'na sahip koyunlarda son haftaya daha fazla doğum kalmıştır. Doğumların topluluşması açısından dört VKS'na sahip hayvanların daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Doğumların VKS'na göre haftalık dağılımı (%)

KKBD koyun, KKBD kuzu, KKB 30. günde kuzu ve KKB süttten kesilen kuzu sayılarında genel ortalama sırası ile 0.79 ± 0.02 , 0.99 ± 0.03 , 0.90 ± 0.03 ve 0.87 ± 0.03 bulunmuştur. Yaşın koyun başına döl verim özelliklerine etkisi önemsizken ($p > 0.05$), ırkın KKBD koyun sayısı hariç diğer parametreler üzerine etkisi çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Koç altı koyun başına doğuran koyun sayısında ırklar arasında istatistiki olarak önemli bir fark ($p > 0.05$) belirlenmemiştir. Fakat koç altı koyun başına doğan kuzu, 30. gün ve süttten kesilen kuzu sayılarında ırklar arasında çok önemli ($p < 0.01$) farklar tespit edilmiştir (Çizelge 1.). Koç altı koyun başına doğuran koyun sayısı ile diğer döl verim ölçütleri arasındaki farkın sebebi, Romanov ırkının yüksek plorifik özelliğini mezellere aktarmasından

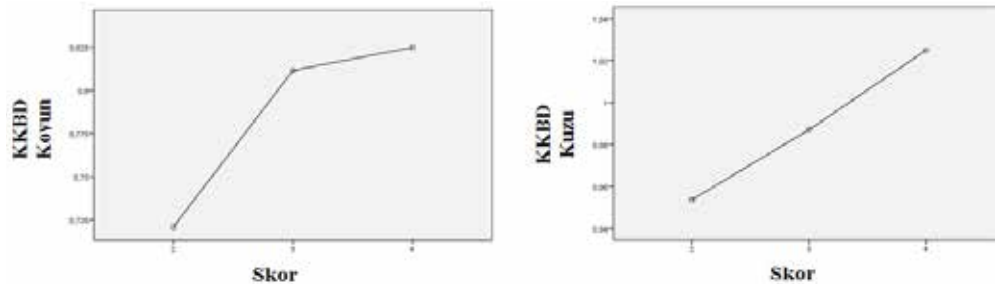
kaynaklanmaktadır. Ancak Romanov mezelleri içerisinde koç altı koyun başına döl verim özelliklerini süttten kesime kadar en iyi Rxİ mezelleri korumuştur.

Yerli ırklarda koç altı koyun başına doğuran koyun sayısı düşük olmasına rağmen süttten kesimde yaşama gücü mezellere daha yüksektir. Morkaraman ve RxM için koç altı koyun başına doğuran koyun ve doğan kuzu sayısı sonuçları Türkyılmaz (2014)'ün yine aynı ırklar için bulduğu sonuçların altındadır. Yine aynı şekilde Vatankhah et al., (2012)'nin Lori-Bakhtiarı ırkı için, Sezenler ve ark., (2007) Karacabey merinosu için buldukları koç altı koyun başına doğuran koyun ve doğan kuzu sayısı da yapılan çalışmadaki tüm ırklardan yüksektir.

Çizelge 1. Irklara göre koç altı koyun başına döl verim özelliklerinin en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Özellik	n	KKBD Koyun	KKBD Kuzu (Fecundity)	KKB 30. günde kuzu	KKB Sütten kesilen kuzu
Genel ortalama		0.79±0.02	0.99±0.03	0.90±0.03	0.87±0.03
Yaş		ns	ns	ns	*
İrk		ns	**	**	**
Morkaraman	89	0.77±0.04	0.76±0.07 ^b	0.72±0.06 ^c	0.71±0.69 ^d
İvesi	35	0.77±0.06	0.80±0.11 ^b	0.72±0.10 ^c	0.69±0.10 ^{cd}
Tuj	110	0.79±0.03	0.90±0.06 ^b	0.87±0.06 ^{bc}	0.86±0.06 ^{bcd}
RxM	67	0.78±0.05	1.33±0.08 ^a	1.12±0.07 ^{ab}	1.05±0.07 ^{abc}
Rxİ	49	0.77±0.05	1.45±0.09 ^a	1.39±0.09 ^a	1.31±0.09 ^a
RxT	17	0.81±0.09	1.48±0.16 ^a	1.08±0.15 ^b	1.08±0.15 ^{ab}
Karayaka	28	0.89±0.07	0.93±0.12 ^b	0.90±0.12 ^{bc}	0.86±0.12 ^{bcd}
Skor		ns	ns	ns	ns
≤2	104	0.74±0.04	1.02±0.06	0.93±0.06	0.87±0.06
3	167	0.81±0.03	1.08±0.05	0.93±0.05	0.91±0.05
≥4	124	0.84±0.04	1.17±0.06	1.06±0.06	1.04±0.06
İrk*skor		ns	ns	ns	ns
İrk*yaş		ns	ns	ns	ns
Skor*yaş		ns	ns	ns	ns

*: p<0,05, **: p<0,01, ns: Önemsiz, a, b, c aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir.

**Şekil 4.** Skorlara göre KKBD Koyun ve KKBD Kuzu sayıları

DKBD kuzu sayısı, DKBD 30. günde kuzu sayısı ve DKBD sütten kesilen kuzu sayılarına ait genel ortalama sırası ile 1.25±0.02, 1.14±0.03 ve 1.10±0.02 olarak belirlenmiştir. Doğuran koyun başına döl verim parametrelerine yaş ve ırkın önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir. Doğuran koyun başına döl verim özelliklerinde ırklar arasındaki farklar istatistikî olarak çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Doğuran koyun başına düşen kuzu sayısı en fazla Rxİ melezinde (1.87±0.06), en az ise Morkaraman (0.99±0.04) ırkında bulunmuştur. Doğuran koyun başına sütten kesilen kuzu sayısı ise en fazla Rxİ (1.69±0.07) melezinde olmasına rağmen en az İvesi (0.93±0.05) ırkında bulunmuştur (Çizelge 2). Yapılan çalışmada doğuran koyun başına düşen kuzu sayısının sütten kesime kadar oransal olarak düşüşünün yerli ırklarda mezlere oranla daha az olduğu görülmüştür. Bu durumun, başlangıçta çok önemli derecede üstün olan Romanov melezi kuzuların yaşama güçlerinin zayıf olmasından veya bakım-besleme ve iklim gibi çevre şartlarının

etkisi nedeniyle gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Yıldırım ve ark., (2004)'ün Sakız ve Gökçeada ırklarında buldukları doğuran koyun başına düşen kuzu sayısı Romanov mezleleri ile benzer, yerli ırklardan ise yüksek bulunmuştur. Morkaraman ve RxM ırkı için ise doğuran koyun başına döl verim özelliklerinin tamamı Türkyılmaz (2014)'ün yine aynı ırklar için bulduğu sonuçların altında bulunmuştur.

VKS ile doğuran koyun başına düşen döl verim ölçütleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemesine rağmen doğuran koyun başına düşen en yüksek döl verimi yine 4 VKS'na sahip grupta olmuştur. Çalışmada bulunan sonuçlar Gibb and Treacher (1982), Litherland et al., (1999), Thompson et al., (2011); Al-Sabbagh et al., (1995), Aliyari et al., (2012), Verbeek et al., (2012) ile benzer; Gibb and Treacher (1980), Kenyon et al., (2004), Kenyon et al., (2011), Mathias-Davis et al., (2013) ve Molina et al., (1991) ile farklılık göstermiştir.

Çizelge 2. Irklara göre doğuran koyun başına döl verim özelliklerinin en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Özellik	n	DKBD kuzu	DKBD 30. günde kuzu	DKBD Sütten kesilen kuzu
Genel ortalama	315	1.25±0.02	1.14±0.03	1.10±0.02
Yaş		*	**	**
İrk		**	**	**
Morkaraman	70	0.99±0.04 ^b	0.93±0.05 ^d	0.93±0.05 ^d
İvesi	27	1.04±0.07 ^b	0.93±0.08 ^d	0.90±0.09 ^d
Tuj	89	1.13±0.04 ^b	1.10±0.05 ^{cd}	1.07±0.05 ^{cd}
RxM	52	1.71±0.05 ^a	1.43±0.06 ^b	1.36±0.06 ^b
Rxİ	38	1.87±0.06 ^a	1.79±0.07 ^a	1.69±0.07 ^a
RxT	14	1.80±0.10 ^a	1.32±0.12 ^{bc}	1.30±0.12 ^{bc}
Karayaka	25	1.04±0.08 ^b	1.01±0.09 ^d	0.96±0.09 ^d
Skor		ns	ns	ns
≤2	77	1.36±0.04	1.23±0.05	1.15±0.05
3	135	1.34±0.03	1.15±0.04	1.13±0.04
≥4	103	1.40±0.04	1.26±0.05	1.23±0.05
İrk*skor		ns	ns	*
İrk*yaş		ns	ns	*
Skor*yaş		ns	ns	ns

*: p<0,05, **: p<0,01, ns: Önemsiz, a, b, c aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir.

Merinoslarda (McInnes and Smith 1966), Suffolk ırkında (Rozeboom et al., 2007) ve İvesi ırkında (Aliyari et al., 2012) yapılan çalışmalarda VKS ile fertilité ve litter size arasında ilişki olmadığı belirtilmiştir. Ancak bu durumun aksini iddia eden çalışmalarda mevcuttur (Gunn et al., 1969; Newton et al., 1980; Geisler and Fenlon 1979).

Oluşan bu farklılığın sebebinin ırk, kullanılan yöntemlerdeki farklılıklar, verilen puanların kesinliği, analiz yöntemlerindeki farklılıklar, puantörün eğitimi ve deneyimi, puantörlerin ortak puan verme isabet derecesi gibi faktörler olduğu düşünülmektedir. Ayrıca VKS ile döl verim parametreleri arasında doğrudan bir linear ilişki olduğunu düşünmekte yanıltıcı olabilir. Mesela Barbary koyunlarında 3.5 kondisyona kadar döl verimi artmış fakat daha sonra düşmüştür (Atti et al., 2001).

Benzer bir şekilde Ossimi koyunlarında 2.5 kondisyonda en yüksek döl verimi alınmış 2.5-4 arasında döl verimi sabit kalmış ve 4.5'den sonra düşüş gözlenmiştir (Abdel-Mageed 2009). Bundan dolayı VKS ve döl verim parametreleri arasında her bir ırk için tanımlanabilecek linear bir hattan ziyade doğrusal olmayan bir eğriden bahsedilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Mageed I, 2009. Body condition scoring of local Ossimi ewes at mating and its impact on fertility and prolificacy. Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences 4: 37-44.
- Adalsteinsson S, 1979. The independent effects of live weight and body condition on fecundity and productivity of Iceland ewes. Animal Production, 28:1, 13-23; 13.

Yapılan çalışmada koç katım döneminde vücut kondisyon skorunun koç altı koyun başına düşen döl verim ölçütleri üzerine istatistiki bir etkisi tespit edilmemiş ancak en yüksek döl verimi 4 skor grubu koyunlarda bulunmuştur (Şekil 4). KKB sütten kesilen kuzu sayısı 2 VKS'na sahip koyunlarda 0.87±0.06 iken, 4 VKS'lu koyunlarda 1.04±0.06 olarak belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar Atti and Abdennebi (1994) ve Adalsteinsson (1979) ile aynı paraleldir. Dedieu (1992), Sezenler ve ark., (2007-2011), Gunn (1983), Thompson and Bahaddy (1988) ve Yıldırım ve ark., (2004) ile ise farklılık arz etmektedir.

SONUÇ

VKS tekniği elli yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar VKS ile döl verim ölçütleri arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermesine rağmen bu ilişkinin tamamen doğrusal olmadığı anlaşılmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmada ırk düzeyinde n sayısının yetersizliğinden dolayı VKS ve döl verim ölçütleri arasındaki korelasyonun belirlenmesi zorlaşmıştır. Bunun için n sayısı daha fazla olan çalışmaların yapılarak sahaya aktarılması tavsiye edilmektedir.

- Al-Sabbagh T A, Swanson L V, Thompson J M, 1995. The effect of body condition at lambing on colostrum immunoglobulin G concentration and lamb performance. Journal of Animal Science 73: 2860-2864.

- Aliyari D, Moeini M M, Shahr M H, Sirjani M A 2012. Effect of body condition score, live weight and age on reproductive performance of Afshari ewes. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances 7: 904-909.

- Arık İ, Zafer Yurtman Y, Özder M, Özduven M L, 1997. Türkgeldi Koyunlarında Canlı Ağırlık ve Kondüsyon Puanı Arasındaki İlişkiler. Akdeniz Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi.10:129-135 1997.
- Atti N, Abdennebi L, 1994. Body condition and growth in Barbary ewes. Cahiers Options Mediterraneennes. 6:75–80.
- Atti N, Theriez M, Abdennebi L, 2001. Relationship between ewe body condition at mating and reproductive performance in the fat-tailed Barbarine breed. Animal Research 50: 135–144.
- Cobb R, 2005. The Importance of Body Condition Scoring your Ewes and Ram <http://www.livestocktrail.uiuc.edu/sheepnet/paperDisplay>. (Erişim tarihi: 01.04.2016)
- Corner-Thomas R A, Kenyon P R, Morris S T, Greer A W, Logan C M, Ridler A L, 2013. A study examining the New Zealand breed composition, management tool use and research needs of commercial sheep farmers and ram breeders. In: Proceedings of the 20th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics [AAABG], Napier, New Zealand, 20–23 October 2013. Pp. 18–21.
- Dedieu B, 1992. Nothing body condition and tecnicaldiagnosis in mutton sheep in the Cevennes. Actes d'un symposium organise par l'INRA-SAD et le CIRAD-IEMVT, toulouse, France.
- Düzgüneş O, Kesici T, Gürbüz F, 1983. İstatistik Metotlar I. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Geisler P A, Fenlon J S, 1979. The effect of body weight and its components on lambing performance in some commercial flocks in Britain. Animal Production 28: 245–255.
- Gibb M J, Treacher T T, 1980. The effect of ewe body condition at lambing on the performance of ewes Relationship between body condition score and production traits and their lambs at pasture. Journal of Agricultural Science 95: 631–640.
- Gibb M J, Treacher T T, 1982. The effect of body condition and nutrition during late pregnancy on the performance of grazing ewes during lactation. Animal Production 34: 123–129.
- Gunn R G, Doney J M, Russel A J F, 1969. Fertility in Scottish Blackface ewes as influenced by nutrition and body condition at mating. Animal Science 73: 289–294.
- Kandemir Ç, Koşum N, Taşkın T, Kaymakçı M, Olgun F A, Çakır E, 2013. Menemen ve Ile De France X Akkaraman Melezi Koyunların Üreme Performansı Üzerinde Vücut Kondisyon Puanlamasının Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2013, 10, (1).
- Kenyon P R, Morel P C H, Morris S T, 2004. Effect of ewe liveweight and condition score at mating, and mid-pregnancy shearing, on birthweights and growth rates of twin lambs to weaning. NewZealand Veterinary Journal 52: 145–149.
- Kenyon P R, Morris S T, Stafford K J, West D M, 2011. The effect of ewe body condition and nutrition in late pregnancy on the performance of tripletbearing ewes and their progeny. Animal Production Science 51: 557–564.
- Kleemann D O, Walker S K, 2005. Fertility in South Australian commercial Merino flocks: relationships between reproductive traits and environmental cues. Theriogenology 63: 2416–2433.
- Litherland A J, Lambert M G, McLaren P N, 1999. Effects of herbage mass and ewe condition score at lambing on lamb survival and liveweight gain. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 59: 104–107.
- Mathias-Davis H C, Shackell G H, Greer G J, Bryant A I, Everett-Hincks J M, 2013. Ewe body condition score and the effect on lamb growth rate. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 73: 131–135.
- McInnes P, Smith M D, 1966. The effect of nutrition before mating on the reproductive performance of Merino ewes. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 6: 455–459.
- Molina A, Gallego L, Perez J I, Bernabeu R, 1991. Growth of Manchega lambs in relation to body condition of dam, season of birth, type of birth and sex. Avances en Alimentacion y Mejora Animal 31: 198–205.
- Molina A, Gallego L, Torres A, Vergara H, 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of Manchega ewes. Small Ruminant Research 14: 209–217.
- Newton J E, Betts J E, Wilde R, 1980. The effect of body condition and time of mating on the reproductive performance of Masham ewes. Animal Production 30: 253–260.
- Özdemir Y, 2008. Karya Tipi Koyunlarda Vücut Kondüsyonunun Yıllık Değişimi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 48s.
- Rozeboom K J, Neale B D, Darroch C S, 2007. Relationships among ewe body condition scores, lamb vigour, colostrum quality, milk composition and reproductive performance. Journal of Animal Science 85: Supplement 2, 138.
- Russel A J F, Dowey J M, Gunn R G, 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. Journal of Agronomical Sciences, 72, 451–454.
- Sarı M, Önk K, Aksoy A R, Tilki, M, 2013. Tuj Koyunlarında Doğum Kondisyon Puanının Kuzuların Büyüme Özellikleri ve Yaşama Gücüne Etkisi. F. Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg. 2013; 27 (3): 149 – 154.
- Sezenler T, Köycü E, Özder M, Karadağ O, Erdoğan İ, 2007. Karacabey Merinosu Koyunlarında Yaş Ve Vücut Kondüsyon Puanının Kimi Döl Verim Özelliklerine Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 2007 4(3).
- Thompson J, M, Meyer H, 1994. Body condition scoring of sheep. <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/ec/ec1433.pdf> (Erişim tarihi: 01.04.2016)
- Thompson A N, Ferguson M B, Campbell A J D, Gordon D J, Kearney G A, Oldham C M, 2011. Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy and lactation increases weaning weight and survival of progeny but does not affect their mature size. Animal Production Science 51: 784–793.
- Türkyılmaz D. 2014. Atatürk Üniversitesi Ziraat İşletmesinde Yetiştirilen Saf Morkaraman Ve Romanov X Morkaraman Melez Kuzuların Döl Verimi, Büyüme-Gelişme Ve Kesim-Karkas Özelliklerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 71s.
- Ucar O, Kaya M, Yıldız S, Önder F, Cenesiz M, Uzun M, 2005. Effect of Progestagen/PMSG Treatment for Oestrus Synchronization of Tuj Ewes to be Bred after the Natural Breeding Season Acta Vet. Brno 2005, 74: 385–393.
- Vatankhah M, Talebi M A, Zamani F, 2012. Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive and productive traits in Lori-Bakhtiari sheep. Small Ruminant Research 106 (2012) 105–109.
- Verbeek E, Waas J R, Oliver M H, McLeay L M, Ferguson D M, Matthews L R, 2012. Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: behavioural, metabolic and endocrine considerations. Hormones and Behaviour 62: 162–172.
- Vinˆoles C, Forsberg M, Banchemo G, Rubianes E, 2002. Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polwarth ewes with high and low body condition. Animal Science 74: 539–545.
- Vinˆoles C, Forsberg M, Martin G B, Cajarville C, Repetto J, Meikle A, 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones Society for Reproduction and Fertility DOI: 10.1530/rep.1.00536 ISSN 1470–1626 (paper) 1741–7899 (online).
- Yıldırım M, Sezenler T, Erdoğan İ, Yüksel M A, Soysal D, Ceyhan A, 2011. The present studies on animal genetic resources in Bandırma Sheep Research Station: a Review. J. Anim. Sci. Adv. 1(2): 73-78.
- Yılmaz M T, Altın İ, Cemal O, Yılmaz O, Karaca T, Taşkın T, 2004. Kıvrıkcık koyunların koç katım dönemi kondüsyonları. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 1-3 Eylül, Isparta.

Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde Yetiştirilen Siyah Alaca Buzağlarda Büyüme Performansı ve Yaşama Gücü

Hatice HIZLI¹, Tugay AYAŞAN¹, Ali ASARKAYA¹, Mehdi A. COŞKUN¹, Ertan YAZGAN¹

ÖZET: Bu çalışma, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Hacıali İşletmesinde (36°48' kuzey paraleli, 35°16' doğu meridyeni) yetiştirilen Siyah Alaca buzağlarda buzağılama yılının, buzağılama yaşının, mevsimin ve cinsiyetin, doğum, sütten kesim (75. gün) ve altı aylık yaştaki canlı ağırlıkları ve yaşama gücüne olan etkilerini tespit etmek için yapılmıştır. Araştırmada büyüme performansı, sütten kesimde yaşama gücü ve altıncı aydaki yaşama gücü özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sırasıyla 576, 483 ve 469 adet Siyah Alaca buzağı kullanılmıştır. Araştırmada buzağların ortalama doğum, sütten kesim ve altı aylık yaştaki canlı ağırlıkları sırasıyla 42.24, 79.10 ve 145.90 kg olarak belirlenmiştir. Buzağılama yılının, buzağılama yaşının ve cinsiyetin doğum ağırlığı üzerine olan etkisi önemli; mevsimin etkisi önemsiz bulunmuştur. Sütten kesim ağırlığı üzerine etkisi incelenen tüm faktörlerin etkisi önemli bulunmuştur. Buzağların altı aylık yaştaki canlı ağırlıkları üzerine buzağılama yılının, buzağılama yaşının ve mevsimin etkisi önemli; cinsiyetin etkisi önemsiz bulunmuştur. Buzağların sütten kesimde ve altıncı aydaki yaşama gücü oranları sırasıyla %86.31 ve 97.12 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Siyah Alaca, buzağı, performans, yaşama gücü

Growth Performance and Survival Rate Traits in Holstein Calves Raised in East Mediterranean Agricultural Research Institute Farm

ABSTRACT: This study was carried out to find out the body weights and survival rates at birth, weaning (2.5 months of age) and six months of age and to determine effects of calving year, calving age, season and sex on those traits in Holstein calves raised in East Mediterranean Agricultural Research Institute Hacıali Farm (36°48' North latitude and 35°16' East longitude). In this study, 576 Holstein calves for determination of growth performance, 483 Holstein calves for survival rate during weaning, 469 Holstein calves for survival rate in six months of age were utilized. Body weights of calves at birth, weaning and six months of age were 42.24, 79.10 and 145.90 kg, respectively. The effects of calving year, calving age and sex were not significant on birth weight of calves. The effects of calving year, calving age and sex were significant on birth weight; but season did not significant on birth weight. All factors effected on weaning weight significantly. The effects of calving year, calving age and season were significant on six months of weight of calves but effect of sex was not significant. It was found that survival rates of calves at weaning and six months of age were 86.31% and 97.12%.

Keywords: Holstein, calf, performance, survival rate

¹ Doğu Akdeniz, Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, TÜRKİYE
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Tugay AYAŞAN, tayasan@gmail.com

GİRİŞ

Süt sığırcılığı işletmelerinde yılda bir buzağı elde etmek ve buzağı kayıplarının mümkün olduğunca azaltılmasına yönelik çalışmalar yapmak karlılığı ve ıslah olanaklarını önemli ölçüde etkiler. Bunları yaparken de buzağı bakım ve beslenmesine etki eden faktörlerin bir bütün olarak ele alınması gerekmektedir. Buzağı kayıplarıyla ilgili olarak büyüme ve yaşama gücünü önemli ölçüde etkileyen doğum ağırlığı ve ona etki eden faktörlerin ele alınması önem arz eder. Bazı araştırmacılar, gerek doğum ağırlığı gerekse de yaşama gücünün çiftlik, periyod, buzağılama mevsimi vb. faktörlerden etkilendiğini bildirmişlerdir (Bilgiç ve Alıç, 2004; Koçak ve Güneş, 2005; Bayrıl ve Yılmaz, 2010).

Aksakal ve Bayram (2009), doğum ağırlığı üzerine etki eden faktörlerin buzağılama yılı, buzağılama mevsimi, çiftlik sistemi (organik ve organik olmayan), buzağuların cinsiyeti, doğum tipi (tek, ikiz) ve laktasyon sırası olduğunu, buzağı ağırlığının 42.76 kg olduğunu; buzağı ağırlığı üzerine buzağılama mevsiminin, çiftlik sisteminin, buzağı cinsiyetinin, doğum tipi ile laktasyon sırasının istatistiki olarak önemli düzeyde etki ettiğini ($P<0.05$); buna karşılık buzağılama yılının etkisinin önemsiz olduğunu ifade etmişlerdir ($P>0.05$).

Yalew ve ark., (2011), laktasyon sayısının, buzağılama/doğum yılının, buzağının yaşama gücüne etki ettiğini bildirirken; gerekli olan önlemlerin alınmadığı takdirde, oldukça yüksek buzağı ölümlerinin oluştuğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bir başka araştırmada yıllar itibariyle buzağuların doğum ağırlıklarında meydana gelen dalgalanmanın, iklim koşullarının değişikliği ile çayır meraların durumundan kaynaklandığı ifade edilmiştir (Kaygısız ve ark., 2012). Goshu ve Singh (2013), bakım-besleme ile sağlıktaki iyileştirmelerin, ölüm oranını azaltacağını bildirirken; Hossain ve ark., (2014), sonbahardaki ölüm oranlarının (%37.98), kış (%33.03) ve yaz aylarındaki (%28.99) ölüm oranlarından yüksek olduğunu; ölümlerin

temel sebebinin solunum yolları bozuklukları ve tüberküloz olduğunu ifade etmişlerdir.

Ayaşan ve ark., (2016), buzağuların ortalama doğum, sütten kesim ve altı aylık yaştaki canlı ağırlıklarını sırasıyla 45.11; 93.40 ve 144.86 kg olarak buldukları başka bir çalışmada, buzağuların sütten kesimde ve altıncı aydaki yaşama gücü oranlarını sırasıyla %96.34 ve %86.50 olarak tespit etmişlerdir.

Bu çalışma, Siyah Alaca buzağılarda buzağılama yılının, buzağılama yaşının, mevsimin ve cinsiyetin, doğum, sütten kesim (2.5 aylık yaş) ve altıncı ay yaştaki canlı ağırlıkları ile yaşama gücüne olan etkisini tespit etmek için yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Adana Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Hacıali İşletmesinde Anadolu Alacası projesi kapsamında yetiştirilen Siyah Alaca buzağılarda yapılmıştır.

Araştırmada 2007–2010 yılları arasında işletmede doğan 576 adet buzağıya ait veriler kullanılmıştır. Sütten kesimde 483, altıncı ay yaştaki ağırlığının tespitinde ise 469 adet buzağıya ait verilerden faydalanılmıştır.

Buzağular doğar doğmaz tartılmış; doğumu takip eden 3 gün süre ile buzağular analarıyla birlikte tutularak kolostrum almaları sağlanmış, 3. günden sonra buzağı kulübelerine alınarak sütten kesim yaşı olan 75.güne kadar bu kulübelerde barındırılmış, bu yaşta sütten kesilen buzağuların ağırlıkları belirlenmiştir. Buzağı bölmelerinde devamlı olarak su, kesif ve iyi kalite kaba yem (yonca kuru otu) bulundurulmuştur. Buzağılara 75 gün boyunca süt içirme programı uygulanmıştır (bir buzağıya toplam 250 lt süt içirilmiştir). Buzağılara ilk 3 ay, buzağı başlangıç yemi (yapısında 2800 kcal/kg ME; %18 ham protein içeren yem), 4-6 ay arasında da buzağı büyütme yemi (yapısında 2700 kcal/kg ME; %17 ham protein) bölmeye konularak, 6.ayda canlı ağırlıkları

alınmıştır. Ağırlıklar işletmede bulunan tartı aleti ile hayvanların birebir tartılması suretiyle alınmıştır.

Yaşama gücü hesaplanırken, canlı kalan buzağı sayısının toplam doğan buzağı sayısına oranı dikkate alınmıştır (Ayaşan ve ark. 2016).

Yaşama Gücü (%)= (Canlı kalan buzağı sayısı X 100) / Toplam doğan buzağı sayısı

6.Aydaki Yaşama Gücü (%)= (6.aydaki canlı buzağı sayısı / 3.aydaki canlı buzağı sayısı x 100)

İstatistiksel Analizler

Araştırmada elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 16.0 paket programı kullanılarak buzağılama yılı, buzağılama yaşı, buzağılama mevsimi ve cinsiyet parametrelerinin doğum, süttten kesim ve altıncı aylık canlı ağırlık artışlarının dağılımları, ortalamaları ve varyans analizleri GLM prosedürünün multivariate seçeneği ile, alt grup ortalamaları arasındaki farklılığın önemlilik kontrolü DUNCAN çoklu karşılaştırma testiyle, buzağların süttten kesim ve 6. aylık yaşama gücü oranlarının gruplar arası farklılıkları Ki-kare testi (χ^2) ile analiz edilmiştir (SPSS, 2007).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada buzağların ortalama doğum, süttten kesim ve 6. ay canlı ağırlıkları sırasıyla 42.24, 79.10 ve 145.90 kg olarak belirlenmiştir. Buzağılama yılının, buzağılama yaşının ve cinsiyetin doğum ağırlığı üzerine olan etkisi önemli ($P<0.01$); mevsimin etkisi önemsiz bulunmuştur. Süttten kesim ağırlığı üzerine etkisi incelenen tüm faktörlerin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Buzağların 6.ay canlı ağırlıkları üzerine buzağılama yılının, buzağılama yaşının ve mevsimin etkisi önemli; cinsiyetin etkisi önemsiz bulunmuştur.

Araştırmada süttten kesimde yaşama gücünün belirlenmesi için 483; 6.aydaki yaşama gücünün belirlenmesi için de 469 adet Siyah alaca buzağı kullanılmıştır. Araştırmada 2007–2010 yılları

arasında süttten kesimdeki ortalama yaşama gücü %86.31; altıncı ay yaştaki ortalama yaşama gücü %97.12 olarak saptanmıştır.

Araştırmada 2007-2010 yılları arasındaki buzağların doğum ağırlıkları 38.37-45.24 g arasında değerler almıştır (Çizelge 1). Doğum ağırlığı üzerine buzağılama yılının, buzağılama yaşının ve cinsiyetin etkisi önemli ($P<0.01$); mevsimin etkisi önemsiz bulunmuştur. Bu çalışmada Siyah Alaca buzağları için tespit edilen doğum ağırlığı (38.37-45.24 kg), kimi literatür bildiriş değerlerinden (Bilgiç ve Alıç, 2004; Koçak ve Güneş, 2005; Kaygısız ve Kösetürkmen, 2007; Ayyılmaz ve Uzmay, 2010; Bayrıl ve Yılmaz, 2010) daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bilgiç ve Alıç (2004), buzağı ağırlıklarını 36.79 kg olarak saptarken; Kaygısız ve Kösetürkmen (2007), 33.30 kg; Bayrıl ve Yılmaz (2010), 39.45 kg olarak tespit etmişlerdir.

Aksakal ve Bayram (2009), buzağı ağırlığı üzerine buzağılama yılının etkisinin olmadığını ifade ederken; fetusun prenatal periyotta anneyi korumasına rağmen, anneyi etkileyen çevresel faktörlerin aynı zamanda da buzağının doğum ağırlığını pozitif veya negatif yönde etkileyebileceğini de tespit etmiştir.

Siyah Alaca buzağlarda genetik ve çevresel faktörlerin doğum ağırlığı ve yaşama gücü üzerine etkilerini araştıran Koçak ve ark., (2007), doğum ağırlığı ile 3, 6 ve 12 aylık yaşlardaki buzağların yaşama gücünü sırasıyla; 38.79 kg, %95, 94 ve 92 olarak bulmuştur. Araştırmacılar ayrıca doğum ağırlığında yıl, mevsim, laktasyon sırası ve cinsiyetin, yaşama gücünde ise sadece cinsiyetin etkisinin önemli olduğunu da saptamışlardır.

Yapılan bir diğere çalışmada buzağı doğum ağırlıklarını süttten kesim grubuna göre 5. ve 8.haftalarda sırasıyla 43.14 kg ve 41.75 kg olarak bildirmiş olup; bu değerler mevcut araştırmadan daha düşük bulunmuştur (Doğan 2014).

Buzağların doğum ağırlığı üzerine buzağılama yaşının istatistiksel olarak etkisi önemli bulunmuştur

($P<0.05$). Araştırmada buzağılama yaşı arttıkça doğum ağırlığının da arttığı görülmüştür ($P<0.05$).

Buzağuların doğum ağırlığı üzerine mevsimin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırmada sonbaharda doğan buzağuların doğum ağırlıklarının (42.73 gr), diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmada buzağuların doğum ağırlığı üzerine mevsimin etkisinin istatistiksel olarak önemsiz bulunması Bayrıl ve Yılmaz (2010)'ın bulgularıyla uyum içerisinde bulunurken; doğum ağırlığı üzerine mevsimin etkisinin önemli olduğunu bildiren Bilgiç ve Alıç (2004)'in bulgularıyla uyum içerisinde olmamıştır.

Koçak ve ark., (2007) ise ilkbaharda doğan buzağuların en yüksek canlı ağırlığa (39.23 kg), yazın doğan buzağuların en düşük canlı ağırlığa (38.55 kg) sahip olduklarını ifade etmiştir ($P<0.05$). Aksakal ve Bayram (2009)'da kışın doğan buzağuların (43.70 kg) en yüksek canlı ağırlığa, yazın doğan buzağularında en düşük canlı ağırlığa (40.77 kg) sahip olduklarını tespit etmişlerdir ($P<0.05$).

Buzağuların doğum ağırlıkları üzerine cinsiyetin etkisi önemli bulunmuştur. Araştırmada dişi buzağuların doğum ağırlığı 41.34 kg; erkek buzağuların doğum ağırlıkları da 43.08 kg olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

Bilgiç ve Alıç (2004), doğum ağırlıkları üzerine cinsiyetin etkisinin önemsiz bulunduğunu bildirirken; dişilerin canlı ağırlıklarını 37.33 kg, erkeklerin ise 36.17 kg olarak tespit etmiştir ($P>0.05$).

Aksakal ve Bayram (2009) ile Karabulut ve ark. (2012), dişilerin canlı ağırlıklarını sırasıyla 41.28 kg, 37.15 kg; erkeklerin canlı ağırlıklarını sırasıyla 43.97, 38.23 kg olarak tespit etmiştir ($P<0.05$). Görüldüğü üzere erkek buzağular, dişi buzağulara göre daha ağırdır. Bu farklılık, erkek fetusundaki yüksek androjen konsantrasyonu ile ilişkilendirilebilir.

Sütten kesim ağırlığı üzerine etkisi incelenen tüm faktörlerin etkisi önemli bulunmuştur. Çalışmada

sütten kesim ağırlıkları yıllara göre değişmekle beraber 74.32-84.09 kg arasında değişim göstermiştir.

Sütten kesim ağırlığı üzerine mevsimin etkisi önemli bulunmuş olup; sonbahar mevsimi ile kışın sütten kesilen buzağuların ağırlıkları diğer 2 mevsime göre daha yüksek bulunmuştur.

Dişi buzağuların sütten kesim ağırlıkları 77.38 kg, erkek buzağuların ki ise 80.74 kg olarak tespit edilmiştir ($P<0.01$). Bu çalışmada sütten kesimde saptanan canlı ağırlık ortalamasının (79.10 kg); Bayrıl ve Yılmaz (2010)'in, aynı ırkın buzağuları için bildirdiği değerlerden (65.20 kg) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kaygısız ve Tümer (2006), buzağı sütten kesim ağırlığına doğum ayının etkisini çok önemli bulurken; buzağı cinsiyeti, ana yaşı ve kolostrumun kalite sınıfı etkisini önemsiz bulmuştur.

Buzağuların altıncı ay canlı ağırlıkları üzerine buzağılama yılının, buzağılama yaşının ve mevsimin etkisi önemli; cinsiyetin etkisi önemsiz bulunmuştur. Altıncı ay yaştaki ağırlıkları gruplarda 131.04 -168.97 kg arasında değişim göstermiş; sonbahar mevsimi ile kış mevsimindeki buzağuların altıncı ay ağırlıkları diğer 2 mevsime göre daha yüksek bulunmuştur.

Denememizde saptadığımız altıncı ay yaştaki ağırlık ortalaması (145.90 kg); Kıyıcı ve Tüzemen (2012)'nin elde ettiği değerden yüksek bulunmuştur. Kıyıcı ve Tüzemen (2012), altı aylık yaştaki dişi Siyah alaca buzağuların canlı ağırlıklarını 117.7 kg; erkek buzağularınınkini ise 128.9 kg olarak tespit etmiştir.

Araştırmamızda, Siyah Alaca buzağuların sütten kesimde ve altıncı aydaki yaşama gücü oranları sırasıyla ortalama %86.31 ve %97.12 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). 2007 yılında sütten kesimdeki yaşama gücünde gözükten azlık, işletmenin yeni kurulması ve eksikliklerden kaynaklanırken; bu eksikliklerin ortadan kaldırılması ile son 2 yıldaki yaşama gücü %96.58-96.85 arasında değerler almıştır.

Çizelge 1. Siyah alaca buzağılarda, buzağılama yılının, buzağılama yaşının, mevsimin ve cinsiyetin doğum, sütten kesim ve 6. ay canlı ağırlıkları üzerine etkileri

Buzağılama Yılı	n	Doğum Ağırlığı, kg X± Std.hata		n	Sütten Kesim Ağırlığı kg X± Std.hata		n	6.Ay Ağırlığı, kg X± Std.hata	
		**			**			**	
2007	198	38.37 ^c	±0.43	131	74.32 ^b	±0.57	131	168.97 ^a	±1.84
2008	120	43.33 ^b	±0.42	108	74.88 ^b	±1.21	102	132.1 ^c	±2.81
2009	133	44.22 ^{ab}	±0.38	127	83.02 ^a	±1.06	123	146.41 ^b	±2.10
2010	125	45.24 ^a	±0.44	117	84.09 ^a	±0.97	113	131.04 ^c	±1.76
Toplam	576	42.24	±0.25	483	79.10	±0.52	469	145.90	±1.28
Buzağılama Yaşı		**			**			**	
2	22	39.41 ^c	±1.29	20	71.80 ^c	±2.91	20	129.35 ^d	±5.83
3	55	40.71 ^{bc}	±0.72	51	75.69 ^{de}	±1.47	49	147.05 ^b	±4.2
4	174	40.29 ^{bc}	±0.52	131	78.00 ^{cd}	±0.95	127	158.96 ^a	±2.64
5	111	41.84 ^b	±0.54	86	76.05 ^{de}	±1.07	84	146.91 ^b	±2.99
6	120	44.13 ^a	±0.39	110	80.8 ^{bc}	±1.13	105	137.69 ^{bcd}	±2.39
7	59	45.00 ^a	±0.57	53	85.82 ^a	±1.42	52	142.02 ^{bc}	±2.56
8	35	46.32 ^a	±0.62	32	84.79 ^{ab}	±1.83	32	133.22 ^{cd}	±3.19
Toplam	576	42.24	±0.25	483	79.10	±0.52	469	145.90	±1.28
Mevsim		ös			**			**	
Kış	189	41.4	±0.44	148	79.53 ^b	±0.88	144	150.35 ^a	±2.22
İlkbahar	171	42.59	±0.44	137	76.35 ^c	±0.91	133	141.85 ^b	±2.3
Yaz	95	42.67	±0.66	89	77.94 ^{bc}	±1.18	87	135.11 ^b	±3.02
Sonbahar	121	42.73	±0.47	109	82.91 ^a	±1.22	105	153.86 ^a	±2.61
Toplam	576	42.24	±0.25	483	79.10	±0.52	469	145.90	±1.28
Cinsiyet		**			**			ös	
Dişi	276	41.34	±0.37	236	77.38	±0.74	231	143.88	±1.88
Erkek	300	43.08	±0.33	247	80.74	±0.72	238	147.85	±1.74
Toplam	576	42.24	±0.25	483	79.10	±0.52	469	145.90	±1.28

** *a, b, c: Bir etkenin alt gruplarında farklı harfle işaretli ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P<0.01). ös: Önemli

Özçakır ve Bakır (2003), buzağılarda altıncı aya kadar yaşama gücünü %96.22 olarak tespit ederken, elde edilen bu değer, denemede saptadığımız %97.12 değerinden düşük bulunmuştur.

Yüceer ve Özbeyaz (2010), gruplarda sütten kesim yaşında yaşama gücü oranlarını sırasıyla, erkeklerde % 80.00, 85.71 ve 96.67; dişilerde ise % 87.50, 100.00 ve 91.67 olarak tespit etmiştir.

Mevsimin sütten kesimdeki yaşama gücü üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur (P<0.05). Sütten kesimde yaşama gücü %78.30-93.68 arasında değerler almıştır.

Bu çalışmada Siyah Alaca buzağılar için tespit edilen sütten kesimdeki yaşama gücü oranları, ilgili literatür bildirişlerinden daha düşük bulunmuştur (Özçakır ve Bakır, 2003; Bayrıl ve Yılmaz 2010).

Altıncı aydaki yaşama gücü ise yıllar itibariyle değişmekle beraber %95.37-100.00 arasında değerler almıştır. Mevsimin, buzağılama yaşının etkisi önemli iken; cinsiyetin etkisi önemsiz bulunmuştur. Koçak ve ark., (2007), cinsiyetin altıncı aydaki yaşama gücü üzerine olan etkisinin önemli olduğunu; erkek buzağuların yaşama gücünün %93; dişi buzağuların ise %95 olduğunu ifade etmiştir ($P<0.05$). Erez

(2011), erken süttten kesme uygulamasının buzağuların sonuç performansı üzerinde olumsuz etki etmediğini göstermiştir. Mevcut işletme şartlarında, söz konusu buzağular başarıyla yetiştirilmiş olup, buzağı bakımı söz konusu olduğunda, buzağılama yılı, mevsim vb. gibi çevresel faktörler ile cinsiyetin dikkate alınması gerektiği, yaşama gücünün dişilerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Siyah Alaca buzağılarda buzağılama yılının, buzağılama yaşının, mevsimin ve cinsiyetin süttten kesim, 6.ay ve yaşama gücü üzerine etkileri

Buzağılama Yılı	Doğumda Buzağı Sayısı	Süttten Kesimde Buzağı Sayısı	Süttten Kesimde Yaşama Gücü	(C^2)	6.Ayda Buzağı Sayısı	6.Ayda Yaşama Gücü	(C^2)
	n	n	%	**		%	**
2007	198	131	66.16		131	100.00	
2008	120	108	90.00		103	95.37	
2009	133	127	95.48		123	96.85	
2010	125	117	93.60		113	96.58	
Toplam	576	483	86.31		469	97.12	
Buzağılama Yaşı				**			**
2	22	20	90.90		20	100.00	
3	55	51	92.72		49	96.08	
4	174	131	75.28		127	96.95	
5	111	86	77.47		84	97.67	
6	120	110	91.66		105	95.45	
7	59	53	89.83		52	98.11	
8	35	32	91.00		32	100.00	
Toplam	576	483	86.31		469	97.12	
Doğum Mevsimi				*			**
Kış	189	148	78.30		144	97.29	
İlkbahar	171	137	80.12		133	97.08	
Yaz	95	89	93.68		87	97.75	
Sonbahar	121	109	90.08		105	96.33	
Toplam	576	483	86.31		469	97.12	
Cinsiyet				ös			ös
Dişi	276	236	85.51		231	97.88	
Erkek	300	247	82.33		238	96.36	

* $P<0.05$; ** $P<0.01$.ös: Önemsiz

KAYNAKLAR

- Aksakal V, Bayram B, 2009. Estimates of genetic and phenotypic parameters for the birth weight of calves of Holstein Friesian cattle reared organically. *J Anim Vet Adv*, 8(3): 568-572.
- Ayaşan T, Hızlı H, Asarkaya A, Coşkun MA, 2016. Siyah Alaca buzağlarda büyüme performansı ve yaşama gücü. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 3(3): 223-228.
- Ayылmaz T, Uzmay C, 2010. Ekşitilmiş soğuk süt ikame yemi ve kolostrum karışımı ile büyütülen Siyah alaca buzağlarda büyüme performansı üzerine bir araştırma. *Ege Üniv Zir Fak Derg*, 47(3): 291-302.
- Bayrıl T, Yılmaz O, 2010. Kazova Vasfi Diren Tarım İşletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca buzağlarda büyüme performansı ve yaşama gücü. *YYU Vet Fak Derg*, 21(3): 169-173.
- Bilgiç N, Alıç D, 2004. Siyah alaca buzağların doğum ağırlıklarına ait genetik ve fenotipik parametre tahminleri. *Tarım Bil Derg*, 10(1): 72-75.
- Doğan Z, 2014. Siyah-alaca buzağlarda farklı süttten kesme yaşının büyüme performansı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Aydın. s:69.
- Erez İ, 2011. Siyah alaca buzağlarda erken süttten kesmenin performans üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. s:38.
- Goshu G, Singh H, 2013. Genetic and non-genetic parameters of replacement rate component traits in Holstein Friesian cattle. *Springer Plus*, 2(10): 581-587.
- Hossain MM, Islam MS, Kamal AHM, Rahman AKMA, Cho HS, 2014. Dairy cattle mortality in an organized herd in Bangladesh. *Veterinary World*, 7(5): 331-336. Available at www.veterinaryworld.org/Vol.7/May-2014/12.pdf.
- Karabulut O, Mundan D, Sehar Ö, 2012. Siyah alaca buzağlarda doğum ağırlığının varyans unsurları ve damızlık değerleri. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 1(1): 28-34.
- Kaygısız A, Kösetürkmen E, 2007. Akrabalık yetiştiriminin Esmer sığırların süt ve döl verim özelliklerine etkileri. *KSÜ Fen Bil Derg*, 10(2): 124-131.
- Kaygısız A, Tümer R, 2006. Siyah alaca sığırlarda kolostrum kalitesinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı, Temmuz. K. Maraş. s:1-16.
- Kaygısız, A., Bakır, G., Yılmaz, I., 2012. Genetic parameters for direct and maternal effects and an estimates of breeding values for birth weight of Holstein Friesian Calves. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, 18(1):117-124.
- Kıyıcı JM, Tüzemen N, 2012. Buzağların kovadan süt içmeyi öğrenme davranışlarının karşılaştırılması. *Tekirdağ Zir Fak Derg*, 9(3): 109-114.
- Koçak Ö, Güneş H, 2005. The growth and survival characteristics of Holstein female calves weaned at various ages. *Turk J Vet Anim Sci*, 29(2): 511-516.
- Koçak S, Tekerli M, Özbeyaz C, Yüceer B, 2007. Environmental and genetic effects on birth weight and survival rate in Holstein calves. *Turk J Vet Anim Sci*, 31(4): 241-246.
- Özçakır A, Bakır G, 2003. Tahirova Tarım işletmesinde yetiştirilen Siyah alaca sığırların döl ve süt verim özellikleri. 2. döl verim özellikleri. *Atatürk Üniv Zir Fak Derg*, 34(3): 223-228.
- SPSS, 2007. SPSS for Windows, release 16.0.
- Yalew B, Lobago F, Goshu G, 2011. Calf survival and reproductive performance of Holstein-Friesian cows in central Ethiopia. *Tropical Anim Health and Prod*, 43(2): 359-365.
- Yüceer B, Özbeyaz B, 2010. Kolostrum almış buzağlarda bağışıklığın, büyüme, hastalık insidansı ve yaşama gücü üzerine etkisi. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 57(3): 185-190.