

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, Diyarbakır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Bahçe Bitkileri
İğdır Üniversitesi, İğdir, Türkiye

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

Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK, Bitki Koruma
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ, Bitki Koruma
İğdir Üniversitesi, İğdir, 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
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Züleyha BİNGÜL, Çevre Mühendisliği
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Prof. Dr. Genber KERİMLİ, Elektrik-Elektronik Müh.
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Elektrik-Elektronik Müh.
İğdir Üniversitesi, İğdir, 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
İğdir Üniversitesi, İğdir, 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,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Zeynep TURHAN IRAK, Kimya,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Faruk YEŞİLDAL, Makine Müh.
İbrahim Çeçen Üniversitesi, Ağrı, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı KORKMAZ, Makine Müh.
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Alkan ÖZKAN, Matematik, İğdir Üniversitesi
İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK, Matematik
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Lokman BİLEN, Matematik
İğdir Üniversitesi, İğdir, 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. İlkur 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
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Prof. Dr. Kamil HALILOĞLU, Tarla Bitkileri
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Bilal KESKİN, Tarla Bitkileri
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri
İğdir Üniversitesi, İğdir, 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
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Doç. Dr. Eser Kemal GÜRCAN, Zootekni
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY, Zootekni
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootekni, İğdir Üniversitesi
İğdir, 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,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Uzm. Handan YILDIZ,
Milli Eğitim Müdürlüğü, İğdir, Türkiye

Uzm. Talha YILDIZ,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

BU SAYININ HAKEM LİSTESİ

REFREE LIST IN THIS NUMBER

Prof. Dr. AYŞE YILDIZ PAKYÜREK, Bahçe Bitkileri
Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Prof. Dr. Bulat Z. RAMİ, Fizik
Gebze Teknik Üniversitesi Kocaeli, Türkiye

Prof. Dr. Ersin KIVRAK, Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü
Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyonkarahisar, Türkiye

Prof. Dr. Ercan ÇELİK, Matematik
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Fatih SATIL Biyoloji
Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye

Prof. Dr. Filiz AYANOĞLU, Tarla Bitkileri
Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Türkiye

Prof. Dr. Hakan ÖZKAN, Tarla Bitkileri
Çukurova Üniversitesi Adana, Türkiye

Prof. Dr. Hüseyin BAŞAL, Tarla Bitkileri
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Prof. Dr. İlker DİNÇER, Fizik Mühendisliği
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT Gıda Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. İrfan TERZİ, Biyoloji
Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

Prof. Dr. Muharrem KAYA, Tarla Bitkileri
Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa Ali KAYNAK, Tarla Bitkileri
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Prof. Dr. Nebahat SARI, Bahçe Bitkileri
Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye

Prof. Dr. Nedret ŞENGONCA TORT, Biyoloji
Ege Üniversitesi İZMİR, Türkiye

Prof. Dr. Ökkeş ATICI, Biyoloji
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Recep AYDIN, Zootekni,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Serap PULATSÜ, Su Ürünleri
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN, Biyoloji
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

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

Prof. Dr. Ünsal DOĞRU, Zootekni
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Ali AKGÜL, Matematik
Siirt Üniversitesi Siirt, Türkiye

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

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

Doç. Dr. Funda ERYILMAZ AÇIKGÖZ, Bahçe Bitkileri
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Doç. Dr. İlker KILIÇ, Biyosistem Mühendisliği
Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye

Doç. Dr. İsmail EKER Biyoloji
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Doç. Dr. Koray ÖZRENK, Bahçe Bitkileri
Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye

Doç. Dr. Mehmet Akif IRMAK, Peyzaj Mimarlığı
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Memiş ÖZDEMİR, Zootekni
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Meral YILMAZ CANKILIÇ, Biyoloji
Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

Doç. Dr. Murat KAYRI, Bilgisayar Mühendisliği
Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye

Doç. Dr. Oğuz Akın DÜZGÜN, İnşaat Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Onur KOYUNCU, Biyoloji
Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

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

Doç. Dr. Zöhre POLAT Peyzaj Mimarlığı
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Abdullah OSMANOĞLU, Bahçe Bitkileri
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Adem BARDAK, Tarımsal Biyoteknoloji
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

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

Yrd. Doç. Dr. Arda ÖZEN, Orman Mühendisliği
Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ashhan GEVREKÇİ, Moleküler Biyoloji
Başkent Üniversitesi Ankara, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Bahçe Bitkileri
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Cem ÖZİÇ, Biyomühendislik Bölümü
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ertan ERCAN, Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik
Bölümü
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Fatih ÇIĞ, Tarla Bitkileri
Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ferdi AKMAN, TBMYO
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Gökçe Dilek KÜÇÜK, Matematik-Bilgisayar,
İğdir Üniversitesi İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Hakan YALÇINER, İnşaat Mühendisliği
Erzincan Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootekni
İğdir Üniversitesi İğdir, Türkiye

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

Yrd. Doç. Dr. Kiarash Afshar Pour REZAEİEH, Tarla Bitkileri
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Köksal KARADAŞ, Tarım Ekonomisi
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Melek FERAT HALILOĞLU, Tarla Bitkileri
Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat AYDIN, Tarla Bitkileri Bölümü
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mustafa CANIM, Bilgisayar Mühendisliği
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kenan GEÇER, Bahçe Bitkileri
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nurgül ARISOY, Peyzaj Mimarlığı
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Onur ŞATIR, Peyzaj Mimarlığı
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, VAN, Türkiye

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

Yrd. Doç. Dr. Ümit YILDIKO, Tuzluca MYO Tıbbi Hizmetler ve
Teknikliği
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Yeşim SARAÇ, Matematik
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

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

Dr. Ebru CAVLAK, Matematik
Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

Dr. Fatma SABANCI, Temel Bilimler
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Dr. Mehmet Akif ERDOĞAN, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
Çukurova Üniversitesi, ADANA, Türkiye

Didem ERDEL Rektörlük
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Ebru ERDEMİR Gıda Mühendisliği
Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye

Handan Yıldız Rektörlük
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Ramazan CEYLAN, Biyoloji
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Sema ÖZTÜRK, Su Ürünleri Mühendisliği
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

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

Bahçe Bitkileri / Horticulture

Türkiye Güneydoğu Anadolu Bölgesi' nin Sanayi Domatesi Üretim Potansiyeli
Potential of Industrial Tomato Production of Southeast Anatolian Region in Turkey
Mevlûde TATAR, Vedat PİRİNÇ

11

Brassicaceae Familyasından Beş Türde Dormansi ve Çimlenme Gereksinimleri
Dormancy and germination requirements of five species from Brassicaceae
Serap KIRMIZI

21

Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Nar (*Punica granatum* L.) Potansiyeli Konusunda Bir Araştırma
A Research on Pomegranate (Punica granatum L.) Production Potantial of Southeastern Anatolia Region
Mikdat ŞİMŞEK, Ersin GÜLSOY

31

Tuzluluk ve Kuraklık Stresi Altında Farklı Patlıcan Anaç/Kalem Kombinasyonlarının Bazı Morfolojik Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi
Investigation of changes on some morphological characteristics in different eggplant scion/rootstock combinations under salt and drought stresses.
Sevinç KIRAN, Çağla ATEŞ, Şebnem KUŞVURAN, Kenan SÖNMEZ, Şebnem ELLİALTIOĞLU

43

Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering

Kampüs Ağlarında Arkaplan Trafik'in IP-Tabanlı Telefon Sistemlerin Ses Kalitesi Üzerindeki Etkisi
The Impact of the Background Traffic on the IP-Based Phone Systems Sound Quality in the Campus Network
Zeydin PALA

55

Biyoloji / Biology

Zooplanktonik Organizmaların Manyas Barajında (Balıkesir) Mevsimsel Değişimi ve Bazı Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerle Olan İlişkileri
The Seasonal Distribution of Zooplanktonic Organisms and Their Relationships with Certain Physical and Chemical Parameters in the Manyas Reservoir (Balıkesir)
Kemal ÇELİK, Elif GİRİTLİOĞLU

65

Bozburun Yarımadası'nın Geofitleri
Geophytes of the Bozburun Peninsula
Kenan AKBAŞ, Ömer VAROL

73

Gıda Katkı Maddesi Olan Sodyum Sülfidin *Tubifex tubifex*'te Katalaz ve Glutatyon-S-Transferaz Enzim Aktivitelerine Etkileri
Effects of Sodium Sulfite as a Food Additive on Catalase and Glutathione-S-Transferase Enzyme Activities in Tubifex tubifex
Filiz ALANYALI

83

Menzelet Baraj Gölü'nde Yaşayan *Silurus glanis* (Linnaeus, 1766) Balıklarının Karaciğer Dokusu Yağ Asidi Bileşiminin Tespiti
Determination of Fatty Acid Composition in Liver Tissue of Silurus glanis (Linnaeus, 1766) Living in the Menzelet Dam Lake
Muhammed İĞDE, Şerif TAŞDEMİR, Emel DIRAZ, Hakan GÜNEŞ, Selim KISIMLAR

89

97

Hypericum retusum Aucher'in Hücre Süspansiyon Kültürlerinin Optimizasyonu ve Fenolik Bileşen İçeriğinin İncelenmesi

Medium Optimization and Investigation of Phenolic Contents in Cell Suspension Culture of Hypericum retusum Aucher

Hilal SURMUŞ ASAN, Özen HASAN ÇETİN, Ahmet ONAY

Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering

107

Farklı Standartlara Göre Silo Yüzeyindeki Dış Basınç Katsayılarının Belirlenmesi

The Determination of External Pressure Coefficients on The Silo Surface According to Different Standards

Hakan KİBAR

Çevre Mühendisliği / Environment Engineering

115

Biyo – Ekolojik Risk İndeksleri Kullanılarak Seydisuyu Havzası Sediment Kalitesini Değerlendirilmesi

Use of Bio – Ecological Risk Indices to Evaluate the Sediment Quality of Seydisuyu Stream Basin

Cem TOKATLI, Arzu ÇİÇEK, Esengül KÖSE

Elektrik Elektronik Mühendisliği / Electrical Electronic Engineering

125

LSMO/STO/LSMO Manyetik Tünel Ekleminin Zayıf Manyetik Alanlarda Tünelleme Manyetodirenci

Tunnelling Magnetoresistance at Low Magnetic Fields in LSMO/STO/LSMO Magnetic Tunnel Junction

Ramazan Topkaya

Fizik / Physics

131

İğdır Yöresinde Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi

Determination of Environmental Radioactivity in the İğdır Region

Gülçin BİLGİCİ CENGİZ, Volkan GÖKSU, Hüseyin ERTAP

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

141

Tıbbi Bir Bitki Olarak *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis*' in *in vitro* Antioksidan Aktiviteleri, Elementel Bileşimi ve Lipit Bileşenlerinin Araştırılması

Investigations of in vitro Antioxidant Activities, Elemental Compositions and Lipid Constituents of Acanthus dioscoridis L. var. dioscoridis L. as a Medicinal Plant

Cumali KESKİN

149

Tuz ile Balığın Buluşması: Tuzlu Balık

The Meeting of The Fish And Salt: Salted Fish

Hakan GÜNGÖRMEZ, Şenol GÜZEL, Abdullah ÖKSÜZ, Sümeyye GÜZEL

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

157

Betonarme Yapı Elemanlarında En Uygun Donatı Yerleşiminin Belirlenmesi: Konsol Kiriş Örneği

Determination of the Optimum Reinforcement Layout in RC Structural Members: Cantilever Beam Example

Fatih Mehmet ÖZKAL, Habib UYSAL

Kimya / Chemistry

- 3-Metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on Bileşiğinin Teorik ve Deneysel Spektroskopik Özelliklerinin İncelenmesi 171
Investigation of Theoretical and Experimental Spectroscopic Properties of 3-Methyl-4-[3-(*p*-nitrobenzoxy)benzylidenamino]-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one
Haydar YÜKSEK, Fevzi AYTEMİZ, Murat BEYTUR, Özlem GÜRSOY KOL

Makina Mühendisliği / Mechanical Engineering

- Isı Transferinde Isı Kayıplarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle İncelenmesi 185
An Investigation with Artificial Neural Network Methods of Heat Loss in Heat Transfer
Bekir ÇIRAK, Sabit KORCAK

Matematik / Mathematics

- Kerr Law Lineer Olmayanlık ile Thirring Optik Solitonların Dinamikleri 199
The Dynamics of Thirring Optical Solitons by Kerr Law Nonlinearity
Ebru CAVLAK ASLAN

- R_2^4 de Pseudo Null ve Partially Null Eğriler İçin Yeni Karakterizasyonlar 207
New Characterizations for Pseudo Null and Partially Null Curves in R_2^4
Zühal KÜÇÜKARSLAN YÜZBAŞI

- Konfluent Hipergeometrik Denklemi İçin Farklı Bir Çözüm Metodu 215
A Different Solution Method for the Confluent Hypergeometric Equation
Ökkeş ÖZTÜRK

- Lineer Olmayan bir Schrödinger Denkleminin Galerkin Metoduyla Çözümü 225
Solution of a Nonlinear Schrödinger Equation with Galerkin's Method
Nigar YILDIRIM AKSOY

Moleküler Biyoloji ve Genetik / Molecular Biology and Genetic

- SCAR Markörler Kullanarak On İki Yerel Fasulye Çeşidinde *P. Syringae* Pv. *Phaseolicola* ve *X. Axonopodis* Pv. *Phaseoli*'ye Karşı On Direnç Geninin Tespit Edilmesi 241
Detection of Ten Resistance Genes Against *P. syringae* pv. *phaseolicola* and *X. axonopodis* pv. *phaseoli* in Twelve Local Bean Varieties Using SCAR Markers
İsmail POYRAZ, Berru ŞAHİN, Evren ATMACA

- İnsanda Uzun Kodlanmayan RNA'ların Doku İfade Örüntüleri ve Varsayımsal İşlevlerinin Benzeşme Yayılması Algoritması ile İncelenmesi 249
Investigation of Tissue Expression Patterns and Putative Functions of Human Long Non-Coding RNAs with Affinity Propagation Algorithm
Gökhan KARAKÜLAH

- Safran (*Crocus sativus* L.) Bitkisinde Biyoteknolojik Çalışmalar 259
Biotechnological Studies in Saffron (*Crocus sativus* L.) Plant
Yonca SURGUN ACAR, Rabia İŞKİL, Betül BÜRÜN

269

Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture

Soğuk İklimde Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımları
Urban Design Approaches for Cold-Climate Cities
Doğan DURSUN, Merve YAVAŞ

279

Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi Bitkisel Tasarımı ve Uygulaması
Vegetative Design and Implementation in Cumhuriyet Campus of Ordu University
Murat YEŞİL

Su Ürünleri / Fisheries

295

Almus Baraj Gölü (Tokat)'nde Kafeslerde Gökkuşluğu Alabalığı Yetiştiriciliğinin Sedimentten Fosfor Salınımına Etkisi
Effect of Rainbow Trout Cage Culture on Sediment Phosphorus Release in Almus Dam Lake (Tokat)
Akasya TOPÇU, Serap PULATSÜ, Doğukan KAYA

303

Tuz Gölü'nde Çevresel Faktörlerin *Artemia* Populasyonu'na Etkisi
The Effects of Environmental Factors on *Artemia* Population in Tuz Lake (Central Anatolia, Turkey)
Mine KIRKAĞAÇ, Ela GÜMÜŞ, Göktağ YOKUŞ

313

Japon Balıklarında (*Carassius auratus*, L. 1758) Yeme İlave Edilen Probiyotiklerin Büyüme Performansına Etkileri
Effects of Dietary Probiotic Supplementation on Growth of Gold Fish (*Carassius auratus*, L. 1758)
Levent DOĞANKAYA

Tarım Ekonomisi / Agricultural Economy

321

Erzurum İli'nde Arpanın Üretim Maliyeti
Cost Of Barley in Erzurum Province
Ahmet Semih UZUNDUMLU, Ayşe SEZGİN

Tarla Bitkileri / Field Crops

327

Pamukta Farklı Zamanlarda Kesilerek Uzaklaştırılan Tepe Sürgünü Uygulamasının Lif Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkisi
Effects of Topping at Different Times on Fibre Yield and Quality Traits on Cotton
Mustafa YAŞAR, Sema BAŞBAĞ, Remzi EKİNCİ

335

Durum Buğdayı (*Triticum turgidum ssp durum*) Genotiplerinin Düşük Molekül Ağırlıklı Gluten Bantları (LMW) ve Bazı Kalite Özellikleri Yönünden Taranması
Screening Durum Wheat Genotypes for Some Quality Traits and LMW-Glutenin Proteins
Hasan KILIÇ, İrfan ERDEMÇİ, Fethiye ÖZBERK, Turgay ŞANAL

Zootekni / Animal Science

345

Farklı Zemin Tiplerinin Esmer Sığırlarda Memedeki Mikroorganizma Yükü ve Stres Hormonları Üzerine Etkileri
The Effects of Different Types Floor on Udder Microorganism Load and Stress Hormones Traits of Brown Swiss Cows
Rıdvan KOÇYİĞİT, Naci TÜZEMEN

Potential of Industrial Tomato Production of Southeast Anatolian Region in Turkey

Mevlüde TATAR¹, Vedat PİRİNÇ²

ABSTRACT: Due to the availability of different climatic characteristics and soil types most of the vegetables can be produced in Turkey. Country is divided to 9 regions in terms of vegetable production and each region is known to have the potential of different vegetable production. Tomato is not only the mostly grown vegetable but also it has the widest range of processed product in Turkey. Turkey has 28.6 million tons of vegetable production and also it is the fourth country in the World. The vegetable production of 86% is open field vegetable and 14% of greenhouse production. Turkey has 12.61 million t. tomato production. This production includes table (8.170 t) and industrial (4.445 t) tomato. And tomato is the most growing vegetable with 42% of total production in Turkey. Tomato production of Southeast Region is 677 600 t in 66 474 ha. The region has 359 734 t table tomato production in 39.571 ha and the industrial tomato production is 317 886 t in 26 903 ha. The region has great potential in terms of tomato production. South Eastern Anatolia Region has strong and big potential for marketing and growing of tomato besides Marmara region. So development of the tomato based industry will ultimately increase the new investment and employment opportunities in the region. Existing status of the tomato agriculture and the tomato processing industry and their future in Southeastern Anatolia Region were focused of this study.

Key Words: Production, South-Eastern Anatolia, tomato, tomato processing

Türkiye Güneydoğu Anadolu Bölgesi' nin Sanayi Domatesi Üretim Potansiyeli

ÖZET: Türkiye'de farklı iklim ve toprak yapısı nedeni ile birçok sebze türü üretilebilmektedir. Ülkemiz sebzeçilik bakımından 9 bölgeye ayrılmakta ve her bölgenin de farklı sebzeçilik potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Domates ülkemizde en fazla üretilen sebze olarak ilk sırayı alırken işleme sanayi olarak da ürün yelpazesi en geniş olan bir sebzedir. Türkiye 28.6 milyon ton sebze üretimi ile dünyada 4. Sırada yer almaktadır. Sebze üretiminin %86' ı açıkta %14' ü ise örtüaltında yapılmaktadır. Türkiye 12.61 milyon ton domates üretimine sahiptir. Bu üretimin 8.171 milyon tonu sofralık, 4.445 milyon tonu ise sanayi tipi oluşturmaktadır ve domates Türkiye sebze üretiminin %42 si karşılıyarak en fazla üretilen sebze olarak ilk sırada yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin 66 474 ha alanda 677 600 ton domates üretimi bulunmaktadır. Bölgenin 39 571 ha alanda 359 734 ton sofralık ve 26 903 ha alanda ise 317 886 ton sanayi tipi domates üretimi bulunmaktadır. Bölge domates üretimi bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Çalışma ile sektörün yoğunlaştığı Marmara bölgesi dışında güçlü bir Pazar ve yetiştiricilik potansiyeline sahip olduğu düşünülen Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ürün bazında sektör olarak (domatese dayalı işleme sanayi) değerlendirilmesine dikkat çekmesi beklenmektedir. Böylece bölgede yeni yatırım ve istihdam alanlarının açılması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Domates, Güneydoğu Anadolu, üretim, sanayi domatesi

¹ GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, 1. kurum, Bahçe Bitkileri, Diyarbakir, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, 2. kurum, Bahçe Bitkileri, Diyarbakir, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Vedat PİRİNÇ, vedpir@dicle.edu.tr

INTRODUCTION

Vegetables have an important place in human diet. The necessity of consuming vegetables in terms of health is understood better with each passing day. The reason for this is that they have many health benefits such as not containing fat, containing lots of water, being fibrous, being easy to digest and not causing weight gain. In addition, due to the recognition of alternative medicine's healing properties these days, it is evident that the consumption and production of vegetables are experiencing a rising trend. Some vegetables' unique flavors and aromas and thus their heavy consumption, has made these vegetables indispensable products. Nowadays we have tomatoes as the vegetable most used in the Turkish kitchen, directly in meals during summer and in many meals as ketchup, making them to be a vegetable where we almost cannot think of a meal without. Tomato is accepted to be a vegetable consumed on our tables fresh or cooked. Because of its high consumption, tomato is not just a summer vegetable but one that leads production as the most grown vegetable in greenhouses. Therefore, in order to meet the increased demand, this vegetable's growing has become widespread. The introduction of this vegetable, with such a high consumption rate, to our country corresponds to a quite recent time period in contrast to what is believed. Tomato, whose motherland is South America and which has an important place in the Turkish agriculture food industry, is reported to have entered Turkey during the 1. World War (Demiray and Tülek, 2008).

While the tomato's entry into the country and its use has a past of 100 years, today it has gained prominence as the highest consumed vegetable and consumption of tomatoes has taken off in this country (Şeniz, 1992). Since our country has different climate structures, different vegetable growing potential exists in each region. However, tomato is a vegetable, unlike other vegetables that could be grown in many regions where its consumption is more as the leading vegetable in comparison to others. Its inclusion in almost all meals in the kitchen together with the flavor and aroma it provides, it has provided us to be among the leading consumers and producers in

the world. Even though our country is not part of the tomato's gene center, it has wide variations. Meaning, there are local varieties or genotypes in many regions that have adapted to that region and referred to by their regional names. Unlike other vegetables, in addition to being consumed fresh, tomatoes with a wide area of use are used in the tomato industry and the vegetable processing industry and used as raw materials in all the sub-branches of these industries. These are; canned fruit and vegetable industry, ketchup industry, fruit juice industry, frozen, dried vegetable and fruit industry sectors (Uylaşer, 1996; Keskin and Gül, 2004). The wide area of use for the tomato has increased the income demand elasticity multiple and together with the greenhouse production it has also increased the supply elasticity. Due to the mentioned properties tomato processing industry is the first developed industry branch. The lower shelf life of tomatoes compared to many other vegetables has also contributed to be an important factor in the development of industrialization in order to provide durability. Starting with the 1970s, parallel to the establishment of the tomato industry and its rapid development, the tomato production in our country gained momentum and succeeded in joining the world production giants like the USA and Italy in world ranking.

Being among one of the indispensable ones in human diet has provided the tomatoes to be the leading one among agricultural products which are produced, consumed and have become subject to trade. In addition to fresh consumption of tomatoes, the multitude of uses in the food industry such as frozen, tomato paste, ketchup, sauce, pickles, tomato juice, tomato puree, peeled tomato, sliced tomato, tomato cut as cubes, dried tomatoes, canned tomatoes increase tomato's importance (Uylaşer, 1996; Keskin and Gül, 2004). In conjunction with regional density in tomato production, the processing industry has also been concentrated in the Marmara and Aegean regions. The Mediterranean region is known more for its greenhouse type production geared for fresh consumption (Arikbay, 1996).

Our country is among the top 4 countries with 28.6 million tons of vegetable production in an area

of approximately 8.5 million decares (1000m²). In regard to the tomato's world production (123 120 000 t), Turkey is ranked 4th after China, India and the USA in terms of planted area and production amount (FAO, 2013). According to Turkey's TÜİK data in 2015, out of a total 12,61 million t. of tomato production, 8.170 thousand tons constituted table consumption and 4.445 thousand t. constituted tomatoes to make ketchup. With this amount of production, tomato is the most grown vegetable in our country and constitutes almost 42% of the total vegetable production. Approximately 71.3% of the tomato produced in Turkey constitutes tomato production for table consumption and 29.7% constitute tomato production for the industry. Approximately 25-30% of the tomato produced gets processed in the food industry and the remaining amount goes to fresh consumption (Düzyaman and Duman, 2003). Out of the total amount processed, 80% is used for tomato paste, 15% for canned tomatoes and the remaining amount is used for manufacturing of ketchup, tomato juice and tomato products (Sarışaçlı, 2010). 86% of production in Turkey is in the open and 14% is under covers in greenhouses. Nowadays, apart from the canned industry's other products in approximately 100 operations and facilities, mostly tomato paste is produced (Keskin, 2012). Even though tomato production shows variance in terms of regions, tomato paste and canned production known as industry tomato is concentrated in the Marmara region. However, it is known that tomato production exists in other regions as well with a size not be sniffed at. The Southeast Anatolia region is located very advantageously in terms of vegetable production. Upon the commissioning of GAP, new agriculture area shall be opened to irrigation. Considering that the vegetable farming shall increase with irrigation gain effectiveness, it is expected that such a vegetable like tomato with a wide range of products, shall have its production increased. The fact that tomato and tomato paste use in the region is high, it shall cause serious increase in its production and become widespread.

According the 2015 TÜİK data, the Southeast Anatolia Region has 164 262 acre planted area and

677 600 t of production amount. While the Region has 97 783 acre of planted area and 359 734 t of production for fresh, table consumption, it has 66 479 acre of planted area and 317 866 t of tomato production for tomato paste. The region has a great potential in terms of tomato production. However, it is also known that there is insufficiency of industrial facilities in the region based on tomato and a serious marketing issue that would increase fresh consumption and provide guidance. Despite the large amount of fresh consumption of tomato and tomato paste in the region, occasionally tomato needs are met from outside the region. The objective of the study was to put forth the production potential of tomato in the Southeast Anatolia Region and if any, the current status of the industry sector based on tomato and the future of tomato growing in the region. Therefore, efforts were made to put forth the development of vegetable growing in general and specifically the development of tomato in the region or the industry sector based on tomato, formation of new employment areas based on this sector and conduct of a research to have the region meet its own tomato needs. At the same time, local types were taken into consideration and their use in production was targeted.

TOMATO PRODUCTION IN TURKEY

Turkey's total vegetative production area (acre) is approximately 239 486 338.14 and the vegetable area is 8 085 070.00. It is observed that tomato with its (12.6 million tons) among the vegetables whose fruits are eaten, has the highest production among all the vegetables whose total production is 25 606 476 t. It shows that tomato by itself counts for almost half (%42) of the production of all the vegetables. Upon reviewing Table 1, it can be seen that the production level of tomato, while it does differs by year, has displayed a rising trend and increased from 10.050 million t. of production in 2005 to 12.615 million t. in 2015. The annual distribution of tomato production from 2005 to 2015 has shown an increase each year for both fresh consumption and also as tomato for the industry. During the recent years, the tomato productivity in our country has increased in conjunction with high quality seeds and the use of technological production systems (Erdal, 2006).

Table 1. Tomato Production of Turkey (ton)

Years	Industrial Tomato	Table Tomato	Total
2005	2 983 000	7 067 000	10 050 000
2006	2 942 132	6 912 745	9 854 877
2007	2 973 393	6 963 159	9 936 552
2008	3 565 541	7 419 814	10 985 355
2009	3 539 611	7 205 961	10 745 572
2010	2 878 812	7 173 188	10 052 000
2011	3 430 002	7 573 431	11 003 433
2012	3 652 039	7 697 961	11 350 000
2013	3 878 220	7 941 780	11 820 000
2014	3 914 890	7 935 110	11 850 000
2015	4 445 000	8 170 000	12 615 000

(Anonymous 2015. Crop Production Statistics Database)

This situation is an evidence that our country attaches great importance to it, nevertheless its position in the domestic market has caused an increase in tomato growing due to the technology utilized in recent years, being aware of the importance of using high quality seeds, studies made on quality and positive results in research and development. Today, there are industrial type of operations involved in mostly tomato paste production in different regions whose numbers keep going up. Marmara region with the most of these firms is a leading region in the production of tomato paste (Sarışaçlı, 2006). The effect of ecologic conditions in this region on the tomato production seems to be the basic reason for this concentration (Pirinç, 2006). Upon review of the Table 1, it is observed that tomato production has been increasing over the years and majority of this increase concerns the industrial type tomato. When the last 10 years' tomato production is reviewed, production which was 10 050 000 tons in 2005 has increased to 12 615 000 tons in 2015. However, the most important reason for this increase can be stated to be arising from industrial type tomato. While a 25% increase occurred in total tomato production during the last 10 years, the industrial type tomato

production's rate of increase was 49%. These data are indicators that industry based on tomato is also in an upward swing. Parallel to the increase in production amount of tomatoes, increase in productivity per unit area has also been observed.

Upon review of Table 2. according to 2105 TÜK data, in terms of fresh tomato consumption (table tomato) distribution by region, the Mediterranean region is observed to be in first place with 391 030 acre planted area and 3 662 820 t. of production. When the planted areas of tomatoes for tomato paste are reviewed in terms of their regional distribution, it is seen that the Aegean Regions is in first place with 218.466 acre planted area and 1 652 841 t. of production followed by the East Marmara Region. While, the table tomato in the Southeast Anatolia Region has 97 783 acre of planted area and 359 734 t. of production, tomato for tomato paste is observed to have 66 479 acre of planted area and 317 866 t. of production. Tomato processing industry which has an important place within the vegetable processing industry, has started developing in the modern sense in 1967 and by the 1970s, it has displayed a rapid development with the increase in demands from abroad and internal incentives (Turhan, 2007).

Table 2. Tomato Production of Regions in Turkey (ton)

Region	Table tomato		Industrial tomato		Total	
	Production (T)	Area (acre)	Production (T)	Area (acre)	Production (T)	Area (acre)
Mediterranean	3.662.820	391.030	53.929	17.105	3.716.749	408.135
Ege	1.282.431	208.051	1.652.841	218.466	2.935.272	426.517
West the black sea	934.163	150.655	57.242	16.403	991.405	167.058
East Marmara Region	603.345	100.706	1.596.269	168.299	2.199.614	269.005
West Marmara	433.735	75.244	581.958	94.289	1.015.693	169.533
Southeast Anatolia Region	359.734	97.783	317.866	66.479	677.6	164.262
West Anatolia	308.601	66.167	122.656	20.005	431.257	86.172
Middle Anatolia	216.780	60.526	53.102	10.420	269.882	70.946
The middle east Anatolia	203.435	63.639	8.407	2.798	211.842	66.437
İstanbul	18.592	4.644	147	60	18.739	4.704
East the black sea	13.220	5.888	583	192	13.803	6.080

(Anonymous 2015. Crop Production Statistics Database)

Upon observation of Turkey in general, it is evident that industrial type of tomato production has been concentrated in the Aegean and East Marmara regions and again the concentration of industrial vegetable growing facilities (tomato paste and canned tomato plants) has been observed in these regions. 44 firms are in business in our country on the subject of tomato paste production and their total production capacity is about 600.000 t. The major firms can be counted as Tat, Tukaş, Tamek, Penguen and Akfa. The mentioned firms control close to 60-70% of the market. 64% of Turkey's tomato paste production is done in Bursa. The fact that majority of our country's tomato paste and canned tomato need is met by the Marmara region, it is fair to say that tomato production of other Regions and especially the Southeast Anatolia regions is mandatory.

SOUTHEAST ANATOLIA REGION TOMATO PRODUCTION

As part of the study Diyarbakır, Mardin, Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlıurfa and Şırnak provinces shall be taken into consideration within the scope of Southern Anatolia region. The region's general

characteristics; hot and dry during summers and vegetation period is 5-7 months, not a long period and insufficiency of irrigation water and precipitation in some regions and its inconsistency during a year are the most apparent features. The winter months with low temperatures and the high temperatures during the summer are the region's characteristic properties. It is a known fact that there are productive agricultural areas in the region however it is also known that a single type of production, even mono culture is done in various places; agriculture of wheat and at times cotton is intensive. The vegetable agriculture is lower when compared to other products however this is thought to be due to lack of agriculture policies that support vegetable growing. Nevertheless, even though the region has the potential to be able to meet its regional vegetable needs, especially tomato need is met from outside of the region occasionally.

Growing vegetables requires irrigation water and since it has a distinct and unique growing different from other products' growing, it needs a concentrated labor and care. This situation weakens vegetable growing in some places. As a result of the commissioning of the GAP, new agriculture

lands have joined production and with the arrival of irrigation water, vegetable growing is also expected to increase. The most important factors in the region that limit vegetable growing are the insufficiency of irrigation water and, the high temperatures during the summer months which cause low productivity and quality in vegetables such as tomatoes, peppers, eggplants. However, while the arrival of water resolves the irrigation issue the high temperatures is an important problem that we keep facing. This issue is thought to be solvable by some manipulations. Growing vegetable varieties extensively such as tomatoes which are tolerant to high temperatures in this region and the implementation of different planting dates will positively impact growing of such vegetables. Despite all adversity due to climate in the region, it is crucial that the local vegetable genotypes continue their availability until now; such as Diyarbakır, Lice tomato, watermelon, eggplant, Şanlıurfa eggplant, pepper, Savur tomato. Processed products done in the region such as tomato paste, pepper paste, chili pepper, dry and stuffing vegetables without any supportive agriculture policy in the region for growing vegetables, is the most important indicator for the region's potential in vegetable growing, especially tomatoes. The region is in a position to be open to new type and varieties in terms of vegetable growing. The fact that some vegetables which were not grown previously or has limited growing are being grown nowadays, mean that broccoli, cauliflower, cabbage etc. vegetable growing are examples that vegetable growing has growth tendency.

In light of all these data, a very serious plan and program has to be done in the region to have vegetable growing increase. It is seen in the table that vegetable growing is done in each province of the region. Upon review of these tables, it is noticed that tomato has the highest production amount among all the vegetables.

In order to have vegetable growing develop in the region, product and products have to be given priority which would bring along the industry, employment, production and some new innovations alongside. Tomato is in first place which could meet

all these. When tomato is grown as table and industry type, it would bring along many consumption types alongside. Tomato production entails drying, paste, canned, frozen, tomato juice, pickle etc. many processing technologies.

All these mentioned shall develop as a separate sector in the region. Meeting tomato need within the region in consideration of the people's palate, it shall provide the installation of new investments and work opportunities (paste and can factories, tomato drying facilities, pickle etc.) in the region. In addition, in case the traditional tomato growing in the region is coupled with modern growing techniques and working with appropriate quality and productive varieties, the tomato potential is expected to increase much more. In regard to the provinces in the region within the scope of GAP, increase in vegetable growing areas and in parallel increase in the new vegetable types and varieties is also expected to increase. In the region, each province has their own distinct, unique ecological and economical characteristics and these are two important factors in determining the guidance of vegetable growing. In light of all these, the region's vegetable growing and especially the growing of tomatoes need to be scrutinized.

The total growing area and the vegetable production values for the region's provinces are provided in table 3. As it can be seen from the table, Şanlıurfa's agriculture land is 11 810 432.00 decares and vegetable growing takes place on 204 450.00 decares of this area. The production amount in the province concerning the types whose fruits are eaten, including tomato is approximately 767 547 t. The second place is Diyarbakır's with its total agriculture land of 6 059 567.00 acre and vegetable gardens of 154 512.00 acre and total production of 414 293 t. The fact that Şanlıurfa is in the center of GAP, it is natural for it to be in first place and in fact these values are expected to increase even much more in due time. When the vegetable production areas are proportioned to the total vegetation production, it can be seen that in all provinces vegetable production areas are at very low levels.

Table 3. The total vegetable and tomato production values (Tüik 2015)

Region	Total Area (acre)	Total Vegetable Production (acre)	Tomato Production (T)
Diyarbakır	6.059.567	154.512	414.293
Mardin	3.281.970	100.360	207.962
Gaziantep	3.592.456	86.404	151.332
Adıyaman	2.386.563	57.236	103.328
Kilis	1.050.447	66.258	156.912
Şanlıurfa	11.810.432	204.450	766.547
Şırnak	944.625,00	9.951,00	15.796

Data are grown for edible vegetables fruit

This situation shows the insufficiency of areas assigned for vegetable growing in the region. In other provinces of the region, such as Kilis and Mardin, the insufficiency of irrigation water seems to be an important factor. However, mentioning the same things for Gaziantep and Adıyaman are not appropriate. It is known that agricultural activities are concentrated in these provinces and that there is no irrigation water problem and especially in Adıyaman province melon and water melon agriculture is abundant. In these provinces,

especially in Gaziantep, in consideration of the density of industrial type production and industrial sector, tomato production is expected to increase. The total vegetable and tomato production values for the region's provinces are provided in table 4. As it can be seen from the table, according to tomato's planted areas in the Southeast Anatolia Region, the highest is Şanlıurfa with industrial tomato (45.995) and Table Tomato (37.527), Diyarbakır in the second place with industrial tomato (15.058) and Table tomato (22.508).

Table 4. Southeast Anatolia Region (Tomato Industrial, Table Tomato end Total) Tomato Production

Region	Industrial Tomato		Table Tomato		Total	
	Production Region (Ha)	Production (T)	Production Region (Ha)	Production (T)	Production Region (Ha)	Production (T)
Diyarbakır	15.058	37.826	22.508	69.070	37.566	106.896
Mardin	300	595	12.012	21.729	12.312	22.324
Gaziantep	110	232	3.932	9.071	4.042	9.303
Adıyaman	430	1.262	7.771	19.869	8.201	21.131
Kilis	4.576	22.693	4.113	20.403	8.689	43.096
Şanlıurfa	45.995	255.235	37.527	198.879	83.522	454.114
Şırnak	10	23	470	1.199	480	1.222

(Anonymous 2015. Crop Production Statistics Database)

If production values are taken into consideration, Şanlıurfa's total tomato production is 454 114 tons and 255 235 t. of that is industrial tomato. It can then be said that the highest industrial type tomato production in the Region is in Şanlıurfa and this value is pretty promising. Even though there is no facility in the province which is based on tomato paste and tomato, the fact that industrial type tomato is grown means that home type or small operation type of production can be talked about. However, it is known that a firm (TAT) has conducted industrial type tomato production studies in this province in the past and as result of infrastructure work, the building of a facility was targeted. Facilities in this province of ours with a plain such as Harran's productive agricultural land is believed not to encounter any problems finding raw materials in industrial type of production. The fact that this province is in the center of GAP thus would be the first to benefit from irrigation and other opportunities, concentration of tomato based sector and tomato production here would be more beneficial. However, the high temperatures prevalent in this area during the summer months continue to be a factor adversely effecting tomato growing. Despite the validity of this issue for all the provinces in this region, its impact is more evident in Şanlıurfa and Diyarbakır provinces. In order to resolve this issue or at least partially lessen its impact would be possible by the introduction of varieties that are tolerant to high temperatures and by periodic planting periods. Our province with the lowest tomato production value is Şırnak with 1.222 t. Since this province of ours is in a mountainous region and also in consideration of the insufficient irrigation, low vegetable production in general may be thought to be natural. It has been observed that industrial type tomato production in the region is generally low while the table tomato production is higher. Upon review of Table 4, it can be stated that tomato production in the region is concentrated more in Şanlıurfa and Diyarbakır areas. The characteristics of these two provinces could be the increase in new vegetable growing with the arrival of irrigation water. This increase is expected to gain momentum in time. Therefore, it would be beneficial to scrutinize the tomato production in the region in these two provinces. Şanlıurfa province

has productive, irrigable land suitable for vegetable farming. It is known that with GAP, there is an increase in the amount of land that is productive and irrigable. A plain such as Harran, seems to be a suitable area for tomato production. The need for raw material (tomato) for the facilities to be built in this province or other provinces of this region based on tomatoes can be provided by Şanlıurfa province. In this province, especially around Siverek in villages from the Karacadağ mountainside all the way to Diyarbakır intensive tomato production is realized. Even though Karacadağ region includes partially Diyarbakır province border, it is like a "tomato basin". Tomato agriculture performed at a commercial scale keeps increasing by day. Tomato agriculture done as table tomato provides products to Diyarbakır and Şanlıurfa as their primary markets however they send products to other provinces as well occasionally.

In Diyarbakır, tomato growing is in many places, especially where vegetable growing potential is intensive. The place has its own distinct, unique local genotypes and studies are conducted on these. Local genotype growing such as Lice tomato appropriate for the locals' palate are grown especially in Lice district intensively. By concentrating on this genotype, feasibility work to have tomato paste plant built was conducted in 1998. In fact, due to great interest and appreciation of this genotype similar varieties have been developed and introduced to the market. It is also known that the province has an intensive tomato production in Karacadağ mountainside and it houses a potential which we could name as "tomato basin". Tomato is also at the forefront in Diyarbakır province as the vegetable which is grown the most. The area also has a large demand in the production and consumption of tomato and tomato paste (homemade).

CONCLUSION

The conduct of tomato growing in all the provinces of the region can also be observed in the statistical data. While tomato is a vegetable that is consumed with pleasure in the region, it is also consumable fresh and in different forms. Tomato is generally

consumed fresh in food in the region while it also has a wide use as tomato paste, canned, dried, frozen and as pickle however, all these evaluation forms are done homemade and they get produced before being converted to an operations. The existence of an operation based on tomato is at a level where it is almost none. The use of tomato paste in the region's food culture is pervasive and meals eaten without tomato paste are considered almost non-existent. The region's tomato needs are met occasionally from distant markets such as Tokat. Utilizing the proximity advantage of the region to the Middle East countries, when priority is assigned to tomato production and industry based on tomato in the region, domestic and external markets shall not be a problem. The subjects to be taken care of in order to increase the production and popularize the tomato in the region are as follows;

- Increasing the table tomato production in the region using existing local genotype and giving priority to varieties that are suitable to the people's palate.

- It is known that the problem of high temperatures in summer months regarding tomato growing adversely affect pollination. This situation slows plant development and cause drops in productivity and the fruit quality. In order to resolve this issue, introducing high temperature tolerant varieties to the region shall be beneficial.

- Paying attention to packaging and increasing attractiveness of the table tomato, especially the local genotypes' introduction to the market.

- In consideration of spreading industrial tomato growing, attaching importance to farmer training efforts.

- Having farmers to be aware of the advantages of contract agriculture in tomato growing and especially concerning the industrial types.

- Introduction of industry type tomato varieties to the farmer that are suitable to the place, their spread and use in growing shall increase tomato production. At the same time, by forming the awareness that the use of industrial type of tomato varieties as tomato paste, canning, drying would be more advantageous than the table tomato, would spread the industrial type production.

- In consideration of the suitability of the region's climate and also the advantage that tomato production for drying is already done locally, it can be spread as a sector in the region.

- The establishment of facilities in the region based on tomato paste, canned, tomato juice, frozen and as pickle shall be beneficial. In consideration of the proximity, having these facilities built in different provinces and raw materials to be provided by different borders or within the same area shall contribute to the development of industry in the region based on tomato.

- The operations and facilities to be built in the region shall contribute the formation of new employment areas.

- In case of the increase in tomato production in the region, tomato needs shall be met internally and they shall be using the advantage of being able to send products to the neighboring provinces and countries.

- Attaching priority to farmer training in the region concerning tomato growing and providing information on mechanized growing, irrigation and technical subjects.

- In consideration of the region to be more advantageous in terms of vegetation protection, training the farmers on the subject of disease and harmful to prevent drop in productivity and quality.

- One of the big advantages of the region is to own organic agriculture basins. Using this advantage, to produce both fresh production and also the other tomato paste, canned, dried, frozen and pickle ORGANICALLY and gain high income.

- In order to use quality seeds in the region and spreading production using seedlings, establishment of Agriculture Ministry's incentive and support.

- Attaching priority to tomato growing in greenhouses in the region.

- In order to make greenhouse growing without heating economical, providing guidance to grow tomatoes in low tunnels during early spring periods.

REFERENCES

- Anonymous, 2007. TR5 West Anatolia Agriculture Master Plan. T. R. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Strategic Development Department, Ankara.
- Anonymous, 2007. EN 4 Marmara Region Agricultural Master Plan. T. R. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Strategic Development Department, Ankara.
- Anonymous, 2007. TRA Southeastern Anatolia Region Agriculture Master Plan. T. R. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Strategic Development Department, Ankara.
- Anonymous, 2015. Herbal Products Balance Sheets, Turkey Statistical Institute. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/tarimdenge.zul>.
- Anonymous, 2013. Food and Agricultural commodities production database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Anonymous, 2013. Food and Agricultural commodities production database, of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Anonymous, 2014. Food and Agricultural commodities production database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Anonymous, 2014. Food and Agricultural commodities production database, of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Anonymous, 2016. Herbal Products Balance Sheets, Turkey Statistical Institute. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/tarimdenge.zul>. Accessed: June 25, 2016
- Arıkbay C, 1996. Turkey's exports of processed tomato: situation analysis and possible effects of full membership of the european community (Unpublished PhD Thesis)
- Erdal G, 2006. Production of Agricultural Products - Koyck Approach Relations with the Price Analysis (Tomato example). Journal of Gazi Osman Pasa University Agriculture Faculty , Issue 2 p. 17-24, Tokat.
- Demiray M, Tülek Y, 2008. Drying Technology of Tomatoes and some tomato Antioxidant Effects of Compounds in the drying process. Electronic Journal of Food Technologies (GTED), 2008 (3) 9-20
- Düzyaman E, Duman İ, 2003. Dried Tomato as a New Potential in Export and Domestic Market Diversification in Turkey. Proceedings of the Eighth International ISHS Symposium on the Processing Tomato, Acta Horticulture, 613, 433-436.
- Keskin G, Gül U, 2004. Tomato. Agricultural Economics Research Institute, T.E.A. A-Glance, No. 5, Copies: 13, Ankara.
- Keskin G, 2010. Price Changes in Tomato Paste Industry and Internal Market in Turkey. Centenary University, Journal of Agricultural Science, 20 (3): 214-221, Van.
- Keskin G, 2012. Tomatoes and Tomato Paste Situation - Forecast: 2012/2013. Agricultural Economics and Policy Development Institute, Tpeg Publication No: 219, Ankara.
- The Ministry of Trade and Industry, 2009. Tomato Paste Plant Industry Profile, Ankara.
- Sarısaçlı İ.E. 2006. Paste. T. R. Prime Ministry Undersecretariat of Foreign Trade Export Promotion Center. Ankara
- Sarısaçlı İE, 2010. Tomato paste. T. R. Prime Ministry Undersecretariat of Foreign Trade Export Promotion Center Report http://www.ceidam.com/fileupload/bs238314/File/tomato_paste.pdf (Accessed: 29/06/2014)
- Şeniz V, 1992. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Strategic Development Department Publications, Ankara.
- Tepge, 2013. Tomato and Tomato Paste, Status and Forecast, 2012/2013. Turhan Ş.v to H.Vural (2014) Bursa Analysis of Socio-Economic Structure of Agriculture, U. of. Faculty Journal, 27 (1): 27-38
- Turhan S, 2007. Competitiveness Analysis of Tomato Paste Industry in Turkey. Hasad Food. 22 (247): 26-31.
- Pirinç V, 2006. Yield and Quality Characteristics of Some Important Conditions Lice Processing Tomato Varieties. VI. Vegetable Cultivation Symposium. September 19-22, Kahramanmaraş, pp: 403-408.
- Uylaşer V, 1996. Effect of Change and the Deterioration in Bacteria and Yeast Studies on Flora According to phase of Tomato Paste Production (Unpublished PhD Thesis). Uludag University, Institute of Science and Technology, Bursa.

Dormancy and Germination Requirements of Five Species From Brassicaceae

Serap KIRMIZI¹

ABSTRACT: The germination requirements of five plant species from Brassicaceae; *Thlaspi papillosum* Boiss. & Huet, *Thlaspi lilacinum* Boiss., *Draba brunifolia* ssp. *olympica* Sibth. ex DC., *Aubrieta olympica* Boiss., *Iberis spruneri* Jord., from alpine site on Uludağ Mountain, Turkey, were investigated. The effects of moist chilling (+4 °C) for 15 and 30 days, and gibberellic acid (GA₃; 250, 500 and 1000 ppm), and combined GA₃ and moist chilling treatments were studied under darkness (20°C) and light (20/10 °C; 12/12 h, light/dark). *T.papillosum* seeds were found as non dormant, but the other four Brassicaceae seeds were found to have physiological dormancy which can be broken by moist chilling and GA₃ combinations. *T. lilacinum* and *D. brunifolia* seeds, were resulted highest germination percentage at 1000 ppm GA₃ at darkness with 30 days of moist chilling and GA₃ combinations. *A. olympica* seeds germinated best at 15 days moist chilling and GA₃ combinations at darkness. *I. spruneri* seed germination increased at 15 days moist chilling and GA₃ combinations at both darkness and photoperiod conditions. Interactions among moist chilling and GA₃ were significant in *I. spruneri* and *A. olympica* seeds, but significant only at darkness in *T. lilacinum*, and non-significant in *D. brunifolia* seeds. Thus, prolonged moist chilling of seeds combined by GA₃ under photoperiod conditions required to change the dormant status in these species. Our results suggest that these five Brassicaceae species, three of them are endemic, have different germination requirements to escape unfavorable habitat conditions.

Keywords: Acid, brassicaceae, endemic, gibberellic chilling, seed germination

Brassicaceae Familyasından Beş Türde Dormansi ve Çimlenme Gereksinimleri

ÖZET: Bu çalışmada Uludağ alpin bölgede yetişen Brassicaceae familyasına ait *Thlaspi papillosum* Boiss. & Huet, *Thlaspi lilacinum* Boiss., *Draba brunifolia* ssp. *olympica* Sibth. ex DC., *Aubrieta olympica* Boiss., *Iberis spruneri* Jord. türlerinin çimlenme gereksinimleri araştırıldı. Karanlık (20°C) ve fotoperiyot (20/10 °C; 12/12 h, ışık/karanlık) koşullarında, nemli soğuklama (15 ve 30 gün, +4 °C) ve gibberellik asit (GA₃; 250, 500 and 1000 ppm) ile nemli soğuklama ve GA₃ kombinasyonlarının etkileri araştırıldı. *T.papillosum* tohumlarının dormant olmadığı fakat diğer dört Brassicaceae türünün tohumlarının nemli soğuklama ve GA₃ kombinasyonları ile kırılabilen fizyolojik dormansiye sahip oldukları tespit edildi. *T. lilacinum* ve *D. brunifolia* türlerinde en yüksek çimlenme başarısı karanlıkta ve 30 gün nemli soğuklama ile 1000 ppm GA₃ kombinasyonlarında bulundu. *A. olympica* tohumları en yüksek karanlıkta ve 15 gün nemli soğuklama ile GA₃ kombinasyonlarında çimlendi. *I. spruneri* çimlenmesi karanlık ve fotoperitotta 15 gün nemli soğuklama ile GA₃ kombinasyonlarında arttı. *I. spruneri* ve *A. olympica* türlerinde nemli soğuklama ve GA₃ etkisi anlamlı, *T. lilacinum* türünde sadece karanlıkta anlamlı ve *D. brunifolia* türünde ise anlamsız bulundu. Sonuç olarak üçü endemik olan beş Brassicaceae türünde dormansinin kırılması için daha uzun süre nemli soğuklamaya veya GA₃ kombinasyonlarına gerek duyulduğu, bu farklı çimlenme davranışlarının türlerin uygun olmayan çevre koşullarından kaçınabilmek için gerekli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Brassicaceae, çimlenme, endemik, gibberellik asit, nemli soğuklama

¹ Uludağ Üniversitesi, Gemlik Asım Kocabıyık MYO, Bahçe Tarımı, Bursa, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Serap KIRMIZI, skirmizi@uludag.edu.tr

INTRODUCTION

Seed germination and seedling establishment are critical early stages in the life cycle of plants and help control the plant's reproductive success and population persistence (Grubb, 1977; Harper 1977; Bu et al., 2008). Germination response patterns can vary depending on habitat, life history traits, phylogenetic relationships and geographical distribution. The plants in high elevations generally living close by their survival limits due to the climatic conditions, and some alpine taxa may eventually become extinct or rare (Holten, 1990; Grabherr et al., 1995). Alpine and subalpine regions can provide a valuable opportunity for the study of the timing and characteristics of germination because the environmental conditions change temporally with the season and spatially due to their topography (Billings and Bliss, 1959; Körner, 1999). Furthermore, the timing of germination plays a critical role in alpine habitats because the growing season is very short, and seedlings emerging during the spring will have greater fitness than those that emerge during other seasons (Grime et al., 1981; Washitani and Masuda, 1990; Baskin and Baskin, 1998).

A dormant seed does not have the full germination capacity to during a specified period of time under any combination of normal physical environmental factors that are otherwise favourable for its germination (Baskin and Baskin, 2004). Cold stratification is regarded as the most important way to break dormancy in seeds of summer annuals and most temperate perennials (Baskin and Baskin, 1998). In addition, light and temperature are also important factors that influence germination (Hazerbroek and Metzger, 1990). Understanding the germination requirements for breaking of dormancy of a particular species is essential for those species needed for also restoration purposes (Urbanska, 1997).

In this study, we aimed to find out the basic data on germination and dormancy status of the five Brassicaceae species from an alpine site on Uludağ Mountain, Turkey, three of them were endemics. *Aubrieta olympica* is a rare and endemic species and also endangered, *Thlaspi lilacinum* is an endemic species, *Thlaspi papillosum* is also an endemic and critically endangered (IUCN, 2010). In addition to these endemics, we studied the germination requirements for *Draba bruniifolia* ssp. *olympica* and *Iberis spruneri*. We evaluated the germination by testing the responses

to GA₃ (gibberellic acid) and short-duration moist-chilling treatments under darkness and light conditions. The germination requirements of these species have not been previously studied. In addition, data on the germination requirements of these species could be used for the ex situ conservation management of endemic species, currently, these five species facing threat by human activities in their natural environment (Arslan et al., 1999; Gülerüz et al., 1998, 2005).

MATERIALS AND METHODS

Germination tests

Mature seeds of plants were collected from the alpine belt of Uludağ Mountain between elevations of 1500-2200 m on September 2008. After collection, the seeds were air-dried for 1 week and then stored dry in a paper bag at room temperature for approximately 1 month (18-20 °C) until they were used in the germination tests.

Seeds were classified into three groups according to the treatments made. The first group, of which controls were not germinated more than 10 %, as *T. lilacinum* and *D. bruniifolia* ssp. *olympica*, one month moist chilling and/or hormone treatments were applied. The second group, of which controls were germinated more than 10 %, as *A. olympica* and *I. spruneri*, 15 days of moist chilling and/or hormone treatments were applied. The third group as *T. papillosum*, seeds were not dormant, neither moist chilling nor hormone treatments were applied.

Seeds of the five species were tested for germination in darkness (20°C) and in light (12/12 h light/dark at 20/10 °C) in sterile plastic 9 cm Petri dishes and the GA₃ doses were 250, 500 and 1000 ppm with chilling/non-chilling and without GA₃ (distilled water) as control. Gibberellic acid was applied as a pre-treatment for a 24 hours imbibition. GA₃ was provided from Sigma. Moist chilling was achieved by keeping seeds soaked in Petri dishes with distilled water at +4° C for 15 or 30 days. All seeds were checked for germination daily and regarded germinated when the radicle emerged from the testa. For the application of the darkness treatment, the Petri dishes were wrapped with aluminum foil, and these seeds were monitored under safety red light. The final germination percentage and mean germination time were determined.

Statistical analyses

The final germination percentages (arcsine transformed) and mean germination time (MGT) values were analyzed by two-way ANOVA for two germination test environments. The independent factors were the GA₃ concentration, presence of chilling and their interaction. All of the tests were performed at a significance level of $\alpha=0.05$ using SPSS ver. 16.0 for Windows (SPSS Inc., 2007) packet program.

RESULTS

The germination rate of *T. papillosum* seeds was 83.0% in both dark and light, thus, GA₃ and moist-

chilling were not applied (Table 1). The MGTs of the *T. papillosum* seeds were similar to the MGT values for the GA₃ and moist-chilled and dark incubated seeds of *T. lilacinum*. Germination was more rapid in the light (MGT, 7.0±0.3) than in the darkness (MGT, 8.1±0.3) (Table 1).

T. lilacinum seeds were not germinated unless they were treated (Table 1). The highest germination percentage was found at the 1000 ppm GA₃ + 30 days of moist chilling in darkness. A maximum of 12 % of the seeds germinated in the darkness with 1000 ppm GA₃ under non-chilled conditions, but the value was increased to 63.0% after 30 days of moist chilling (Table 1).

Table 1. Final germination (%) and MGTs; days of *T. lilacinum*, *T. papillosum* and *D. bruniifolia* seeds for different treatment series.

Treatment Series		Germination			MGT			
		GA ₃ (ppm)	<i>T. lilacinum</i>	<i>D. bruniifolia</i>	<i>T. lilacinum</i>	<i>D. bruniifolia</i>		
Darkness (20°C)	Without Moist chilling	Control	0.0±0.0	10.0±2.6	-	-		
		250	24.0±1.6	10.0±2.6	19.2±3.6	-		
		500	25.0±1.9	24.0±8.2	22.4±1.5	15.6±1.6		
		1000	12.0±4.3	19.0±5.5	13.8±2.5	15.2±1.3		
	Moist chilling 30 Days (+4°C)	Control	0.0±0.0	23.0±3.4	-	16.2±2.8		
		250	46.0±7.7	37.0±9.5	13.2±1.0	7.2±0.9		
		500	48.0±4.9	58.0±2.6	13.5±1.9	9.1±0.1		
		1000	63.0±3.4	60.5±7.4	8.3±0.9	12.1±1.0		
		Photoperiod (20/10°C;12/12h)	Without Moist chilling	Control	0.0±0.0	9.0±1.0	-	-
				250	27.0±3.4	25.0±2.6	19.3±1.5	18.3±4.3
500	44.0±5.4			36.0±7.1	16.1±0.6	15.0±2.3		
Moist chilling 30 Days (+4°C)	1000		54.0±3.8	37.0±3.4	21.1±0.8	16.0±1.3		
	Control		0.0±0.0	11.0±4.1	-	5.0±0.4		
	250		34.0±7.0	37.0±3.4	14.7±2.1	6.9±2.0		
	500	38.0±3.5	36.0±9.1	8.4±0.7	7.6±1.4			
	1000	58.0±5.3	44.0±5.4	6.3±0.6	3.7±0.9			
<i>T. papillosum</i>								
Darkness	Control	83.0±1.9	nd	nd	8.1±0.3			
Photoperiod	Control	83.0±2.2	nd	nd	7.0±0.3			

Control (Distilled water) the values shown are the mean followed by the standard error (n = 4). nd. not determined

GA₃, chilling and their interaction were all significant for the final germination in darkness, but only GA₃ was significant for light (P<0.005) (Table 2).

The lowest MGT values were found for the *T. lilacinum* seeds given a combination of 1000 ppm GA₃ and 30 days of moist chilling (Table 1). The MGT values were also found to be significant almost under all of the treatments (P<0.05), with the exception of the chilling x GA₃ interaction in the darkness. The decreases in the MGT values were in accord with the two-way comparison results (Table 2).

D. brunifolia germination was 10.0% for darkness and 9.0% for light without GA₃ (Table 1). Germination percentage was slightly increased after moist chilling in controls. Among the treatments, only GA₃ affected germination significantly at light and darkness. Highest germination was found for 1000 ppm GA₃ and moist chilled seeds in darkness (60.0±7.4). One month moist chilling has significant effect on both germination percentage and MGT at darkness (P<0.005). The lowest MGT values were (3.7±0.9) at moist chilling + GA₃ at light and their interaction was significant (P<0.005) (Table 2).

Table 2. Two-way ANOVA results for the arcsine-transformed germination percentage and mean germination time (MGT) under dark and photoperiodic conditions of *T. lilacinum* and *D. brunifolia*. The means of the germination percentage and MGT were analyzed for GA₃ x chilling interaction.

Source of variation	Germination Percentage			MGT		
	df	F	P*	df	F	P*
<i>T. lilacinum</i>						
Photoperiod						
Chilling	1	0.229	0.637	1	86.099	0.000
GA ₃	3	141.025	0.000	3	103.472	0.000
Chilling x GA ₃	3	0.854	0.478	3	18.430	0.000
Error	24			24		
Darkness						
Chilling	1	58.026	0.000	1	15.164	0.000
GA ₃	3	59.046	0.000	3	38.165	0.000
Chilling x GA ₃	3	9.239	0.000	3	2.002	0.141
Error	24			24		
<i>D. brunifolia</i>						
Photoperiod						
Chilling	1	1.0	0.316	1	175.1	0.000
GA ₃	3	13.7	0.000	3	0.8	0.505
Chilling x GA ₃	3	0.7	0.558	3	2.4	0.090
Error	24			24		
Darkness						
Chilling	1	61.4	0.000	1	11.9	0.002
GA ₃	3	8.7	0.000	3	1.3	0.313
Chilling x GA ₃	3	1.7	0.187	3	4.8	0.009
Error	24			24		

P* < 0.05 indicate the significant difference among treatment series

A. olympica seeds were germinated 54.0% at darkness and 52.0% at light conditions with distilled water (Table 3). Germination percentages show a decrease from 54.0% to 34.0% at darkness and from 52.0 % to 48.0 % at light with moist chilling. After 15 days moist chilling with GA₃ application showed highest germination percentage (79.0 % with 500 ppm GA₃) in light, whereas GA₃ and GA₃ x moist chilling interaction

was significant (P<0.005). The GA₃, moist chilling and their interaction were significant at darkness.

The lowest MGT was found 250 ppm GA₃ with moist chilling (1.8 days) at light, and the interaction was also significant (P<0.005). Germination of *A. olympica* was found more rapid at moist chilling with GA₃ in both darkness and light (Table 4).

Table 3. Final germination (%) and mean germination times (MGTs; days) of *A. olympica* *I. spruneri* seeds for different treatment series.

Treatment Series	GA ₃ (ppm)	Germination		MGT		
		<i>A. olympica</i>	<i>I. spruneri</i>	<i>A. olympica</i>	<i>I. spruneri</i>	
Darkness (20°C)	Control	54.0±4.2	17.0±3.8	6.5±0.6	7.3±1.0	
	Without Moist chilling	250	74.0±6.0	91.0±4.2	7.2±0.44	6.5±0.2
		500	77.0±3.8	96.0±1.7	7.6±0.5	4.5±0.4
		1000	67.0±4.4	96.0±1.6	8.1±0.72	5.1±0.5
	Moist chilling 15 Days (+4°C)	Control	34.0±3.9	8.0±0.0	6.2±0.5	-
		250	59.0±4.7	73.0±2.5	6.1±1.2	3.5±0.5
		500	55.0±3.8	91.8±0.1	3.2±0.1	1.8±0.1
		1000	69.0±4.4	97.0±1.8	4.2±0.4	1.8±0.5
	Photoperiod (20/10°C;12/12h)	Control	52.0±5.8	69.0±3.0	8.7±0.5	7.4±0.7
		Without Moist chilling	250	61.0±3.4	83.0±1.0	12.5±0.6
500			69.0±2.5	93.0±3.2	9.7±0.43	7.3±0.5
1000			70.0±6.8	95.0±2.6	10.4±0.6	6.4±0.2
Moist chilling 15 Days (+4°C)		Control	48.0±6.0	80.0±0.0	7.5±0.6	-
		250	73.0±3.8	53.0±1.2	1.8±0.3	6.4±0.2
		500	79.0±7.7	94.0±1.7	2.6±0.7	4.4±0.7
		1000	73.0±3.0	91.0±1.9	3.0±0.4	1.4±0.2

Control (Distilled water) The values shown are the mean followed by the standard error (n = 4)

I. spruneri seeds were germinated 17.0% at darkness and 69.0% at light in controls (Table 3). Germination percentages were decreased to 8 at both darkness and light incubated moist chilled controls. The germination without GA₃ was very low at darkness, but it increased to above 90.0% when GA₃ applied

(above the 500 ppm). Seeds were germinated nearly full at 500 ppm GA₃ in both light and darkness, with or without moist chilling. The lowest MGT was found at moist chilling and 1000 ppm GA₃ (1.4 days). All the treatments showed significance (P<0.005) except MGT results in darkness (Table 4).

Table 4. Two-way ANOVA results for the arcsine-transformed germination percentage and mean germination time (MGT) under dark and photoperiodic conditions of *A. olympica* and *I. spruneri*. The means of the germination percentage and MGT were analyzed for GA₃ x chilling interaction.

Source of variation	Germination Percentage			MGT		
	df	F	P*	df	F	P*
<i>A. olympica</i>						
Photoperiod						
Chilling	1	0.330	0.571	1	295.852	0.000
GA ₃	3	5.735	0.004	3	4.679	0.010
Chilling x GA ₃	3	3.225	0.040	2	26.127	0.000
Error	24			24		
Darkness						
Chilling	1	12.128	0.002	1	43.738	0.000
GA ₃	3	7.695	0.001	3	1.233	0.319
Chilling x GA ₃	3	3.695	0.026	2	5.920	0.004
Error	24			24		
<i>I. spruneri</i>						
Photoperiod						
Chilling	1	60.131	0.000	1	15.6	0.001
GA ₃	3	96.9	0.000	3	20.3	0.000
Chilling x GA ₃	3	20.6	0.000	2	18.4	0.000
Error	24			24		
Darkness						
Chilling	1	60,131	0,000	1	15.6	0,001
GA ₃	3	96.9	0.000	3	20.3	0.000
Chilling x GA ₃	3	20.6	0.000	2	18.4	0.000
Error	24			24		
Darkness						
Chilling	1	10.9	0.003	1	1.1	0.315
GA ₃	3	185.2	0.000	3	1.1	0.376
Chilling x GA ₃	3	3.2	0.042	2	0.9	0.436
Error	24			24		

P* < 0.05 indicate the significant difference among treatment series.

DISCUSSION

Dormancy and germination responses of the seeds were differed between the two endemic *Thlaspi* species. *T. papillosum* seeds have little or no dormancy. Conversely, *T. lilacinum* seeds were exhibited dormancy (Table 1). *Thlaspi caerulescens* from Scottish mountains germinated at 78.0 % and were not dormant (Cummings and Miller, 2000). The germination

behavior can change within a single species from one population to another, like two endemic *Thlaspi* species, from year to year and among individuals (Urbanska and Shütz, 1986; Karlsson et al., 2008).

GA₃ treatment has been used to overcome low seed germinability in many plant species (Kırmızı et al., 2011; Güteryüz et al., 2011; Arslan et al., 2011; Dar et al., 2009; Golmohammadzadeh et al., 2015).

T. lilacinum seeds exhibited non-deep physiological dormancy (PD), and it was broken by moist chilling and GA₃ treatments. The effects of moist-chilling and GA₃ treatments and their interaction were found to be significant under the darkness and almost all of the treatments were significantly important for the MGT (Table 2). Physiological dormancy is the most abundant kind of seed dormancy among the Angiosperms (Baskin and Baskin, 1998). Baskin and Baskin (2004) have noted that species regarded as having a long-term, persistent seed bank may or may not be characterized by dormancy behavior. In addition, *Thlaspi* seeds can remain viable in the soil for several years (Dorph-Peterson, 1924; Kjaer, 1940).

Baskin and Baskin (1970, 1979), studied *Draba verna* germination. They found, *D. verna* seeds have conditional dormancy and can be broken after ripening. *D. verna* seeds were found to prefer lower temperatures and so that they germinate in autumn temperatures in the nature. We found a very limited germination without application of GA₃ in *D. bruniifolia* seeds. The highest germination percentage was 60.0% with 1000 ppm GA₃ in darkness (Table 1), suggesting that seeds were in physiologically dormant state.

Temperature is one of the very important environmental factors controlling seed germination, and plays an important role on the emergence of seeds in *Iberis pectinata* and *Ziziphora aragonensis* (Copete et al., 2009). Furthermore, the seeds of both species were in conditional dormancy and were facultative winter annuals so that seeds do not prefer to germinate after summer, but prefer to germinate in autumn and next spring. *I. spruneri* and *A. olympica* seeds germinated more than 50.0 % at least in controls of one of the light conditions, and germinated more than 70.0 % at moderate GA₃ concentration (500 ppm). And also, *I. spruneri* seeds germinated higher at photoperiod than darkness and germination percentage was rose when GA₃ applied in darkness conditions (Table 3). Germination was also found lower in darkness than photoperiod in *Z. aragonensis* and *I. pectinata* (Copete et al., 2009). *I. pectinata* seeds were germinated 100 % after 24 years of storage (-10° C, 3 % moisture content) in germplasm bank (Maselli et al., 1999). This study approved that *I. pectinata* seeds have both longer viability and a long term seed bank in their habitat.

The sensitivity to GA is known to increase in seeds during the breaking of non-deep physiological dormancy (Finch Savage and Leubner-Metzger, 2006), and chilling is known to induce changes in hormone levels (Benech-Arnold et al., 2002; Yamauchi et al., 2004, Finkelstein et al., 2008). GA application to dormant seeds was found to be effective in many cases such as in *Pedicularis* (Kırmızı et al., 2010) and *Papaver* (Golmohammadzadeh et al., 2015). In the present study, GA₃ was the most effective treatment for the breaking of dormancy in four dormant Brassicaceae seeds. Seeds from alpine sites generally require long moist chilling periods (Jaganathan et al., 2015).

(Baskin and Baskin (1986) reported that after-ripening of the seeds of *Thlaspi perfoliata* occurred between spring and autumn at high temperatures, but the seeds remained dormant when stored at lower temperatures. *T. lilacinum* seeds stored at one year on room temperature, did not germinate (data not shown) and *T. lilacinum* seeds may require low winter temperatures for breaking dormancy. *T. arvense* seeds were also dormant at following dispersal (Pelton 1956; Hazerbroek and Metzger, 1990; Baskin and Baskin, 1989), and dormancy was lost during a 1 month dry storage; few seeds would germinate following the winter (Baskin and Baskin, 1989, Hazerbroek and Metzger, 1990). Baskin and Baskin (1989) found that *T. arvense* germinated fully after 4 weeks of cold treatment and that the seeds germinated at 80-100 % after burial for several weeks. In another study, *T. arvense* seeds showed significant germination when overwintered outdoors, but the seeds maintained for 11 months at 8 °C germinated poorly (Pelton, 1956). Conversely, Hazerbroek and Metzger (1990) suggested that the induction of a secondary dormancy is prevented in seeds maintained outdoors. If the conditions unfavourable, seeds can cycle back to dormancy instead of germination (Baskin and Baskin, 1998).

The habitat of these Brassicaceae species is under risk due to land use changes, overgrazing and recreational activities in the Uludağ Mountain (Arslan et al., 1999; Güteryüz et al., 1998; 2005). Seeds of these dormant species could germinate at the beginning of the next growing seasons. *T. papillosum* seeds were not dormant, whereas *T. lilacinum* seeds were found as dormant. Further, *T. lilacinum* and *D. bruniifolia*

seeds might have non-deep physiological dormancy, because one month of moist chilling was not enough to change the dormant status of seeds, and GA₃ was promoted the germination to some extent. *A. olympica* and *Iberis spruneri* seeds might also have non-deep physiological dormancy, since germination promoted by GA₃. *I. spruneri* seeds seemed to prefer light for germination and, in the darkness conditions, seeds germinated more than 90 % with GA₃. The use of 1000 ppm GA₃ and moist chilling for several weeks might be

efficient for the termination of seed dormancy in these four Brassicaceae seeds.

Our results constitute the initial knowledge on the germination requirements of these five Brassicaceae species.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Turkish Scientific Research Council (Project no. 107T494).

REFERENCES

- Arslan H, Güleriyüz G, Gökçeoğlu M, Rehder H, 1999. Vegetation mosaic around the Second Center of Tourism Development in the Uludağ Mountain, Bursa, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 23: 233-239.
- Arslan H, Kırmızı S, Güleriyüz G, Sakar FS, 2011. Germination requirements of *Androsace villosa* L. (Primulaceae). *Acta Biologica Cracovensia Series Botanica*, 53: 32-36.
- Baskin JM, Baskin CC, 1970. Germination eco-physiology of *Draba verna*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 97: 209-216.
- Baskin JM, Baskin CC, 1979. Effects of relative humidity on after ripening and viability in seeds of the winter annual *Draba verna*. *Botanical Gazette*, 140: 284-287.
- Baskin CC, Baskin JM, 1986. Temperature requirements for after ripening in seeds of nine winter annuals. *Weed Research*, 26: 375-380.
- Baskin CC, Baskin JM, 1989. Role of temperature in regulating timing of germination in soil seed reserves of *Thlaspi arvense* L. *Weed Research* 29: 317-326.
- Baskin CC, Baskin JM, 1998. *Seeds*. Academic Press, London.
- Baskin JM, Baskin CC, 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1-16.
- Benech-Arnold RL, Enciso S, Sanchez RA, Rodrigues MV, 2002. On the hormonal nature of the stimulatory effect of high incubation temperatures on germination of dormant sorghum (*S. bicolor*) caryopses. *New Phytologist*, 160: 371-377.
- Billings WD, Bliss JM, 1959. An alpine snow bank environment and its effects on vegetation, plant development and productivity. *Ecology*, 40: 388-397.
- Bu H, Du G, Chen X, Xu X, Liu K, Wen S, 2008. Community wide germination strategies in alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet plateau: phylogenetic and life history correlates. *Plant Ecology*, 1: 87-98.
- Copete MA', Herranz JM, Ferrandis P, 2009. Seed germination ecology of the endemic Iberian winter annuals *Iberis pectinata* and *Ziziphora aragonensis*. *Seed Science Research*, 19:155-169.
- Cummings RP, Miller GR, 2000. The role of chilling in the germination of some Scottish montane species. *Botanical Journal of Scotland*, 52: 171-185.
- Dar AR, Reshi Z, Dar GH, 2009. Germination studies on three critically endangered endemic angiosperm species of the Kashmir Himalaya, India. *Plant Ecology*, 200: 105-115.
- Davis PH, 1965. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. I., Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Dorph-Peterson K, 1924. Examinations of the occurrence and vitality of various weed species under different conditions, made at the Danish State Testing Station during the years 1896-1923, 4th International Seed Testing Congress, 124-138.
- Finch-Savage W, Leubner-Metzger G, 2006. Seed dormancy and the control of germination, *New Phytologist*, 171: 501-523.
- Finkelstein R, Reeves W, Arizumi T, Steber C, 2008. Molecular aspects of seeds dormancy. *Annual Reviews of Plant Biology*, 59: 387-415.
- Golmohammadzadeh S, Zaefarian F, Rezvani M, 2015. Effects of some chemical factors prechilling treatments and interactions on the seed dormancy breaking of two *Papaver* species. *Weed Biology and Management*, 15:11-19.
- Graherr G, Gottfried M, Gruber A, Pauli H, 1995. Pattern and current changes in alpine plant diversity, In: Chapin FS, Körner C, (eds), *Arctic and Alpine biodiversity: patterns, causes and ecosystem consequences*, Ecological Studies, Berlin, Heidelberg, Springer, 167-81.
- Grime JP, Mason G, Curtis AV, Rodman J, Band SR, Mowforth MAG, Neal AM, Shaw S, 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology*, 69: 1017-1059.
- Grubb PJ, 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*, 52: 107-145.
- Güleriyüz G, 1999. *Aubrieta olympica* Boiss. (Obrizya) Brassicaceae/ Cruciferae (Lahanagiller). *The Karaca Arboretum Magazine*, 1: 45-48.
- Güleriyüz G, Arslan H, Gökçeoğlu M, Rehder H. 1998. Vegetation mosaic around the first center of tourism development in the Uludağ Mountain, Bursa, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 22: 317-326.

- Güteryüz G, Kırmızı S, Arslan H, Sakar FS, 2011. Dormancy and germination in *Stachys germanica* L. subsp. *bithynica* (Boiss.) Bhattacharjee seeds: effects of short-time moist chilling and plant growth regulators. *Flora*, 206:943-948.
- Güteryüz G, Malyer H, Kaynak G, Özhatay N, 2005. Uludağ A2 (A) Bursa. In: Özhatay N., Bayfield A, Atay S, (eds), *Important Plant Areas in Turkey*. WWF Turkey, Istanbul, Turkey.
- Harper JL, 1977. *Population Biology of Plants*, Academic Press, London,
- Hazerbroek JP, Metzger JD, 1990. Environmental control of seed germination in *Thlaspi arvense* (Cruciferae). *American Journal of Botany*, 77: 945-953.
- Holten JJ, 1990. Predicted floristic change and shift of vegetation zones in a coast-inland transect in central Norway. In: Holten JJ(ed), *Effects of climate change on terrestrial ecosystems* NINA Notat, 4: 61-76.
- Iucn, 2010. *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria: Version 8.1*. Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN Species Survival Commission.
- Jaganathan GK, Dalrymple S, 2015. Towards an understanding of factors controlling seed bank composition and longevity in the alpine environment. *Botanical Reviews*, 81:70-103.
- Karlsson LM, Tamado T, Milberg P, 2008. Inter-species comparison of seed dormancy and germination of six annual Asteraceae weeds in an ecological context. *Seed Science Research*, 18: 35-45.
- Kırmızı S, Güteryüz G, Arslan H, 2011. Germination responses to GA₃ and short-time chilling of three endemic species: *Tripleurospermum pichleri*, *Cirsium leucopsis* and *Senecio olympicus* (Asteraceae). *Plant Species Biology*, 26: 51-57.
- Kırmızı S, Güteryüz G, Arslan H, Sakar FS, 2010. Effects of moist chilling, gibberellic acid, and scarification on seed dormancy in the rare endemic *Pedicularis olympica* (Scrophulariaceae). *Turkish Journal of Botany*, 34:225-232.
- Kjaer A, 1940. Germination of buried and dry stored seeds. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 12: 167-190.
- Körner C, 1999. *Alpine Plant Life*. Springer-Verlag, Berlin. 2nd Ed.
- Maselli S, Pérez-García F, Aguinagalde I, 1999. Evaluation of seed storage conditions and genetic diversity of four crucifers endemic to Spain. *Annual Botany*, 88: 207-212.
- Pelton J, 1956. A study of seed dormancy in eighteen species of high altitude Colorado plants. *Butler University Botanical Studies*, 13: 74-84.
- Schutz W, Milberg P Lamont BB, 2002. Seed dormancy, after-ripening and light requirements of four annual Asteraceae in south-western Australia. *Annual Botany*, 90: 707-714.
- Urbanska KM, 1997. Safe sites interface of plant population ecology and restoration ecology. In: Urbanska KM, Webb NR, Edwards PJ, (eds) *Ecology and Sustainable Development, Restoration*. Cambridge University Press, Cambridge, 81-110.
- Urbanska KM, Schütz M, 1986. Reproduction by seed in alpine plants and vegetation research above timberline. *Botanica Helvetica*, 96: 43-60.
- Washitani I, Masuda M, 1990. A comparative study of the germination characteristics of seeds from a moist tall grassland community. *Functional Ecology*, 4: 543-557.
- Yamauchi Y, Ogawa N, Kuwahara A, Hanada A, Kamiya Y, Yamaguchi S, 2004. Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperature during imbibitions of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Plant Cell*, 16: 367-378.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Nar (*Punica granatum* L.) Potansiyeli Konusunda Bir Araştırma

Mikdat ŞİMŞEK¹, Ersin GÜLSOY²

ÖZET: Gen merkezi Ön Asya olan nar ağacı, kültüre alınan en eski zirai ürünlerdendir. 2015 yılı istatistiklerine göre Türkiye 445.750 ton nar üretimine sahiptir. Ülkemizin toplam nar üretimi dikkate alındığında 234.609 ve 146.080 ton ile Akdeniz ve Ege Bölgeleri ilk iki sırayı almakta olup Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi ise 13 ton üretim ile son sırada gelmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kurak, kışları ise yağışlı, sert ve soğuk geçen bir iklime sahiptir. Turunçgiller ve muz gibi soğuğa dayanıksız olan meyveler hariç birçok meyve türünün ticari olarak yetiştiriciliğinin mümkün olduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesinde (Türkiye'nin nar üretimi bakımından üçüncü büyük bölge) 2015 yılı toplam nar üretimi 51.790 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu bölgedeki iller dikkate alındığında toplam 8.133 ve 4.096 ton nar üretimleri ile Kilis ve Gaziantep ilk iki sırayı almakta olup Batman ili 439 ton üretim ile son sırada yer almıştır. Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinin mevcut nar üretim potansiyeli ortaya konarak bu konudaki farkındalığı artırmak ve mevcut potansiyelin değerlendirilmesi ve yönlendirilmesi ile ilgili olarak ileriye dönük üretim planlamalarında karar vericilere ışık tutmak hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneydoğu Anadolu Bölgesi, nar üretim potansiyeli, geliştirme imkânları

A Research on Pomegranate (*Punica granatum* L.) Production Potantial of Southeastern Anatolia Region

ABSTRACT: Pomegranate for which Asia Minor is the gene centre is one of the oldest cultivated agricultural products. According to 2015 statistics Turkey has 445.750 tonnes of total pomegranate production. Considering the total pomegranate production by the Regions in Turkey, Aegean and mediterranean regions rank first and second with 234.609 and 146.080 tonnes of pomegranate productions respectively as Northeastern Anatolia Region is the last with a production of 13 tonnes. Southeast Anatolia Region has a terrestrial climate with considerably hot and dry summers and wet and cold winters. According to 2015 statistics total pomegranate production was realized to be 51.790 tonnes in Southeastern Anatolia Region (Turkey's third largest region regarding pomegranate production) where a number of fruit species can commercially be grown except for some fruit species not hardy for cold weather like citrus and bananas. Considering the 2015 year total pomegranate production of the provinces in Southeast Anatolia Region, Kilis and Gaziantep provinces rank first and second with 9.651 and 19.370 tonnes of pomegranate productions respectively as Batman province comes last with a production of 439 tonnes. In this study, through presenting the existing status of the pomegranate production potential of the Southeast Anatolia Region, it was aimed to increase the awareness and set light to decision makers in future plans for making use of and directing the existing potential.

Keywords: Southeast Anatolia Region, pomegranate production potantial, development opportunities

¹ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Iğdır, Türkiye

² Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Iğdır, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mikdat ŞİMŞEK, mikdat.simsek@dicle.edu.tr

GİRİŞ

Meyve üretimi insanların daha sağlıklı beslenmesi, meyve işleyen sanayilere hammadde temin etmesi ve ihracata konu olması yönünden önemli bir üretim faaliyetidir. Türkiye, meyve türleri ve üretimi bakımından oldukça geniş potansiyele sahip ülkelerden birisidir ve birçok meyve türünün yetiştirilmesine elverişli ekolojik koşullarına sahip bulunmaktadır (Dizdaroğlu, 1985).

Anadolu coğrafik yapı itibariyle kültüre alınmış meyvelerin yetiştiriciliğine uygunluğunun yanı sıra birçoğunun da gen merkezidir (Gerçekçioğlu ve ark., 2014; Şimşek ve Kara, 2016). Çağımızda meyvecilik kültüründe önem kazanmış ve gittikçe önemi artan nar, antepfıstığı, vişne, badem, elma, armut, ayva, fındık, kiraz, erik, ceviz, kestane ve incir gibi birçok meyve türü bu topraklarda ortaya çıkmıştır. Yapılan arkeolojik araştırmalara göre 4-5 bin yıl önce Anadolu'da yukarıda bahsedilen meyve türlerinin birçoğunun yetiştirildiği ifade edilmektedir (Özbek, 1975; Gerçekçioğlu ve ark., 2014).

Türkiye'nin önemli coğrafik alanlarından biri olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi birçok kültüre ev sahipliği yapmış ve medeniyetlerin gelişip yayılmasında köprü vazifesi görmüştür. Ülkemizde 2015 yılı verilerine göre 57 ilimizde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu illerin ilk 25'i arasında Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GAB)'nde bulunan bütün iller yer almaktadır.

Ülkemiz nar üretiminde ilk beş sırada yer alan iller sırasıyla Antalya (107.237 ton), Mersin (45.594 ton), Denizli (39.715 ton), Adana (20.769 ton) ve Hatay (20.769 ton)'dır. Bölgelere göre nar üretim miktarı incelendiğinde 234.609 ton ile Akdeniz Bölgesi birinci, 146.080 ton ile Ege Bölgesi ikinci ve 51.790 ton ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi üçüncü sırada yer almaktadır Güneydoğu Anadolu Bölgesinin toplam nar üretim payı içerisinde ki değeri %11.62'dir (TUİK, 2015).

Güneydoğu Anadolu bölgesinde nar üretimi bakımından Gaziantep birinci, Kilis ikinci, Şanlıurfa üçüncü, Adıyaman dördüncü ve Siirt beşinci sırada yer alırken Batman ili son sırada yer

almaktadır. (TUİK, 2015). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde nar potansiyelinin geliştirilmesi durumunda; hem bölgenin kendi ihtiyacını karşılayacak ve hem de çevredeki bazı yörelere ve Ortadoğu ülkelerine meyve ihracatı yapılabilecek ve sonuçta bölge halkı ve ülkemize gelir sağlanacaktır.

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ NAR POTANSİYELİNİN GENEL DURUMU

Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GAB)'nin bütün illerinde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır. Zivzik narı, Hicaz narı, Katurbaşı, Dicle narı, Bori, Şekerek, Mayhoş, Barut, Urfa narı, Karaköprü narı, Seyfi narı, Katina narı, Derik narı ve Oğuzeli narı önemli yerel veya standart çeşitlerdir. Zivzik narı meşhur olanların başında yer almaktadır (Şimşek ve Yücel, 2015). Bu nar çeşidi Siirt yöresine has olup, meyve ağırlığı 200-800 gr arasında değişmektedir. Zivzik narının iç taneleri nohut büyüklüğünde, çekirdeği küçük ve yumuşaktır. Asit oranı düşük ve tadı mayhoş olup uzun süre bozulmamakta ve tüketiciler tarafından pazarda tercih edilmektedir (Anonim, 2017b; Şimşek ve Yücel, 2015).

GAP bölgesinde yetiştirilen toplu nar alanları 72.550 dekar'dır. En fazla toplu nar alanına 21.398 dekar ile Şanlıurfa ili ve en az toplu nar alanına ise 643 dekar ile Şırnak ili sahiptir (Çizelge 1). Çizelge incelendiğinde, Gaziantep ilinin (19.370 ton) nar üretiminde ilk sırada, Batman ilinin (439 ton) son sırada yer aldığı; ağaç başına ortalama verim bakımından Mardin ilinin (46 kg) ilk sırada Şanlıurfa ilinin (12 kg) son sırada yer aldığı; meyve veren yaştaki nar ağacı sayısı bakımından Şanlıurfa ilinin (791.282 adet) ilk sırada Şırnak ilinin (18.230 adet) son sırada yer aldığı; meyve vermeyen yaştaki nar ağacı sayısı bakımından Adıyaman ilinin (464.245 adet) ilk sırada, Şırnak ilinin (1.200 adet) son sırada yer aldığı ve toplam nar ağaç sayısı bakımından Şanlıurfa ilinin (1.120.672 adet) ilk sırada, Şırnak ilinin (19.430 adet) ise son sırada yer aldığı görülmektedir (TUİK, 2015). GAB'ın genel ve özel anlamda iki ayrı ekolojiye sahip olduğu dikkate alındığında yukarıda bahsedildiği gibi nar yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması halinde hem Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve hem de ülkemizin ekonomisine önemli katkılar sağlanacağı umut edilmektedir.

Çizelge 1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İl Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Adıyaman	12.428	5.112	19	268.750	464.245	732.995
Batman	417	439	18	24.960	11.215	36.175
Gaziantep	17.596	19.370	32	613.778	65.812	679.590
Diyarbakır	1.908	842	17	48.840	7.585	56.425
Kilis	10.951	9.651	24	394.236	43.804	438.040
Mardin	1.807	3.246	46	71.257	66.225	137.482
Siirt	5.402	3.323	23	147.435	28.007	175.442
Şanlıurfa	21.398	9.261	12	791.282	329.390	1.120.672
Şırnak	643	546	30	18.230	1.200	19.430
Toplam	72.550	51.790	22	2.378.768	1.017.483	3.396.251

NARIN GENEL İKLİM İSTEKLERİ

Nar (*Punica granatum L.*) kışları ılık ve yağışlı, yazları uzun, sıcak ve kurak geçen yerlerde iyi yetişebilmekte, -10°C 'nin altında taze sürgünleri, -18°C 'nin altında ise ana gövdesi soğuktan zarar görmekte, ayrıca güneşi çok seven bir bitki olup, 0 metreden 1000 metreye kadar yükseklikteki rakımlarda yetiştirilebilmektedir.

Ayrıca, bu bitki, geç çiçek açtığı için ilkbahar donlarından zarar görmemesine karşın, geç olgunlaşan çeşitleri ise sonbahar geç donlarından zarar görebilmektedir.

Nar yetiştiriciliğinde, yıllık ortalama 500 mm'lik yağış yeterli olmakla beraber bu yağışların ilkbaharda düşmesi istenmesine karşın, yaz aylarında düşen yağışların meyve kalitesini bozduğunu, meyvenin olgunluğuna yakın yağın yağmurların meyve kabuğunun çatlamasına sebep olabileceği, yazın meyve olumu sırasında görülen yüksek nispi nemin meyve kalitesini olumsuz etkilediği, meyve oluşumu döneminde kuru hava koşullarının kaliteli meyve oluşumunu sağlayarak pazar değerini artırdığı belirtilmektedir (Anonim, 2017a).

GÜNEYDOĞUANADOLUBÖLGESİNDE NAR YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN İLLERİN BAZI İKLİM ÖZELLİKLERİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi genel olarak denizden uzak bir konumda bulunduğu için karasal iklim özelliği gösterir. Bölgede yazlar oldukça uzun, sıcak ve kurak geçerken, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Gece ile gündüz arasında oldukça büyük sıcaklık farkları vardır. Bölgede karasal iklim hakim olsa da Adıyaman, Gaziantep ve Mardin ilinde kara iklimi ile akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi görülür. (Anonim, 2017c)

Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GAB)'nde yer alan Adıyaman ilinde karasal iklim görülmekte ilde yazlar sıcak ve kurak kışlar ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. İlde yıllık ortalama sıcaklık 17.0°C , en düşük sıcaklık 4.3°C ve en yüksek sıcaklık 37.3°C , yıllık ortalama yağış miktarı 674 mm dir (Anonim, 2017c; Anonim, 2017d). Batman ilinde çoğunlukla sıcak ve ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise nispeten ılık ve yağışlıdır. (Anonim, 2017f). İlin yıllık ortalama sıcaklığı 16.7°C , yıllık ortalama yağış miktarı 530 mm dir (Anonim, 2017g). Diyarbakır ilinde sert kara iklimiyle yarı kurak yağla iklimi hüküm sürer.

Güneydoğu Toroslar kuzeyden gelen soğuk rüzgârları kestiği için Doğu Anadolu'ya nazaran kışları daha az soğuk olup, çoğunlukla sıcaklık +46.2°C ile -24.2°C arasında değişkenlik göstermektedir (Anonim, 2017i). İlin yıllık ortalama sıcaklığı 15.6 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 530 mm dir (Anonim, 2017i). Gaziantep ilinde sıcak ve ılıman iklim hüküm sürmekte olup, Akdeniz ve Doğu Anadolu iklimleri arasında bir geçiş özelliğini göstermekte, ağırlıklı olarak Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Sıcaklık -17°C ile 48.8°C arasında seyretmektedir (Anonim, 2017k). İlin yıllık ortalama sıcaklığı 15.5 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 529 mm dir (Anonim, 2017l). Kilis ilinde sıcak ve ılıman bir iklim hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışları çok soğuk değildir. Sıcaklık 1.3°C ile 35.4°C arasında seyrederek (Anonim, 2017n). Kilis ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 16.6 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 506 mm dir (Anonim, 2017o). Mardin ilinde karasal iklim ile Akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi görülür. Yazlar sıcak ve kışlar soğuk geçer (Anonim, 2017p). Mardin ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 16.6 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 648 mm dir (Anonim, 2017r). Siirt ilinde kara iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçer. (Anonim, 2017ş). Siirt ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 16.2 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 767 mm dir (Anonim, 2017t). Şanlıurfa ilinde kara iklimi hüküm sürer. Yazlar uzun ve çok sıcak olup, kışlar çok soğuk geçer. Yaz ile kış, gece ile gündüz arasında ısı farkı fazladır. Nem oranı az olduğundan Türkiye'nin en sıcak ili olmasına rağmen, havalar boğucu olmayıp yılın 25 günü sıcaklık 0°C'nin altındadır (Anonim, 2017ü). İlin yıllık ortalama sıcaklığı 25.7 °C, yılın en düşük sıcaklığı 1.4 °C ve en yüksek sıcaklığı 38.7 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 477 mm dir (Anonim, 2017v). Şırnak'ta karasal iklim hüküm sürer. Orta kesimleri kışın çok yağış alır. Güney ve güneybatı kesimlerinde iklim daha yumuşaktır. Yüksek dağlardan oluşan doğu kesimindeyse kışları sert ve kar yağışlı geçer. (Anonim, 2017z). İlin yıllık ortalama sıcaklığı 13.5 °C, yılın en düşük sıcaklığı -2.8 °C ve en yüksek sıcaklığı 33.8 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 830 mm dir (Anonim, 2017aa).

ADİYAMAN İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Adıyaman'ın iklim özellikleri incelendiğinde nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir.

Bu bağlamda, Adıyaman'da 1 merkez ilçe ve 8 diğer ilçeler olmak üzere toplam 9 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017e) olup tümünde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 2). Çizelge incelendiğinde, Adıyaman da 2015 yılında toplam 5.112 ton nar üretimi gerçekleşmiş olup, en fazla üretim Kahta ilçesinde (1.780 ton), daha sonra sırasıyla Merkez (877 ton), Samsat (597 ton), Gölbaşı (453 ton), Gerger (419 ton), Besni (392 ton), Tut (273 ton), Çelikhhan (212 ton) ve Sincik (109 ton) ilçesinde gerçekleşmiştir Bu ilimizde ortalama verim 19 kg olup, bu değer hem Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve hem de Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Ancak, Bu ilimizde toplam nar ağaç sayısı 732.995 adet olup bunun 268.750 adeti meyve veren yaşta, 464.245 adeti ise meyve vermeyen yaştaki ağaçlardan oluşmaktadır. Bu yüzden, bu ilimizde, nar yetiştiriciliği gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Ancak, Adıyaman'da ağaç başına verimin artırılması için bakım ve kültürel işlemlerin bilinçli yapılması ve yöreye uyumlu standart nar çeşitleri ile yetiştiriciliğin yaygınlaştırılması halinde yöre halkı ve ülkemizin milli ekonomisine daha fazla katkı sağlanacaktır.

BATMAN İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Batman'ın iklim özellikleri incelendiğinde nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Batman'da 1 merkez ilçe ve 5 diğer ilçeler olmak üzere toplam 6 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017h) olup tümünde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 3). Çizelge incelendiğinde, 2015 yılında ilde toplam 439 ton nar üretimi gerçekleşmiş olup, en fazla üretim Kozluk ilçesinde (195 ton), daha sonra sırasıyla Gercüş (127 ton), Hasankeyf (42 ton), Beşiri (38 ton), Sason (31 ton) ve Merkez (6 ton) ilçesinde gerçekleşmiştir. İlde ağaç başına nar verimi 18 kg olup, bu değer hem GAB ve hem de Türkiye ortalamasının altındadır Ancak, ilde toplam nar ağaç sayısı 36.175 adet olup bunun 24.960 adeti meyve veren yaşta 11.215 adeti ise meyve vermeyen yaştaki ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği yaygınlaşmaktadır. Ancak, Batman'da ağaç başına verimin artırılması için bakım ve kültürel işlemlerin bilinçli yapılması ve yöreye uyumlu standart nar çeşitleri ile yetiştiriciliğin yaygınlaştırılması halinde, yöre halkı ve ülkemizin milli ekonomisine daha fazla katkı sağlanacaktır.

Çizelge 2. Adıyaman ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Besni	443	392	19	20.850	20.297	41.147
Çelikhan	100	212	24	9.000	2.000	11.000
Gerger	306	419	14	29.700	17.550	47.250
Gölbaşı	702	453	17	26.800	14.000	40.800
Kahta	5.141	1.780	19	94.700	184.700	279.400
Samsat	1.000	597	17	35.300	12.100	47.400
Sincik	286	109	11	9.700	4.000	13.700
Tut	500	273	24	11.600	19.598	31.198
Toplam	12.428	5.112	19	268.750	464.245	732.995

Çizelge 3. Batman ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Beşiri	90	38	10	4.000	1.400	5.400
Gercüş	105	127	24	5.380	3.170	8.550
Hasankeyf	150	42	28	1.500	750	2.250
Kozluk	0	195	17	11.500	3.000	14.500
Sason	0	31	14	2.200	1.800	4.000
Toplam	417	439	18	24.960	11.215	36.175

DİYARBAKIR İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Diyarbakır'ın iklim özellikleri incelendiğinde çoğunlukla nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Diyarbakır'da 4 merkez ilçe ve 13 diğer ilçeler olmak üzere toplam 17 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017j) olup 9'unda nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 4). Çizelge incelendiğinde, ilde 2015 yılında toplam 842 ton nar üretimi gerçekleştiği, en fazla üretimin Çermik ilçesinde (311 ton), daha sonra sırasıyla Çüngüş (183 ton), Dicle (168 ton), Ergani (93 ton), Kayapınar (33 ton), Kocaköy (23 ton), Hazro (13 ton), Lice (12 ton) ve Eğil

(6 ton) ilçesinde gerçekleştiği görülmektedir. İlde ağaç başına nar verimi 17 kg olup, bu değer hem Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve hem de Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Diyarbakır'da toplam nar ağaç sayısı 56.425 adet olup bunun 48.840 adeti meyve veren yaşta, 7.585 adeti ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği yavaş da olsa yaygınlaşmaktadır. Ağaç başına verimin artırılması için bakım ve kültürel işlemlerin bilinçli yapılması ve yöreye uyumlu standart nar çeşitleri ile yetiştiriciliğin yaygınlaştırılması halinde, özellikle nar yetiştiriciliği yapılan ilçelerdeki yöre halkı ve ülkemizin milli ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Çizelge 4. Diyarbakır ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Çermik	30	311	21	15.030	1.100	16.130
Çüngüş	1.500	183	11	16.300	1.300	17.600
Dicle	70	168	28	5.950	1.440	7.390
Eğil	28	6	24	250	0	250
Ergani	30	93	17	5.500	675	6.175
Hazro	30	13	25	520	290	810
Kocaköy	40	23	24	950	750	1.700
Lice	125	12	5	2.570	1.500	4.070
Kayapınar	55	33	19	1.770	530	2.300
Toplam	1.908	842	17	48.840	7.585	56.425

GAZİANTEP İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Gaziantep'in iklim özellikleri incelendiğinde nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Gaziantep'te 2 merkez ilçe ve 7 diğer ilçeler olmak üzere toplam 9 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017m) olup tüm ilçelerde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 5).

Çizelge incelendiğinde, 2015 yılında ilde toplam 17.596 ton nar üretimi gerçekleştiği en fazla üretimin Oğuzeli ilçesinde (8.509 ton), daha sonra sırasıyla Nizip (5.699 ton), Şahinbey (1.935 ton), Nurdağı (1.238 ton), Islahiye (1.056 ton), Araban (442 ton), Şehitkamil (275 ton), Karkamış (165 ton) ve Yavuzeli (51 ton) ilçesinden karşılandığı görülmektedir. İlde ağaç başına ortalama nar verimi 32 kg olup, bu değer Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin üzerinde olup Türkiye ortalaması civarındadır.

Ayrıca, bu ilimizde toplam nar ağaç sayısı 679.590 adet olup bunun 613.778 adeti meyve veren yaşta, 65.812 adeti ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği gittikçe yaygınlaşmaktadır. Nar yetiştiriciliğinin bu ilimizde yaygınlaştırılması halinde bölge halkı ve ülkemizin milli ekonomisine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KİLİS İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Kilis'in iklim özellikleri incelendiğinde nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Kilis'te 1 merkez ilçe ve 3 diğer ilçeler olmak üzere toplam 4 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017ö) olup tüm ilçelerde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 6).

Çizelge incelendiğinde, ilde 2015 yılında toplam 9.651 ton nar üretilmiş olup en fazla üretim Merkez ilçesinde (6.501 ton), daha sonra sırasıyla Musabeyli (1.438 ton), Elbeyli (1.389 ton) ve Polateli (323 ton) ilçesinde gerçekleşmiştir. İlde ağaç başına ortalama nar verimi 24 kg olup, bu değer GAB'nin üzerinde olup Türkiye ortalamasının altındadır.

Ayrıca, bu ilimizde toplam nar ağaç sayısı 438.040 adet olup bunun 394.236 adeti meyve veren yaşta 43.804 adeti ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği yaygınlaşmaktadır.

Bakım ve kültürel işlemlerin daha sağlıklı yapılması ve yöreye uyumlu standart çeşitler ile nar yetiştiriciliğinin bu ilimizde yaygınlaştırılması halinde bölge halkı ve ülkemizin milli ekonomisine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 5. Gaziantep ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Şahinbey	1.492	1.935	42	45.730	12.200	57.930
Şehitkamil	550	275	24	11.700	1.550	13.250
Araban	209	442	47	9.400	2.900	12.300
İslahiye	1.650	1.056	19	56.150	29.400	85.550
Karkamış	650	165	20	8.400	1.900	10.300
Nizip	4.219	5.699	24	242.500	10.020	252.520
Nurdağı	511	1.238	33	37.628	1.240	38.868
Oğuzeli	8.250	8.509	42	201.150	6.600	207.750
Yavuzeli	65	51	46	1.120	2	1.122
Toplam	17.596	19.370	32	613.778	65.812	679.590

Çizelge 6. Kilis ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Merkez	7.227	6.501	25	260.172	28.908	289.080
Elbeyli	1.642	1.389	23	59.112	6.568	65.680
Musabeyli	1.700	1.438	23	61.200	6.800	68.000
Polateli	382	323	23	13.752	1.528	15.280
Toplam	10.951	9.651	24	394.236	43.804	438.040

MARDİN İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Mardin'in iklim özellikleri incelendiğinde nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Mardin'de 1 merkez ilçe ve 8 diğer ilçeler olmak üzere toplam 9 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017s) olup tüm ilçelerde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 7). Çizelge incelendiğinde, ilde 2015 yılında toplam 3.246 ton nar üretimi gerçekleşmiş olup, en fazla üretim Kızıltepe ilçesinde (1.998 ton), daha sonra sırasıyla Derik (414 ton), Nusaybin (376 ton), Ömerli (160 ton), Yeşilli (138 ton), Midyat (114 ton),

Artuklu (29 ton), Dargeçit (14 ton) ve Savur (3 ton) ilçesinden karşılanmıştır. İlde ağaç başına ortalama nar verimi 46 kg olup, bu değer hem GAB'nin ve hem de Türkiye ortalamasının oldukça üzerindedir. Ayrıca, bu ilimizde toplam nar ağaç sayısı 137.482 adet olup bunun 71.257 adeti meyve veren yaşta, 66.225 adeti ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği gittikçe yaygınlaşmaktadır. Nar yetiştiriciliğinin bu ilimizde yaygınlaştırılması halinde bölge halkı ve ülkemizin milli ekonomisine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 7. Mardin ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Dargeçit	56	14	11	1.250	230	1.480
Derik	256	414	94	4.400	1.452	5.852
Kızıltepe	750	1.998	80	25.000	29.000	54.000
Midyat	260	114	19	6.050	29.750	35.800
Nusaybin	264	376	15	25.000	2.200	27.200
Ömerli	0	160	80	2.000	500	2.500
Savur	0	3	10	307	43	350
Yeşilli	120	138	33	4.200	1.800	6.000
Artuklu	101	29	10	3.050	1.250	4.300
Toplam	1.807	3.246	46	71.257	66.225	137.482

SIİRT İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Siirt'in iklim özellikleri incelendiğinde nar yetiştiriciliğine çoğunlukla uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Siirt'te 1 merkez ilçe ve 6 diğer ilçeler olmak üzere toplam 7 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017u) olup, bunların 5'inde nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 8). Çizelge incelendiğinde, ilde 2015 yılında toplam 3.323 ton nar üretimi gerçekleşmiş olup, en fazla üretim Şirvan ilçesinde (2.175 ton), daha sonra sırasıyla Pervari (673 ton), Tillo (188 ton), Merkez (169 ton) ve Eruh (118 ton) ilçesinden

karşılanmıştır. İlde ağaç başına ortalama nar verimi 23 kg olup, bu değer Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin üstünde, buna karşın Türkiye ortalamasının altındadır. Ayrıca, bu ilimizde toplam nar ağaç sayısı 175.442 adet olup bunun 147.435 adeti meyve veren yaşta, 28.007 adeti ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bakım ve kültürel işlemlerin bilinçli yapılması ve nar yetiştiriciliğinin bu ilimizde yaygınlaştırılması halinde bölge halkı ve ülkemizin milli ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 8. Siirt ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Merkez	153	169	28	6.000	2	6.002
Tillo	70	188	19	10.000	3.500	13.500
Eruh	55	118	37	3.150	350	3.500
Pervari	1.085	673	29	23.085	13.035	36.120
Şirvan	4.039	2.175	21	105.200	11.120	116.320
Toplam	5.402	3.323	23	147.435	28.007	175.442

ŞANLIURFA İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Şanlıurfa'nın iklim özellikleri incelendiğinde, nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Şanlıurfa'da 3 merkez ilçe ve 10 diğer ilçeler olmak üzere toplam 13 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017y) olup, bunların tümünde nar yetiştiriciliği yapıldığı görülmektedir (Çizelge 9). Çizelge incelendiğinde, ilde 2015 yılında toplam 9.261 ton nar üretimi gerçekleşmiş olup, en fazla üretim Bozova ilçesinde (2.084 ton), daha sonra sırasıyla Karaköprü (2.040 ton), Siverek (995 ton), Birecik (869 ton), Harran (721), Hilvan (658 ton), Ceylanpınar (597 ton), Suruç (316 ton), Haliliye (306 ton), Eyyübiye (248 ton), Akçakale (227 ton), Halfeti (110 ton) ve Viranşehir (90 ton) ilçesinden

karşınlanmıştır. İlde ağaç başına ortalama nar verimi 12 kg olup, bu değer hem Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve hem de Türkiye ortalamasının oldukça altındadır. Bunun en büyük nedenin nar yetiştiriciliğinin bilinçsizce yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şanlıurfa'da toplam nar ağaç sayısı 1.120.672 adet olup bunun 791.282 adeti meyve veren yaşta, 329.390 adeti ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği gittikçe yaygınlaşmaktadır. Ağaç başına verimin artırılması için bakım ve kültürel işlemlerin bilinçli yapılması, yöreye uyumlu çeşitlerle yetiştiriciliğin yapılması gerekmektedir. Bu yapıldığı takdirde özellikle nar yetiştiriciliği yapılan ilçelerdeki yöre halkı ve ülkemizin milli ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Çizelge 9. Şanlıurfa ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Akçakale	2.035	227	9	24.090	29.620	53.710
Birecik	385	869	28	30.800	0	30.800
Bozova	5.770	2.084	12	170.575	85.000	255.575
Ceylanpınar	631	597	9	63.460	120	63.580
Halfeti	200	110	19	5.850	350	6.200
Harran	426	721	28	25.560	0	25.560
Hilvan	3.024	658	19	35.000	145.000	180.000
Siverek	1.650	995	16	62.295	0	62.295
Suruç	1.649	316	15	21.000	45.000	66.000
Viranşehir	450	90	24	3.825	24.300	28.125
Eyyübiye	1.000	248	4	66.000	0	66.000
Haliliye	1.000	306	5	66.723	0	66.723
Karaköprü	3.178	2.040	9	216.104	0	216.104
Toplam	21.398	9.261	12	791.282	329.390	1.120.672

ŞIRNAK İLİNİN NAR POTANSİYELİ

Şırnak'ın iklim özellikleri incelendiğinde, yüksek dağlardan oluşan doğu kesiminin önemli bir bölümü hariç tutulursa, nar yetiştiriciliğine uygun bir il olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Şırnak'ta 1 merkez

ilçe ve 6 diğer ilçeler olmak üzere toplam 7 ilçe bulunmakta (Anonim, 2017bb) olup, bunların 6'sında nar yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çizelge 10). Çizelge incelendiğinde, ilde 2015 yılında toplam 546 ton nar üretimi gerçekleşmiş olup, en fazla üretim Merkez ilçesinde (235 ton), daha sonra sırasıyla Silopi (226

ton), Güçlükonak (55 ton), İdil (13 ton), Uludere (12 ton) ve Cizre (5 ton) ilçesinde gerçekleşmiştir. İlde ağaç başına ortalama nar verimi 30 kg olup, bu değer GAB ortalamasının oldukça üstünde ve Türkiye ortalamasına yakındır.

Şırnak'ta toplam nar ağaç sayısı 19.430 adet olup bunun 18.230 adeti meyve veren yaşta, 1.200 adeti ise

meyve vermeyen yaştaki ağaçlardan oluşmakta olup, nar yetiştiriciliği kısmen de olsa yaygınlaşmaktadır.

Ağaç başına verimin artırılması için bakım ve kültürel işlemlerin bilinçli yapılması, yöreye uyumlu çeşitlerle yetiştiriciliğin yapılması halinde, yöre halkı ve ülkemizin milli ekonomisine az da olsa katkı sağlanacağı ümit edilmektedir.

Çizelge 10. Şırnak ilinin 2015 yılı nar ağacı sayıları ve üretim miktarları.

İlçe Adı	Toplu meyvelik alanı (dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ağaç başına ortalama verim (kg)	Meyve veren yaşta ağaç sayısı	Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı	Toplam ağaç sayısı
Merkez	0	235	47	5.000	0	5.000
Cizre	0	5	63	80	400	480
Güçlükonak	150	155	15	3.600	400	4.000
İdil	10	13	19	700	200	900
Silopi	418	226	28	8.000	0	8.000
Uludere	65	12	14	850	200	1.050
Toplam	643	546	30	18.230	1.200	19.430

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde nar ve diğer meyve türlerinin yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda düzenli bir şekilde kültürel ve bakım işlemlerin yapılması durumunda hem nar hem de diğer meyvelerin üretiminde daha kaliteli ürün elde etme imkanı oluşacaktır.

2. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yöreye uygun verim ve kalitesi belli olan standart çeşitlerle üretim yapılması halinde üreticiler daha çok kazanç elde edeceklerdir.

3. Bölgede yöresel adıyla bilinen mahalli çeşitler üzerinde seleksiyon çalışmaları yapılarak üstün performans gösteren çeşitlerin belirlenmesi ve sonrasında adaptasyon çalışması yapılarak, bunlar arasında olumlu sonuç verenlerin çeşit tescillerinin yapılarak üretimlerinin yaygınlaştırılması yöre ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

4. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde Şanlıurfa ili başta olmak üzere pek çok ilde çoğunlukla bilinçsiz bir şekilde ve modern teknikler uygulanmadan yetiştiricilik yapıldığından dolayı verim ve kalite düşüktür. Bu bağlamda nar üreticilerinin uygulamalı eğitim almaları hem kendilerine ve hem de ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

5. Nar üreticilerinin ve nar yetiştiriciliği yapmak isteyen yöredeki çiftçiler ile bu konuda uzman kişilerin kontrolünde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan ve düzenli nar bahçelerinin tesis edildiği Mardin, Kilis ve Gaziantep ile Akdeniz ve Ege Bölgesi'ndeki standart çeşitlerle tesis edilmiş nar bahçelerine geziler düzenlenmesi, bölgenin nar üretim potansiyelinin artırılmasına olumlu katkılar sağlayacaktır.

6. Güney Doğu Anadolu Bölgesinin bütün illerinde nar yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması için ekolojik faktörlerin dikkate alınması gerekir.

7. Üretilen nar ve öteki meyve türlerinin, savaşların bitmesi halinde, Ortadoğu pazarına, kolayca gönderilebileceği ve bunların pazarlanmasında sıkıntı olmayacağı ümit edilmektedir.

8. Modern nar yetiştiriciliğinin Güney Doğu Anadolu Bölgesinin tüm illerinde yaygınlaştırılması için nar üreticisi ve nar yetiştiriciliği yapmak isteyenler buldukları valiliklerin koordinatörlüğünde başta o ilde bulunan üniversitenin tarım ile ilgili fakülte, yüksekokul, enstitü, araştırma merkezleri olmak üzere, İl Tarım,

Gıda ve Hayvancılık Müdürlükleri,, Tarımsal Araştırma Merkezleri veya istasyonları, Kalkınma Ajansları, Ziraat odalarının yanı sıra çeşitli Sivil Toplum Kuruluşları ile işbirliği yapmaları halinde olumlu neticeler alınacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışmada Güney Doğu Anadolu Bölgesinin bütün illerinin mevcut nar potansiyeli ortaya konularak bu konudaki farkındalığı artırmak, mevcut potansiyelin değerlendirilmesi ve yönlendirilmesi ile ilgili olarak ileriye dönük üretim planlamalarında karar vericilere katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2017a. http://adana.tarim.gov.tr/Belgeler/Yayinlarimiz/nar_yetistirciligi_2010.pdf.
- Anonim, 2017b. <http://www.tarimpusulasi.com/gundem/guneydogu-anadolu-yeni-gap-eylem-planini-umutla-bekliyor>.
- Anonim, 2017c. <http://www.cografya.gen.tr/tr/adiyaman/iklim.html>.
- Anonim, 2017d. <https://tr.climate-data.org/location/283/>.
- Anonim, 2017e. <http://www.adiyaman.gov.tr/>.
- Anonim, 2017f. <http://www.cografya.gen.tr/tr/batman/iklim.html>.
- Anonim, 2017g. <https://tr.climate-data.org/location/284/>.
- Anonim, 2017h. <http://www.batman.gov.tr/>.
- Anonim, 2017i. <http://www.cografya.gen.tr/tr/diyarbakir/iklim.html>.
- Anonim, 2017j. <https://tr.climate-data.org/location/285/>.
- Anonim, 2017k. <http://www.diyarbakir.gov.tr/>.
- Anonim, 2017l. <http://www.cografya.gen.tr/tr/gaziantep/iklim.html>.
- Anonim, 2017m. <https://tr.climate-data.org/location/286/>.
- Anonim, 2017n. <http://www.gaziantep.gov.tr/>.
- Anonim, 2017o. <http://www.cografya.gen.tr/tr/kilis/iklim.html>.
- Anonim, 2017p. <https://tr.climate-data.org/location/286/>.
- Anonim, 2017q. <http://www.kilis.gov.tr/>.
- Anonim, 2017r. <http://www.cografya.gen.tr/tr/mardin/iklim.html>.
- Anonim, 2017s. <https://tr.climate-data.org/location/286/>.
- Anonim, 2017t. <http://www.mardin.gov.tr/>.
- Anonim, 2017ş. <http://www.cografya.gen.tr/tr/siirt/iklim.html>.
- Anonim, 2017t. <https://tr.climate-data.org/location/286/>.
- Anonim, 2017u. <http://www.siirt.gov.tr/>.
- Anonim, 2017ü. <http://www.cografya.gen.tr/tr/sanlıurfa/iklim.html>.
- Anonim, 2017v. <https://tr.climate-data.org/location/285/>.
- Anonim, 2017y. <http://www.sanlıurfa.gov.tr/>.
- Anonim, 2017z. <http://www.cografya.gen.tr/tr/sirnak/iklim.html>.
- Anonim, 2017aa. <https://tr.climate-data.org/location/285/>.
- Anonim, 2017bb. <http://www.sirnak.gov.tr/>.
- Dizdaroğlu T. 1985. İzmir İli Menemen İlçesinde Şeftali, Kayısı ve Erik Yetiştiriciliğinin Ekonomik Açısından Değerlendirilmesi (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ege Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gerçekçioğlu R., Bilgener Ş., Soylu A. 2014. Genel Meyvecilik (Meyve yetiştiriciliğinin esasları). NOBEL Akademik Yayıncılık, Geliştirilmiş 4. Basım, 498 s., İstanbul.
- Özbek S. 1975. Genel Meyvecilik. Adana Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana.
- Şimşek M., Kara A. 2016. Diyarbakır Meyvecilik Potansiyeline Genel Bir Bakış. Uluslararası Diyarbakır Sempozyumu. 2-5 Kasım 201, Diyarbakır (Basımda).
- Şimşek M., Yücel B. 2015. Çevre Dostu Meyve Üretim Tekniği Açısından Güneydoğu Anadolu Bölgesi. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çevre Sempozyumu, 24-25 Mart 2015, 227-234, Diyarbakır.
- TUİK, 2015. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. Retrieved October 1, 2016, from the World Wide Web: <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>.

Tuzluluk ve Kuraklık Stresi Altında Farklı Patlıcan Anaç/Kalem Kombinasyonlarının Bazı Morfolojik Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi

Sevinç KIRAN¹, Çağla ATEŞ², Şebnem KUŞVURAN², Kenan SÖNMEZ³, Şebnem ELLİALTIOĞLU⁴

ÖZET: Bu çalışmada; tuza toleransı yüksek 2 ticari patlıcan anacı üzerine aşılanan ve aşısız olarak kendi kökleri üzerinde yetiştirilen 4 patlıcan genotipinin gelişme performansları, kuraklık ve tuz stresi koşulları altında çiçeklenme öncesindeki bitki döneminde incelenmiştir. Bitkisel materyal olarak 4 patlıcan kalem genotipi (tuza tolerat: Mardin Kızıltepe, Burdur Merkez; tuza duyarlı: Artvin Hopa ve Kemer), 2 adet patlıcan anacı (Köksal-F₁, Vista-306) kullanılmıştır. Toplam 12 farklı uygulamadaki bitkilere kuraklık ve tuzluluk uygulamaları ayrı ayrı yapılmış ve değerlendirilmiştir. Kuraklık stresi yarayışlı su seviyesi %50 düzeyinde tutularak; tuz stresi ise 6 dSm⁻¹ tuz seviyesinde sulama suyu uygulanarak oluşturulmuştur. Stres sonunda alınan bitki örnekleri; yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak alanı, gövde çapı, gövde ve kök boyları bakımından incelenmiştir. Çalışmada, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık değerleri en yüksek olan kombinasyon Köksal F1/Kemer (284.42 ve 50.59 g bitki⁻¹) olarak belirlenirken, kuraklık stresi karşısında kök kuru ağırlığı %11.40 ile Köksal-F1/Burdur Merkez'de, tuz stresi altında ise %5.71 değeri ile Köksal-F1/Artvin Hopa'da en az değişim gerçekleşmiştir. İncelenen özellikler bakımından aşılı bitkilerin kuraklık ve tuz stresi karşısında aşısızlara göre daha az kayıplar verdiği, Köksal-F₁ anacı üzerine aşılamanın kuraklık ve tuz stresine dayanımda, Vista anacına göre daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aşılama, bitki biyomasi, kuraklık, tuzluluk, *Solanum melongena*

Investigation of changes on some morphological characteristics in different eggplant scion/rootstock combinations under salt and drought stresses.

ABSTRACT: In this study, eggplants grown with both grafted, salt tolerant rootstocks and non-grafted roots from four different eggplant genotypes, under salt stress and drought inducing conditions, were investigated during their pre-flowering stages. For the plant materials, four eggplant scion (salt tolerant: Mardin Kızıltepe and Burdur Merkez; salt sensitive: Artvin Hopa and Kemer) and two rootstock (Köksal- F₁, Vista-306) varieties were used. The plants in 12 different grafting combinations had salt and drought conditions applied to each of them. The drought stress (irrigated when 50% of available moisture was depleted) and the salt stress (6 dSm⁻¹) were applied individually. At the end of the applied stress conditions, the plant samples were evaluated according to fresh weight and dry weight of their green parts and roots, leaf area, stem diameter, shoot and root heights. In this study, the highest fresh weight and dry weight were determined in Köksal F1/Kemer (284.42 and 50.59 g plant⁻¹). Moreover, the least changes in root dry weight was observed in Köksal-F1/Burdur Merkez (11.40%) under drought and Köksal-F1/Artvin Hopa (5.71 %) under salinity. These results indicated that grafted plants were more resistant to stress conditions than non-grafted plants. Overall, it was determined that Köksal-F₁ rootstock had a more effective tolerance to salt and drought stress conditions than the Vista rootstock variety.

Keywords: Grafting, plant biomass, drought, salinity, *Solanum melongena*

¹ Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Tarımsal Sulama ve Arazi Islahı, Ankara, Türkiye

² Çankırı Karatekin Üniv. , Kızılırmak MYO, Çankırı, Türkiye

³ Osman Gazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye

⁴ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Sevinç KIRAN, sevinckiran@tgae.gov.tr

GİRİŞ

Solanaceae familyasına ait olan patlıcan (*Solanum melongena* L.) dünyada ve Türkiye’de tüketilen önemli sebzelerden biridir. Ülkemizde 805 259 ton üretim değerine sahip olan patlıcan yaz aylarında genellikle açık alanda yetiştirilen kış aylarında ve sonbaharda ise örtü altında yetiştirilen önemli bir sebzedir (Anonim, 2015). Ülkemiz, geçmişte patlıcan üretimi bakımından ilk sıralarda yer alırken, son yıllara ait istatistiklerde üretim miktarında ciddi düşüşler yaşandığı görülmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi yetiştiricilik sırasında karşılaşılan biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden kaynaklanan verim ve kalite kayıplarıdır (Talhouni, 2016). Kuraklık ve tuzluluk yetiştiriciliği en fazla etkileyen abiyotik stres faktörleri olarak sayılmaktadır. Tarımsal kuraklık, bitkinin kök bölgesinde büyüüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilmektedir. Tuzluluk, daha çok kuraklığa bağlı olarak ortaya çıkan özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde bitki gelişimini ve ürün verimini etkileyen bir diğer stres kaynağıdır (Lopez et al., 2011; Eisa et al., 2012). Yetersiz yağış, yüksek oranda buharlaşma, doğal tuz kayaları, tuzlu sulama suları ve yetersiz drenaj toprakta tuzluluğa yol açmaktadır. Ekonomik öneme sahip pek çok ürün, kuraklık ve tuzluluktan önemli düzeyde etkilenebilmektedir (Solmaz ve ark., 2011). Kuraklık ve tuzluluk problemleri ile karşı karşıya kalan bitkilerde fiziksel, biyokimyasal ve moleküler değişimler olmakta (Munns and Tester, 2008), bitki gelişiminin engellenmesi, metabolik zararlanmalar, sonucu verim ve kalitenin azalması gibi pek çok kayıplara neden olabilmektedir (Yetişir ve Uygur, 2009). Bu kayıpları azaltmada, bu stres faktörlerine karşı dayanımı yüksek anaçlar üzerine fide aşılama oldukça önemlidir. Aşılı fide üretimi bazı sebze türlerinde biyotik veya abiyotik stres faktörlerine karşı yaygın ve etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Rivero et al., 2003). *Solanaceae* ve *Cucurbitaceae* gibi yüksek verim veren türlerde kullanılan anaçlar, toprak tuzluluğu, aşırı su altında kalma veya toprak kökenli hastalıklar gibi olumsuz koşulların ortaya çıkaracağı negatif etkileri ve kayıpları, üzerlerine aşılı olan sürgüne daha az yansıtarak koruma sağlamaktadır (Savvas vd., 2010). Anaç ile üzerine aşılana çeşit arasındaki etkileşim, gelişmeyi ve bitkinin performansını doğrudan etkilemektedir (Davis,

2008). Kuraklık ve tuz stresi koşullarında farklı sebze türlerinde aşı ile ilgili yapılan çalışmalarda; aşılamanın sürgün-kök yaş ve kuru biyoması, yaprak alanı, gövde ve kök boyunda kayıpları azalttığı tespit edilmiştir (Canizares et al., 2000; Gluffrida et al., 2009; He et al., 2009; Huang et al., 2010; Altunlu, 2011; Liu et al., 2012). Aşılama işleminin başarıyla kullanılabilirdiği patlıcanda, anaçların ve genotiplerin stres koşullarını tolere etme konusunda sahip oldukları önemli seviyedeki genetik farklılıklardan faydalanılarak strese dayanımı yüksek kombinasyonlar oluşturulabilir. Çalışmamızın amacı; tuz ve kuraklığa tolerans seviyeleri bilinen patlıcan (*Solanum melongena* L.) genotiplerine ait kalemler ile tuza tolerant anaçlar arasında yapılan aşılama sonucunda elde edilen fidelerin, tuz ve kuraklık stresi altında ortaya çıkan değişimleri incelemektir. Böylece anaç kullanımının etkisinin yanı sıra, kalem genotipinin strese karşı gösterdiği tepkinin etkisi de ortaya konulmuş olabilecektir. Burada sunulan sonuçlar; fizyolojik ve biyokimyasal parametreler bakımından da yapılan incelemeleri kapsayan araştırmamızın, bitki büyüme ve gelişmesine yönelik bazı morfolojik özellikler konusunda elde edilmiş bölümünü yansıtmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Ankara Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü’ne ait cam serada, kontrollü koşullar altında ve Nisan-Eylül ayları arasında yürütülmüştür. Çalışmada tuza ve kurağa tolerans düzeyleri bilinen patlıcan genotipleri (Tolerant: Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez ile Hassas: Artvin Hopa ve Kemer) (Yaşar, 2003, Kıran ve ark., 2014), tuza toleransı yüksek ticari Köksal-F₁ ve Vista-306 (makalede Vista olarak kısaltılmıştır) patlıcan anaçları (*Solanum incanum* x *Solanum melongena*) (Kıran ve ark., 2015) üzerine aşılantmıştır. Ayrıca kalem olarak kullanılan 4 adet *S. melongena* genotipi aşı yapılmaksızın kendi kökleri üzerinde de yetiştirilmiştir (Kontrol bitkileri). Tuz ve kuraklık stresi ayrı ayrı incelenmiştir. Tohumlar 2:1 oranında torf:perlit karışımı içeren viyollere ekilmiş, aşılama işlemini takiben (Talhouni, 2016) geliştirilen 2-3 gerçek yapraklı aşılı ve aşısız fideler içinde orta bünyeli toprak [kum (%48.9), silt (%17.5), kil (%33.6), hacim ağırlığı (1.26 g cm⁻³), tarla kapasitesi (%19.78), solma noktası (%10.62), elektriksel iletkenlik (1.28 dS m⁻¹) ve pH (7.75)] bulunan 39x35 cm boyutlarında

35 L hacme sahip saksılara; her saksıda bir bitki olacak şekilde dikilmişlerdir. Dikimle birlikte toprak analiz sonuçlarına göre dekara diamonyum fosfat ve üre formunda 10 kg fosfor ve 7 kg azot, çiçeklenme döneminde ise dekara üre formunda 3 kg azot uygulanmıştır. Fidelerin saksılara dikiminden yaklaşık 2 hafta sonra stres uygulamalarına başlanmıştır. Stres uygulamalarına kadar tüm bitkiler çeşme suyu (EC: 0.20-0.70 dSm⁻¹, pH: 6.8-7.10) ile tarla kapasitesi düzeyinde sulanmışlardır. Çalışma, sıcaklık ve nem kontrolünün otomatik olarak sağlandığı, 25°C sıcaklık, %50-55 oransal neme sahip cam serada gerçekleştirilmiştir. Fideler 4-5 yapraklı oldukları dönemde tuz ve kuraklık uygulamalarına başlanmıştır.

Kuraklık stresi (K₁) konusuna ait bitkiler yarayışı suyun %50'si düzeyinde tutulurken, kontrol (K₀) bitkileri tarla kapasitesi düzeyinde sulanmıştır. Topraktaki nem miktarı ağırlık esasına göre belirlenmiştir. Tuz stresi için tuz uygulamalarının (T₁) yapılacağı bitkilere yetiştirme periyodu boyunca 6 dSm⁻¹ tuz seviyesinde sulama suyu uygulanmıştır. Tuz uygulaması için NaCl stok solüsyonundan yararlanılmıştır. Kontrol bitkileri (T₀) çeşme suyu ile tarla kapasitesi düzeyinde sulanırken, tuz konusunda bitkiler serbest drenaj koşullarında (tarla kapasitesi + %20 yıkama suyu) sulanmışlardır. Yetiştirme dönemi sonunda tüm saksılardan alınan bitki örneklerinde yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak alanı, gövde ve kök boyları ile gövde çapı belirlenmiştir.

Üretim dönemi sonunda yeşil aksam ve kök yaş ağırlıkları 1/1000'lik hassas terazide tartılarak yeşil aksam ve kök yaş ağırlığı (g) belirlenmiş ve 65°C'ye ayarlanmış etüvde kurutulduktan sonra yeşil aksam-kök kuru ağırlığı (g) tespit edilmiştir.

Strese başlangıçtan 50 gün sonra her saksıdaki bitkinin gövde boyu (kök boğazı ile bitki büyüme ucu arası) ve kök boyu (kök boğazı ile kök ucu arası) bir şerit metre yardımıyla (cm) olarak ölçülmüştür. Gövde çapı dijital kumpas yardımı ile kök boğazından- alt, bitki boyunun yarısına gelen boğum arasından-orta, bitkinin en üst uç boğumundan-üst gövde kalınlığı olarak ölçülmüş ve her üç ölçümün ortalaması alınarak gövde kalınlığı (mm) belirlenmiştir. Yaprak alanı, Licor LI-3000A model yaprak alanı ölçer ile "cm²yaprak"¹⁷ olarak belirlenmiştir (Köksal ve ark., 2007).

Kuraklık ve tuz stresi çalışmaları tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak ayrı ayrı yürütülmüş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen sayısal değerler varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel değerlendirmelerin yapılmasında MSTAT-C (Freed et al., 1989) paket programından yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, incelenen parametreler bakımından kuraklık ve tuz stresi altında patlıcan anaç/kalem kombinasyonları 'Kalem x Anaç x Uygulama' interaksyonu bazında değerlendirilmiştir. Buna göre üçlü etkileşimlerin önemli (p<0.05) bulunduğu parametreler çizelgeler halinde verilmiş ve Duncan harflendirmeleri ile farklılıklar gösterilmiştir. 'Kalem x Anaç x Uygulama' etkileşiminin istatistiksel olarak önemli bulunmadığı (p>0.05) özellikler ise metin içerisinde grafikler halinde açıklanmıştır.

Yeşil Aksam Yaş ve Kuru Ağırlığı

Kuraklık ve tuz stresi altında kontrol bitkileri esas alındığında aşılı ve aşısız bitkilerin yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık değerlerinde azalmalar ortaya çıkmıştır. Anaç kullanımı her iki stres durumunda, patlıcan genotiplerinin yeşil aksam yaş ve kuru biyomas kayıplarının azalmasını sağlamış, bu bakımdan Köksal-F₁ anacının kullanıldığı kombinasyonlar strese daha iyi dayanım göstermiştir. Kuraklık stresi altında yeşil aksam yaş ağırlık değerler en yüksek olan kombinasyonlar Köksal-F₁/Kemer (284.42 g bitki⁻¹) ve Vista/Kemer (274.33 g bitki⁻¹) olmuştur. Bu iki kombinasyon, kuraklık koşulları altında olmasına rağmen deneme genelinde kontrol bitkileri ile istatistiksel olarak aynı gruplarda yer almıştır. Kuraklık uygulanan bitkiler arasında bu kombinasyonlara en yakın değerler yine sırasıyla Köksal-F₁ ve Vista anaçları üzerine aşılana Burdur Merkez genotipinden elde edilmiştir (245.83 ve 233.17 g bitki⁻¹). Kemer, ticari olarak yetiştirilen ve verim ve bitki gelişimi bakımından denemede yer alan diğer 3 yerel genotipten daha kuvvetli bir çeşittir. Stres uygulanmadan önceki aşamada sergilediği hızlı ve güçlü gelişimin kuraklık koşullarında duraklamasına rağmen, genel olarak anaç desteğiyle de güçlü bir performans yakaladığını göstermiştir. Burdur Merkez'i Mardin Kızıltepe

genotipinin kalem olarak kullanıldığı uygulamalar izlemiş olup, aşılı da olsa kuraklık koşullarında en düşük bitki yaş ağırlıkları hassas genotip olan Artvin Hopa'dan alınmıştır (Köksal-F₁/Artvin Hopa: 198.17, Vista/Artvin Hopa: 171.00 g bitki⁻¹). Yeşil aksam kuru ağırlıkları bakımından da kuraklık stresi altında en yüksek değeri Köksal-F₁/Kemer (50.69 g bitki⁻¹) vermiş olup, Vista/Mardin Kızıltepe ve Köksal-F₁/Burdur Merkez hemen bunu izleyen kombinasyonlar olmuştur (46.32 ve 44.67 g bitki⁻¹) (Çizelge 2). Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları bakımından kontrole göre ağırlık kayıpları esas alındığında; Köksal-F₁/Mardin Kızıltepe'nin en az seviyede değişim gösterdiği anlaşılmıştır (Yaş ağırlık: %8.49 ve Kuru ağırlık: %8.16 oranında azalma). Su noksanlığı karşısında hücre bölünmesi ve büyümesinde meydana gelen azalma, karbon ve azot metabolizmalarında oluşan değişimler, bitkilerde yaş ve kuru ağırlık değerlerinin de azalmasına neden olmaktadır (Bertamini et al., 2006). Bitkilerde ilk semptomatik stres belirtisi, bitki biyomasında azalma olarak bilinmektedir. Kurağa dayanıklı bitkiler, düşük su potansiyelinde dokularındaki metabolik aktivitelerini sürdürürler. Duyarlılığı fazla olan bitkilerde ise başta fotosentez olmak üzere tüm metabolik işlevlerde duraklama ve azalma ortaya çıkar. Aşılı bitkilerde kurağa tolerans seviyesi, bitki yeşil aksamı yaş ve kuru ağırlıkları bakımından daha yüksek olmuştur. Açık döllenmiş ticari bir çeşit olan Kemer, aşılı fide olarak kullanıldığında yerel genotiplere göre hem kontrol hem kuraklık koşullarında iyi bir gelişme sergilemiş, tolerans kalem genotipler kullanımı da, duyarlı kalem genotipine göre daha yüksek gelişme performansı sergilemiştir. Bitki gelişimi ve verim üzerinde anaç-kalem kombinasyonunun önemli bir etkisi olmaktadır. Bu nedenle kuraklık ve tuz stresi gibi stres faktörleri karşısında bitki gelişiminin ve verim sürekliliğinin sağlanması açısından aşılama, etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Voutsela et al., 2012). Nitekim Çetin ve ark., (2009) domateste kuraklık stresinin olumsuz etkisini hafifletmede aşılı fide kullanımının faydalı olduğunu, bitki büyüme ve gelişmesinde önemli iyileştirmeler sağladığını bildirmektedir.

Tuz stresi, yeşil aksam yaş ağırlığı bakımından anaç/kalem kombinasyonları arasında incelenen bitkisel gelişme dönemi içerisinde istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık oluşturmamıştır

(Şekil 1). Bitki biyomasındaki azalma, tuz stresi ile karşılaşan bitkinin gelişme dönemine göre farklılıklar gösterebilmektedir (De Pascale and Barbieri, 1997). Tuz stresi altında yeşil aksam kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerleri sırasıyla Vista/Kemer, Burdur Merkez (aşısız), Köksal-F₁/Kemer ve Köksal-F₁/Mardin Kızıltepe kombinasyonları, aynı istatistiksel grup içerisinde kalarak almışlardır (sırasıyla 50.69, 49.51, 47.49 ve 46.32 g bitki⁻¹). Bununla birlikte, abiyotik stres çalışmalarında çok etkin olarak kullanılan ve kontrole göre azalma veya artış oranlarını anlatan oransal değişimler ve bunlara bağlı olarak kullanılabilen stres indeks değerleri, genotiplerin tolerans seviyeleri hakkında önemli bilgiler vermektedir (Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu, 1992; Yaşar, 2003). Tuz stresi altında yeşil aksam kuru ağırlık değerlerinde ortaya çıkan azalma oranı bakımından en düşük değerler, Mardin Kızıltepe genotipinin kalem olarak kullanıldığı Köksal-F₁ ve Vista anaçları ile yapılan kombinasyonlardan elde edilmiştir (% 8.18 ve 9.41). Tuz uygulanan bitkilerin yeşil aksam yaş ağırlığında deneme süresince belirgin bir azalma ortaya çıkmazken, tuz stresinin kuru ağırlıklar üzerinde etkin bir şekilde düşüşe neden olması, savunma mekanizmalarından birisi olan hücre içi toksik maddeyi seyreltme yönteminin kullanıldığını akla getirmektedir. Genel olarak tuz toleransını bünyesine alarak depoladığı su ile sağlayan sukkulent bitkilerde görülen (Anonymous, 2016) bir sistem olmakla birlikte, yeşil aksam yaş ağırlığını koruyan patlıcan bitkisinin de tropikal kökenli bir bitki olması (Daunay et al., 2001) bu olasılığı mümkün göstermektedir. Kuru ağırlık değerleri, stresi belirgin olarak ortaya çıkaran ve tuza tolerans seviyelerini çarpıcı bir şekilde ortaya koyan bir durum sergilemiştir. Tuzluluk stresi altında bitki biyomas değerlerindeki düşüş, bünyeye fazla miktarda alınan Na ve Cl iyonlarının ozmotik dengeyi bozması ve metabolik aktivitenin azalmasına bağlanmaktadır (Gluffrida et al., 2009). Tuza tolerans anaç kullanımı ile gerçekleştirilen aşılama yönteminin, bitkilerin tuza toleransının artırılması ve verim elde edilmesine yönelik etkili bir yol olabileceği ileri sürülmektedir. Aşılamanın tuza tolerans üzerindeki etkisi domates, patlıcan ve kavun gibi farklı bitkilerde incelenmiş (Zhu et al., 2008) olup, dayanımın sağlanmasında anaçların Na ve Cl iyonlarının alımı ve taşınımının sınırlandırılması üzerindeki etkileri sayesinde tuza toleransın artırıldığı belirlenmiştir. Canizares et al.

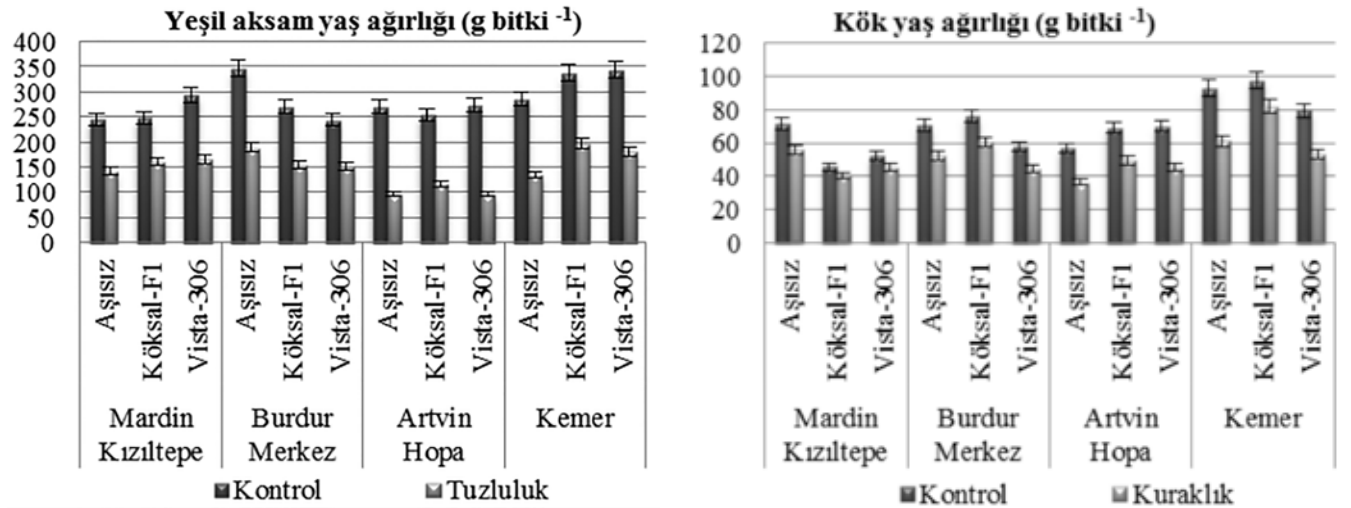
(2000) da, tuz stresi altında yetiştirilen aşılı hıyar bitkilerde bitki biyomasının da aralarında bulunduğu büyüme ve gelişme parametrelerinin, aşısız olanlara göre daha yüksek bulunduğunu belirtmektedirler.

Kök Yaş ve Kuru Ağırlığı

Kuraklık stresi altında, kök yaş ağırlıkları bakımından istatistiksel olarak önemli farklılık belirlenemez iken (Şekil 1), kök kuru ağırlığı açısından Köksal-F₁/Kemer (19.57 g bitki⁻¹) ve Vista/Kemer (18.36 g bitki⁻¹) en yüksek değerleri vermiştir. Kök kuru ağırlığı özelliği, kontrol bitkilerine oranla kuraklık stresi altında %11.40 ile Köksal-F₁/Burdur Merkez ve %12.36 ile Vista/Burdur Merkez kombinasyonlarında ortaya çıkmıştır (Çizelge 1). Yeşil aksam kuru ağırlığında Mardin Kızıltepe, kök kuru ağırlığında Burdur Merkez kalem olarak kullanıldığında; %

kuru madde azalma oranı bakımından (stres indeksi) kuraklık stresinden en az düzeyde etkilenme yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, araştırmamızın hipotezini doğrular nitelikte bulunmuştur. Anaç kullanımı esas olarak stresin olumsuz etkisini azaltan bir teknik olmakla birlikte, toleransı yüksek genotiplerin kalem olarak kullanılması da abiyotik streslerin engelleyici etkisini hafifletebilmektedir.

Tuz stresi altında en yüksek kök yaş ağırlıkları Köksal-F₁/Kemer, Vista/Mardin Kızıltepe ve Köksal-F₁/Mardin Kızıltepe kombinasyonlarında (sırasıyla 73.05, 56.83 ve 48.98 g bitki⁻¹) belirlenmiştir (Çizelge 2). En yüksek kök kuru ağırlıkları ise Köksal-F₁/Burdur Merkez (21.21 g bitki⁻¹) ve Vista/Kemer (19.69 g bitki⁻¹)'den alınmıştır (Çizelge 2).



Şekil 1. Aşılı ve aşısız bitkilerin tuz stresi altında yeşil aksam yaş ağırlıkları ile kuraklık stresi altında kök yaş ağırlıkları

Abiyotik streslerden kuraklık ve tuzluluğun, bitkilerde kök yaş ve kuru ağırlıkları bakımından azalmalara neden olduğu Asraf and Iram (2005) ve Türkan ve ark., (2005), Asraf et al., (2003) ile Daşgan ve ark., (2002) yaptıkları çalışmalarda da belirlenmiştir. Aşılama sayesinde olumsuz koşullar altındaki kök ağırlıklarında korunma sağlanabilmektedir. Nitekim Özmen ve ark., (2014) su stresi altında toplam kök yoğunluğunun aşılı karpuzda aşısızlara göre % 4 daha fazla olduğunu belirtirken, kök kuru ağırlığının domateste ve hıyarda tuzlu koşullarda azaldığını

gösteren çalışmalar da araştırma sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir (He et al., 2009; Huang et al., 2011).

Yaprak Alanı

Kuraklık ve tuz stresi, bitkilerin yaprak alanlarında azalmalara neden olmuştur. Kuraklık uygulanan bitkiler arasında en yüksek değer, ağırlıklarda da olduğu gibi, stres uygulaması öncesi hızlı ve güçlü gelişim performansı ile atak yapan Köksal-F₁/Kemer kombinasyonundan (357.49 cm² yaprak⁻¹) alınmıştır.

Köksal-F₁/Burdur Merkez ise ikinci sırayı almıştır (311.88 cm² yaprak⁻¹) (Çizelge 1). Tuz stresi altındaki durum kuraklığa benzerlik göstermiş olup Köksal-F₁/Kemer kombinasyonu (372.48 88 cm² yaprak⁻¹) ve Kemer çeşidinin diğer uygulamaları ilk sıralarda yer almıştır. Aynı istatistiksel grupta Vista/Mardin Kızıltepe kombinasyonu da bulunmaktadır (223.11 cm² yaprak⁻¹).

Çalışmada, kuraklık ve tuz stresi altında anaç kullanımının bitkilerin yaprak alanı değerlerinin korunması bakımından önemli olduğu görülmüştür. Özellikle Köksal-F₁ anaçı üzerine aşılanmış tüm kalem genotiplerinin yaprak alanlarındaki oransal azalma, oldukça düşük düzeylerde kalmıştır. Yaprak alanı bakımından en hafif hasar gören kombinasyon Köksal-F₁/Mardin Kızıltepe olmuştur (%11.15 kuraklık ve %10.75 tuzluluk). Aşısız Artvin Hopa ve Kemer bitkilerinde yaprak alanı kayıpları en

fazla seviyede meydana gelmiştir (Çizelge 1 ve 2). Kuraklık ve tuz stresi altındaki bitkilerde, stoma azalır ve yaprak alanları da küçülerek transpirasyonla su kaybı önlenmeye çalışılmaktadır. Yaprak alanının azalmasıyla birim alandaki CO₂ fiksasyonu azalmakta, böylelikle yeterli fotosentez yapılamamakta ve sonuçta büyüme ve gelişme gerilemektedir (Karanlık, 2001; Yaşar, 2003). Abdelmageed et al., (2004) domateste kuraklık stresinin, Chartzoulakis and Klapaki, (2000) biberde tuz stresinin yaprak alanında azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir. Huang et al., (2010) artan tuz oranına bağlı olarak yaprak alanının aşıllarda daha yüksek bulunduğunu ifade ederken; Altunlu, (2011) kuraklık stresi altında anaç kullanımına bağlı olarak, yaprak alanının aşıllarda kendi üzerine aşıllara göre % 15.64 ile % 19.49 oranında artış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 1. Kuraklık stresi altında aşılı ve aşısız bitkilerin yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıklarında, kök kuru ağırlığında ve yaprak alanında meydana gelen değişimler

Kalem (Genotip)	Anaç	Uyg.	YAYA	Dğşm.	YAKA	Dğş.	KKA	Dğşm.	YA	Dğşm.
			g bitki ⁻¹	%	g bitki ⁻¹	%	g bitki ⁻¹	%	cm ² yaprak ⁻¹	%
Mardin Kızıltepe	Aşısız	K ₀	282.33 cd		42.64 gh		25.53 a		235.21 h-j	
		K ₁	226.17 hj	-19.89	38.62 hı	-29.87	16.02 e-g	-37.25	127.52 n	-45.78
	Köksal-F ₁	K ₀	263.82 c-f		50.97 c-e		15.27 f-h		223.33 j	
		K ₁	241.42 f-ı	-8.49	35.75 ı	-8.16	12.85 h-j	-15.83	198.44 k	-11.15
	Vista-306	K ₀	225.50 h-j		50.43 c-e		15.44 e-h		276.03 g	
		K ₁	187.58 l-m	-16.82	46.32 e-g	-9.41	10.65 jk	-31.02	187.68 k	-32.01
Burdur Merkez	Aşısız	K ₀	272.35 c-e		55.47 c		21.28 b-c		286.58 g	
		K ₁	220.00 ı-k	-19.22	43.58 f-h	-28.85	17.79 d-f	-16.39	225.59 ij	-21.28
	Köksal-F ₁	K ₀	280.67 cd		52.40 cd		13.86 g-ı		380.70 c	
		K ₁	245.83 f-h	-12.41	44.67 fg	-14.75	12.28 ij	-11.40	311.88 f	-18.08
	Vista-306	K ₀	279.49 c-e		54.47 c		12.65 h-j		283.10 g	
		K ₁	233.17 gı	-16.58	38.75 hı	-19.63	11.09 kl	-12.36	189.31 k	-33.13
Artvin Hopa	Aşısız	K ₀	253.79 e-g		45.83 e-g		22.67 b		366.86 d	
		K ₁	152.75 n	-39.81	29.17 j	-37.15	6.66 l	-70.62	174.86 l	-52.34
	Köksal-F ₁	K ₀	256.00 d-g		46.42 e-g		17.24 d-f		168.36 l	
		K ₁	198.17 k-l	-22.59	29.18 j	-23.95	12.49 h-j	-27.57	148.87 m	-11.57
	Vista-306	K ₀	265.12 c-f		55.22 c		13.00 h-j		340.20 e	
		K ₁	171.00 mn	-35.50	42.00 gh	-36.36	9.33 k-l	-28.23	165.22 l	-51.43
Kemer	Aşısız	K ₀	345.09 b		73.25 a		17.74 d-f		466.72 a	
		K ₁	202.66 j-l	-41.27	47.99 d-f	-43.77	8.84 kl	-50.19	237.16 hı	-49.19
	Köksal-F ₁	K ₀	326.82 b		65.37 b		26.14 a		449.67 b	
		K ₁	284.42 c	-12.97	50.69 c-e	-22.46	19.57 c-d	-25.14	357.49 d	-20.50
	Vista-306	K ₀	368.00 a		67.64 b		27.25 a		437.96 b	
		K ₁	274.33 c-e	-25.45	38.04 hı	-34.48	18.36 de	-32.62	241.10 h	-44.95
VK (%)			5.51		5.53		9.89		2.74	

YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlık, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlığı, YA: Yaprak alanı. Sütunlardaki aynı harfler, interaksiyonlar (KalemxAnaçxUygulama) arasındaki farklılıkların p<0.05'e göre önemli olmadığını göstermektedir.

Lopez et al., (2011) tuz uygulamalarının; kuru madde üretimi, yaprak alanı, nisbi büyüme oranı ve net asimilasyon oranında azalmaya yol açtığını, toprak tuzluluğundaki artışa bağlı olarak kök kuru ağırlığında da azalma meydana geldiğini, yaprak alanı ile kuru ağırlık arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmektedir. Çalışmamızdaki bulgular, aynı yönde bilgiler vermiştir. Anaç kullanımı ile domateste bitki boyu, gövde kalınlığı, yaprak alanı, vegetatif aksam

gelişimi, kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerinde aşısız olanlara göre stres koşulları altında bir miktar artış elde edildiği bildirilmektedir (Öztekin, 2009).

Patlıcanda ticari anaçlar üzerine aşılama yapılması, aşısız ve kendi üzerine aşıllı bitkilere göre yaprak alanı, bitki boyu, gövde çapı, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı özelliklerinde sera koşullarında olumlu etki yapmıştır (Talhouni, 2016).

Çizelge 2. Tuz stresi altında aşıllı ve aşısız bitkilerin yeşil aksam kuru ağırlığında, kök yaş ve kuru ağırlıklarında ve yaprak alanında meydana gelen değişimler

Kalem (Genotip)	Anaç	Uyg.	YAKA	Dğsm.	KYA	Dğsm.	KKA	Dğsm.	YA	Dğsm.
			g bitki ⁻¹	%	g bitki ⁻¹	%	g bitki ⁻¹	%	cm ² yaprak ⁻¹	%
Mardin Kızıltepe	Aşısız	T ₀	50.97 c-f		60.17 g		16.82 ef		268.26 e	
		T ₁	35.75 k	-29.87	35.83 jk	-40.44	10.76 ij	-36.05	206.93 h ₁	-22.86
	Köksal-F ₁	T ₀	50.43 d-g		70.82 d-f		21.60 cd		231.93 fg	
		T ₁	46.32 f-ı	-8.18	48.98 h ₁	-30.83	15.30 fg	-29.19	207.00 h ₁	-10.75
	Vista-306	T ₀	42.64 ij		71.36 d-f		20.56 d		274.86 e	
		T ₁	38.62 jk	-9.41	56.83 gh	-20.36	17.59 e	-14.45	223.11 f-h	-18.83
Burdur Merkez	Aşısız	T ₀	52.40 c-e		63.32 f-g		20.11 d		273.72 e	
		T ₁	49.51 e-g	-30.75	44.00 ij	-30.51	14.41 gh	-28.36	191.17 ij	-30.16
	Köksal-F ₁	T ₀	54.47 cd		61.41 g		25.70 b		267.63 e	
		T ₁	38.75 jk	-23.95	46.92 ı	-23.60	21.21 cd	-17.45	213.39 gh	-20.27
	Vista-306	T ₀	55.47 c		56.83 gh		13.00 h		236.36 f	
		T ₁	44.58 h ₁	-19.63	41.83 ij	-26.39	10.62 ij	-18.29	177.14 j	-25.06
Artvin Hopa	Aşısız	T ₀	46.42 f-ı		84.27 ab		22.94 c		371.53 c	
		T ₁	29.18 l	-45.87	29.00 k	-65.59	7.37 k	-67.87	183.61 j	-50.58
	Köksal-F ₁	T ₀	55.22 cd		64.17 e-g		13.38 gh		349.39 d	
		T ₁	41.00 ij	-23.95	44.50 ij	-30.65	11.02 ij	-18.11	189.08 ij	-45.88
	Vista-306	T ₀	45.83 g-ı		56.50 gh		14.24 gh		358.92 cd	
		T ₁	29.17 l	-33.88	40.17 ij	-28.91	9.14 jk	-35.84	172.51 j	-51.93
Kemer	Aşısız	T ₀	67.64 b		91.04 a		25.86 b		503.59 a	
		T ₁	38.04 jk	-43.77	45.00 ij	-50.57	12.67 h ₁	-51.02	229.01 fg	-54.53
	Köksal-F ₁	T ₀	73.25 a		80.08 b-d		20.05 d		439.46 b	
		T ₁	47.49 e-h	-35.17	73.05 c-e	-8.77	16.81 ef	-16.16	372.48 c	-15.24
	Vista-306	T ₀	65.37 b		81.41 bc		32.16 a		374.52 c	
		T ₁	50.69 c-g	-37.25	57.00 gh	-29.98	19.69 d	-38.79	227.22 fg	-39.33
VK (%)			5.53		8.98		7.07		4.13	

YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlığı, KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlığı, YA: Yaprak alanı. Sütunlardaki aynı harfler, interaksyonlar (KalemxAnaçxUygulama) arasındaki farklılıkların p<0.05'e göre önemli olmadığını göstermektedir.

Gövde Çapı

Tuz ve kuraklık uygulamaları, kontrol bitkilere göre gövde çapında azalmalara yol açmıştır. Bu

azalmaların şiddeti ve istatistiksel önemi, denemede yer alan kombinasyonlara ve bitkilerin aşıllı olup olmamasına göre farklılık göstermiştir. Kuraklık stresinin aşıllı ve aşısız bitkilerin gövde çapı üzerinde

meydana getirdiği etki Şekil 2’de, tuzluluk etkisi ise Çizelge 3’te verilmiştir. Aşısız bitkilerin gövde çapı değerleri, aşıllara göre daha düşük seviyelerde kalmıştır. Ortaya çıkan değişim oranları incelendiğinde; aşıllı tüm genotiplerin aşısızlara nispeten kuraklık ve tuz stresinden daha az etkilendikleri görülmüştür. Kuraklık ve tuzluluk, her ne kadar gövde çapını azaltan stres faktörleri olarak kanıtlanmış olsa da (Razi and Asad, 1998; Kuşvuran ve ark., 2008; Pimmongkol et al., 2002); anaç üzerine aşılanan bitkilerdeki genel yüksek gelişme performansı gövde çapı parametresi üzerinde de olumlu etki yapmaktadır. Nitekim kurak ve tuzlu koşullarda yetişen aşıllı domateslerin gövde çaplarının aşısızlara oranla ortalama % 1.9 ile %19.58 fazla olduğunu bildiren çalışmalar (Öztekin, 2009; Altunlu, 2011) bunun tipik örnekleridir. Farklı bitkilerde yapılan stres çalışmalarında bitki boyu, yaprak alanı, bitki yaş ağırlığı, gövde çapı gibi parametreler bakımından aşıllı bitkiler daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Canizares et al., (2000); Zeng et al., (2004); El-Shraiy Nafeh et al., (2011) tuz stresini altında aşıllı bitkilerdeki

gövde çapının da aralarında bulunduğu büyüme ve gelişme kriterlerinin, aşısız olanlara göre daha yüksek bulunduğunu bildirmektedirler.

Gövde ve Kök Boyları

Kuraklık stresi tüm genotiplerin gövde ve kök boylarını olumsuz yönde etkilemiştir (Şekil 2). Tuz stresi sonucunda da bitkilerin gövde ve kök boylarında azalmalar meydana gelirken, bu azalmalar istatistiksel olarak önemli düzeyde gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Gövde ve kök boylarındaki azalmalar, % değişim açısından incelendiğinde; tuz stres altındaki aşıllı genotiplerin aşısızlara göre kontrole yakın değerler verdikleri ortaya çıkmıştır. Bu demektir ki, aşıllı bitkilerde stres koşullarında gövde ve kök boyları kendi kontrol bitkilerindeki kadardır, yani stresten daha az etkilenmişlerdir. Tuz stresi altında gövde boyu için en düşük azalma oranına sahip aşı kombinasyonu Vista/Mardin Kızıltepe (%5.82) olmuştur. Kök boyu bakımından da Vista/Burdur Merkez (%6.47) en düşük azalma oranına sahip kombinasyonlar olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tuz stresi sonucunda aşıllı ve aşısız bitkilerin gövde çapı, gövde ve kök boylarında meydana gelen değişimler

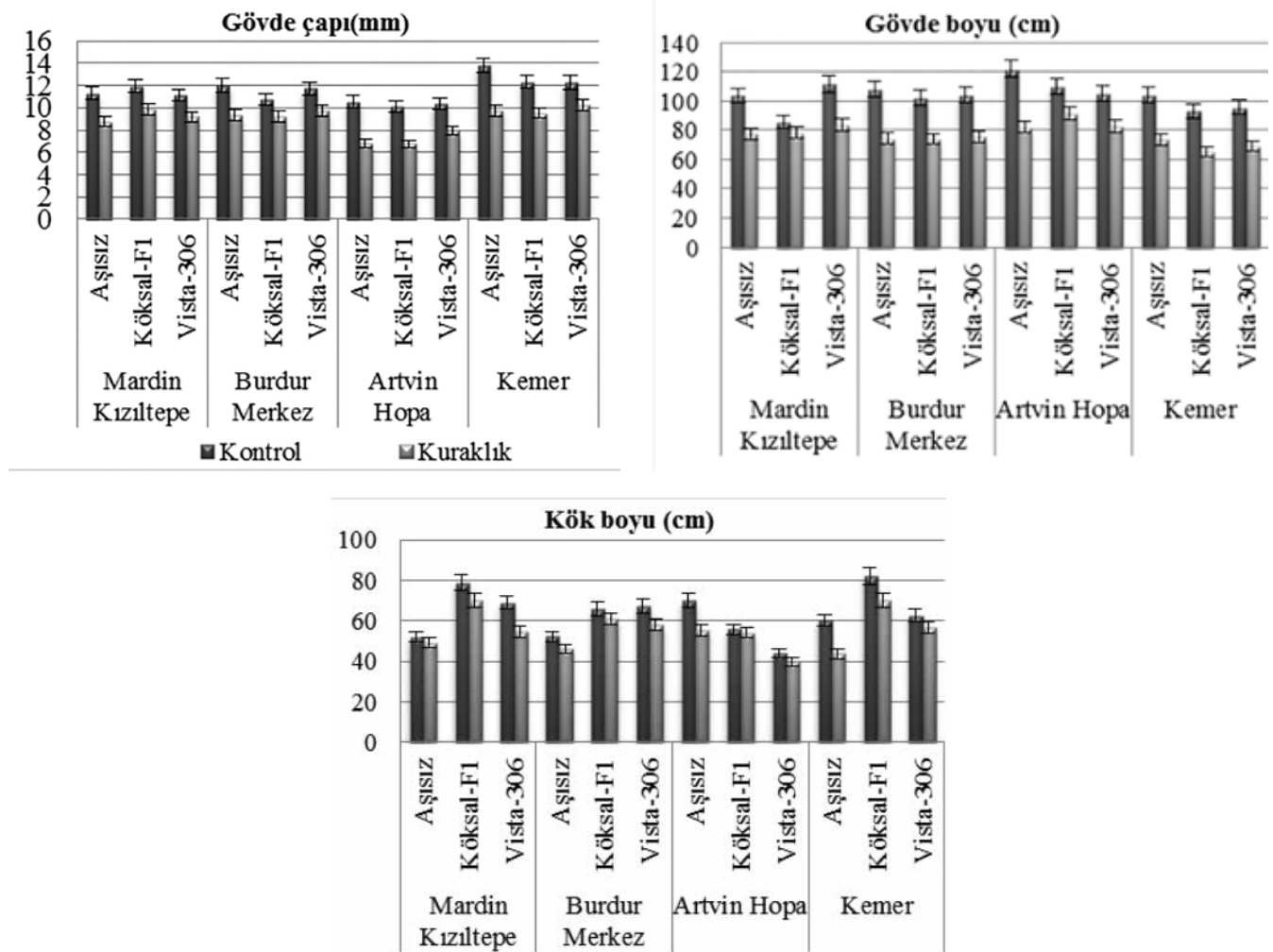
Genotip	Anaç	Uyg.	Gövde çapı mm	Dğşm. %	Gövde boyu cm	Dğşm. %	Kök boyu cm	Dğşm. %
Mardin Kızıltepe	Aşısız	T ₀	10.45 c-e		85.09 fg		73.33 c-g	
		T ₁	8.76 h-k	-16.17	66.04 ı-k	-22.39	56.33 jk	-23.18
	Köksal-F ₁	T ₀	10.09 c-f		105.43 bc		88.00 a	
		T ₁	8.69 h-k	-13.83	84.11 fg	-20.23	72.00 c-h	-18.18
	Vista-306	T ₀	10.49 c-e		91.67 d-f		65.67 f-ı	
		T ₁	9.10 f-k	-13.25	86.33 fg	-5.82	52.67 k	-19.80
Burdur Merkez	Aşısız	T ₀	9.96 d-g		103.33 bc		62.67 ij	
		T ₁	8.10 kl	-18.66	74.00 hı	-28.39	44.00 l	-29.79
	Köksal-F ₁	T ₀	10.89 cd		96.16 c-e		89.00 a	
		T ₁	8.96 g-k	-17.76	78.67 gh	-18.19	64.67 g-j	-27.34
	Vista-306	T ₀	11.17 bc		87.50 e-g		67.00 e-ı	
		T ₁	8.40 ı-l	-24.74	68.21 ij	-22.05	62.67 ij	-6.47
Artvin Hopa	Aşısız	T ₀	10.96 b-d		127.33 a		49.67 kl	
		T ₁	7.56 l	-30.97	98.00 hı	-23.04	32.00 m	-35.37
	Köksal-F ₁	T ₀	9.32 f-j		107.61 b		75.33 c-e	
		T ₁	8.24 j-l	-11.57	98.23 cd	-8.72	68.67 h-ı	-8.85
	Vista-306	T ₀	9.48 e-ı		124.33 a		77.33 b-d	
		T ₁	8.38 ı-l	-11.60	101.08 bc	-18.71	72.00 c-h	-6.90
Kemer	Aşısız	T ₀	11.96 ab		97.67 cd		74.67 c-f	
		T ₁	8.88 h-k	-25.75	58.33 k	-40.27	50.00 kl	-33.04
	Köksal-F ₁	T ₀	11.13 bc		87.55 e-g		85.00 ab	
		T ₁	10.39 c-e	-6.67	64.61 jk	-26.20	78.33 bc	-7.84
	Vista-306	T ₀	12.64 a		102.33bc		69.33 c-ı	
		T ₁	9.57 e-h	-24.30	67.33 ij	-34.20	64.00 h-j	-7.69
VK (%)			5.93		5.54		7.29	

Aynı harfler interaksiyonlar (KalemxAnaçxUyg.) arasındaki farklılıkların p<0.05'e göre önemli olmadığını göstermektedir

Çeşitlerin bitki boylarının, kuraklık ve tuz stresleri karşısında kontrol bitkilerine oranla azaldığı, gövde ve kök gelişimlerinin olumsuz etkilendiği birçok çalışmada vurgulanmıştır (Chartzoulakis et al., 2000; Abdalla and El-Khoshiban, 2007; Kurum et al., 2013).

Lopez ve ark., (2011), bitki gövde yüksekliğinin güç (vigor) göstergesi olduğunu ve tuz stresine karşı bitkinin ilk verdiği tepki olarak bitki boyu kısılması olduğunu ifade etmektedirler. Çalışmamızda anaçlar üzerine aşılama, incelenen istatistiksel önem

dercesine göre kuraklık koşullarında çok belirgin farklılık yaratmamış olmakla birlikte, tuz stresinin yol açtığı bitki boyundaki azalma etkisini genel olarak hafifletmiştir. Bu etki Köksal-F₁ anacının kullanımı ile daha belirgin olmuştur. Anaç kullanımı ile Altunlu, (2011) kuraklık stresinde %13.38, Öztekin ve Tüzel, (2011) tuz stresinde % 12.9 oranında bitki boyunda artış olabileceğini; Liu et al., (2012) tuz stresinde aşılı bitkilerin aşısızlara göre % 28.17 oranında daha fazla bitki boyuna sahip olduklarını bildirmişlerdir.



Şekil 2. Aşılı ve aşısız bitkilerin kuraklık stresi altında gövde çapı ile gövde ve kök boyları

Talhouni (2016) tarafından serada verim dönemindeki patlıcan bitkileriyle yapılan çalışmada da aşılamanın, tuz stresinin yol açtığı bitki boyundaki azalma etkisini genel olarak hafiflettiği belirlenmiştir.

Ancak bitki boyunun ışıklandırma ve diğer ekolojik faktörlerle yakın ilişkisinin bulunduğu, tüm gelişme dönemlerinde diğer parametreler kadar belirgin sonuçlar vermeyebileceği kaydedilmiştir.

SONUÇ

Kuraklık ve tuzluluk stresinin patlıcan bitkisinde yeşil aksamda olduğu gibi köklerin yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı, gövde çapı ile kök- gövde boyu özelliklerinde kısıtlayıcı etki yaptığı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan ve abiyotik stres toleransı bakımından yüksek performansa sahip olduğu bilinen 2 adet patlıcan anacı kullanımı, her iki stres faktörünün olumsuz etkilerini azaltmada faydalı bulunmuştur. Bu etki tuz stresinin yarattığı hasarı iyileştirme bakımından daha belirgin olmuştur. Tuz stresinin olumsuz etkisi bilindiği gibi sadece su kısıtlanmasına yol açmakla kalmayıp toksik etkinin devreye girmesiyle, kuraklığa göre daha şiddetli olabilmektedir. Anaç kullanımı ve aşılamanın, iyon transferi ve zararlı iyonları kalem genotipe filtreleyerek gönderme konularında fayda sağlayabileceği tartışılmaktadır (Talhouni, 2016).

Stres indeks değeri ile bağlantılı olan ‘kontrol bitkisi ortalama değerine göre oransal azalma’ özelliğini ifade eden ‘% Değişim’ oranları; bu çalışmanın hipotezini en fazla destekleyen ve stresten etkilenme düzeyini sadelikle ortaya koyan bir parametre olarak öne çıkmıştır. Köksal-F₁ anacı ilk sırada stres etkisini hafifletmeyi sağlamış, Vista anacı da aşısız olan bitkilere nazaran kuraklık ve tuzluluktan koruyucu rol oynamıştır. Kemer ticari çeşidi stres uygulaması öncesindeki hızlı ve güçlü gelişmesiyle diğer yerel kökenli genotiplerin önüne geçmiş görünmekle birlikte, stres koşullarında kontrollerine oranla azalma yani hasar görme oranları bakımından Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez genotipleri genel olarak en düşük değerlere sahip olmuştur. Bu bakımdan Artvin Hopa (hassas genotip) çoğunlukla en fazla hasar oranlarını göstermiştir. Uygulama yapılan kombinasyonların

sadece kendi aralarında karşılaştırılmalarının yeterli olmayacağı, stres indeksi veya % hasar oranlarının değerlendirmelere dahil edilmesi gereği bu çalışma ile net bir şekilde ortaya konmuştur.

Stres dayanımı yüksek anaç kullanımının yanı sıra kalem genotipinin de dayanımının yüksek olması, en başarılı kombinasyonu ortaya çıkarmıştır. İncelenen tüm parametreler bazında değerlendirildiğinde Köksal-F₁/Mardin Kızıltepe, en başarılı anaç/çeşit kombinasyonu olarak öne çıkmıştır. Kalem olarak kullanılan genotipin stres toleransı yüksek olduğunda, anacın koruyucu etkisi daha da belirgin olmuştur. Anaç kullanımı, en hassas genotip Artvin Hopa’nın bile aşısız bitkilerine göre daha yüksek dayanım göstermesine katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte tolerant olan kalem genotiplerine göre tuz ve kuraklık stresinden en fazla zarar gören genotip olmuştur. Çiçeklenme öncesi gelişme dönemine kadar saksılarda yetiştirildikten sonra kuraklık ve tuzluluk stresi uygulanan patlıcan bitkilerinde anaç kullanımı ile kullanılan anaç/kalem kombinasyonu, stresten etkilenme seviyesini belirleyen faktörler olmuştur. Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez yerel patlıcan genotiplerinden geliştirilen ıslah hatları, dayanımı yüksek anaçlar ile birlikte kombine edildiğinde, en yüksek dayanım performansına sahip olmuşturlar. Çalışmanın sonucunda; aşılamanın ve kullanılan anaç/kalem kombinasyonunun patlıcanda kuraklığa ve tuzluluğa dayanımı artırmada etkili olduğu anlaşılmıştır. Anaç kullanımının sadece toprak kökenli biyotik etmenlere karşı değil, abiyotik stres faktörlerine karşı da etkin bir mücadele yöntemi olduğu; kalem genotipinin de doğru seçimiyle stresin olumsuz etkilerinin önemli düzeyde azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdalla MM, El-Khoshiban NH, 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Applied Sciences Research, 3(12): 2062-2074.
- Abdelmageed, AH, Gruda N, Geyer B, 2004. Effects of temperature and grafting on growth and development of tomato plants under controlled conditions. Deutscher Tropentag 2004, Berlin. <http://www.tropentag.de/2004/abstracts/full/106.pdf>. (Erişim tarihi: 05 Ağustos, 2016).

- Altunlu H, 2011. Aşılamanın Domateste Kuraklık Stresine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 204s.
- Anonim 2015. Food and Agricultural Organization FAO. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/C/E>. Erişim Tarihi: 11.8.2016.
- Anonymous 2016. Mechanisms of salt tolerance. http://agritech.tnau.ac.in/agriculture/agri_salinity_tolerance.html (Erişim tarihi: 24.12.2015)
- Asraf M, Arfan M, Ahmad A, 2003. Salt tolerance in okra: Ion relations and gas exchanges characteristics. Journal of Plant Nutrition, 26 (1): 63-79.

- Asraf M, Iram A, 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora*, 200: 535–546.
- Bertamini M, Zulini L, Muthuchelian K, Nedunchezian N, 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica*, 44 (1): 151- 154.
- Canizares KAL, Goto R, Vilas BRL, 2000. Yield and nutrient content in Japanese cucumber grafted on squash. *Horticultura Argentina*, 19(47): 5-10.
- Chartzoulakis K, Klapaki G, 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticultura*, 86: 247-260.
- Çetin F, Fricke A, Stützel H, 2009. Interactions between tomato scion and rootstock varieties regarding growth and development under different water supply levels. *Tropentag 2009, Biophysical and socio-economic frame conditions for the sustainable management of natural resources*, October 6 - 8, Hamburg, Germany. Book of Abstracts, p:176, ID 955.
- Daşgan HY, Aktaş H, Abak K, Çakmak I, 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science*, 163: 695-703.
- Daunay MC, Lester RN, Ano G, 2001. Eggplant. in: *Tropical Plant Breeding* (Eds: Charrier A, Jaquot M, Hamon S, Nicolas D). Science Publishers, Inc. Enfield (NH), USA, UK, pp:199-222.
- Davis AR, Perkins-Veazie P, Sakata Y, López-Galarza S, Maroto JV, Lee SG, Huh YC, Sun Z, Miguel A, King Cohen R, Lee J, 2008. Cucurbit grafting. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27: 50–74.
- De Pascale S, Barbieri G, 1997. Effect of soil salinity and top removal on growth and yield of broadbean as a green vegetable. *Sci. Hort.* 71:147-165.
- Eisa S, Hussin S, Geissler N, Koyro HW, 2012. Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) as a potential cash crop halophyte. *AJCS*, 6(2): 357-368.
- El-Shraiy A, Mostafa MA, Zaghlool SA, Shehata SAM, 2011. Alleviation of salt injury of cucumber plant by grafting onto salt tolerance rootstock. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 1414-1423.
- Freed R, Einensmith SP, Guets S, Reicosky D, Smail VW, Wolberg P, 1989. User's guide to MSTAT-C, an analysis of agronomic research experiment. Michigan State University, USA.
- Gluffrida F, Martorana M, Leonardi C, 2009. How sodium chloride concentration in the nutrient solution influences the mineral composition of tomato leaves and fruit. *HortScience*, 44(3): 707-711.
- He Y, Zhu Z, Yang J, Ni X, Zhu B, 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environmental and Experimental Botany*, 66: 270-278.
- Huang Y, Zhilong B, Sanpeng H, Hua B, Zhen A, Zhixiong L, 2010. Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. *Environmental and Experimental Botany*, 69:32-38.
- Huang Y, Bie ZL, Liu ZX, Zhen A, Jiao XR, 2011. Improving cucumber photosynthetic capacity under NaCl stress by grafting onto two salt-tolerant pumpkin rootstocks. *Biologia Plantarum*, 55(2): 285-290.
- Karanlık S, 2001. Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Adana 123 s.
- Kıran S, Özkay F, Ellialtıoğlu Ş, Kuşvuran Ş, 2014. Tuz Stresine Tolerans Seviyeleri Belirlenmiş Bazı Genotiplerin Kuraklık Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. *Tagem Sonuç Raporu*. Proje No: A-02.P-04, Ankara.
- Kıran S, Kuşvuran Ş, Özkay F, Özgün Ö, Sönmez K, Özbek H, Ellialtıoğlu ŞŞ, 2015. Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1): 20-30.
- Köksal E, İlbeyi A, Üstün H, Özcan H, 2007. Yeşil Fasulye Sulama Suyu Yönetiminde Örtü Sıcaklığı ve Spektral Yansımaya Oranı Değerlerinin Kullanım Olanakları. *TAGEM Yayın No: TAGEM-BB-TOPRAKSU-29*. 26s.
- Kurum R, Ulukapı K, Aydınşakir K, Onus NA, 2013. The influence of salinity on seedling growth of some pumpkin varieties used as rootstock. *Not Bot Horti Agrobo*, 41(1):219-225.
- Kuşvuran Ş, Yaşar F, Abak K, Ellialtıoğlu Ş, 2008. Tuz stresi altında yetiştirilen tuza toleran ve duyarlı *Cucumis* sp.'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler. *Journal of Agricultural Science*, 18(1): 11-18.
- Liu ZX, Bie ZL, Huang Y, Zhen A, Lei B, Zhang HY, 2012. Grafting onto *Cucurbita moschata* rootstock alleviates salt stress in cucumber plants by delaying photoinhibition. *Photosynthetica*, 50(1): 152-160.
- Lopez H, Marco A, Ulery AP, Zohrab S, Picchioni G, Flynn RP, 2011. Response of chile pepper (*Capsicum annum* L.) to salt stress and organic and inorganic nitrogen sources: I Growth and yield. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 137-147.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 651-681.
- Özmen S, Kanber R, Sarı N, Ünlü M, 2014. Damla sulama koşullarında aşılı ve aşısız karpuzlarda bitki, su ve verim ilişkilerinin irdelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2: 141–153
- Öztekin GB, 2009. Aşılı Domates Bitkilerinde Tuz Stresine Karşı Anaçların Etkisi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 338s.
- Öztekin GB, Tüzel Y, 2011. Salinity response of some tomato rootstocks at seedling stage. *African Journal of Agricultural Research*, 6(20): 4726-4735.
- Pimmongkol A, Terapongtanakhon S, Udonsirichakhon K, 2002. Anatomy of salt- and non-salt-tolerant rice treated with NaCl. In: 28th Congr. Science and Technology of Thailand, Bangkok, Thailand.
- Rivero RM, Ruiz JM, Sanchez E, Romero L, 2003. Does grafting provide tomato plants an advantage against H₂O₂ production under conditions of thermal shock. *Physiologia Plantarum*, 117: 44-50.

- Razi H, Asad MT, 1998. Evaluation of variation of agronomic traits and water stress tolerant in sunflower conditions. *Agricultural and Natural Resources Sciences*, 2: 31-43.
- Savvas D, Colla G, Roupael Y, Schwarz D, 2010. Amelioration of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127: 156-161.
- Solmaz I, Sarı N, Daşgan Y, Aktaş H, Yetişir H, Ünlü H, 2011. The effect of salinity on stomata and leaf characteristics of dihaploid melon lines and their hybrids. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(3&4): 172-176.
- Talhouni M, 2016. Patlıcanda Tuzluluk Stresine Dayanımın Artırılmasında Anaçların ve Yerel Gen Kaynaklarının Etkinliği Üzerinde Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 199 s.
- Tıpırdamaz R, Ellialtıoğlu Ş, 1994. Domates Genotiplerinde Tuza Dayanıklılığın Belirlenmesinde Değişik Tekniklerin Kullanımı. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1358, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 752, 21s.
- Türkan İ, Bor M, Özdemir F, Koca H, 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediates water stress. *Plant Science*, 168: 223-231.
- Voutsela S, Yarsi G, Petropoulos SA, Khan EM, 2012. The effect of grafting of five different rootstocks on plant growth and yield of tomato plants cultivated outdoors and indoors under salinity stress. *Afr. J. Agric. Res.*, 7 (41): 5553-5557
- Yaşar F, 2003. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin *in vitro* ve *in vivo* Olarak İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Van, 139s.
- Yetişir H, Uygur V, 2009. Plant growth and mineral element content of different gourd species and watermelon under salinity stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 65-77.
- Zeng YA, Zhu YL, Huang BJ, Yang LF, 2004. Effects of *Cucurbita ficifolia* as rootstock on the growth, fruit set, disease resistance and leaf nutrient content of *Cucumis sativus*. *Journal of Plant Resources and Environment*. Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing, China, 13(4), 15-19.
- Zhu J, Bie Z, Huang Y, Han X, 2008. Effect of grafting on the growth and ion concentrations of cucumber seedlings under NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*. 54, 895-902.

Kampüs Ağlarında Arkaplan Trafik'in IP-Tabanlı Telefon Sistemlerin Ses Kalitesi Üzerindeki Etkisi

Zeydin PALA¹

ÖZET: Kampüs ağlarında veri ve IP-telefon tabanlı ses iletimi genellikle aynı ağ altyapısı üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ağ ortamında genel anlamda iki farklı trafik ile karşılaşılır. Bunlardan birincisi data ve sesi ifade eden normal akış trafiğidir. İkincisi ise istenmeyen trafik olarak kabul edilen ve IP-tabanlı ses paketlerini olumsuz etkileyen arkaplan trafiğidir. Bu da ister istemez gecikmelere, dalgalanmalara neden olmakta ve nihayetinde paket kayıpları ile sonuçlanmaktadır. Bu çalışmada, ağ konfigürasyonlarından ve torrentlerden kaynaklanan ses bozucu etkenleri incelendi. Ağ cihazlarında tanımlanan VLAN (Sanal ağ) üzerinde ses paketleri taşındı. Böylece sesin kampüs ağında kesintisiz ve daha kaliteli olarak iletilmesi sağlandı. Burada Iperf aracı noktadan noktaya testler için kullanılırken, OPNET simülasyon yazılımı VLAN performansını değerlendirmek için kullanıldı. Kampüsün birden fazla biriminde yapılan testler; ses paketlerine ait dalgalanmaların 0-150 ms aralığında ve ses paketi gecikmelerinin ise 0-20 ms aralığında kaldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bittorrent, gecikme, ip-tabanlı telefon, ses dalgalanması, ses kalitesi

The Impact of the Background Traffic on the IP-Based Phone Systems Sound Quality in the Campus Network

ABSTRACT: Data transmission and IP telephony-based sound transmission are carried out via same network infrastructure in campus networks. In general, there are two types of traffics in network environment. The first one is the normal stream traffic which refers to data and sound. The second one is the background traffic which is considered as undesirable traffic and adversely affects IP-based sound packets. This adverse effect leads to delays and fluctuations and finally ends up with packet losses. This study investigates sound scrambling factors which result from network configurations and torrents. We carried sound packet over VLAN (Virtual network) defined in network devices. In this way, we enabled to transmit sound with more quality and without interruption in campus network. While Iperf tool was used for point-to-point tests, OPNET simulation software was used to evaluate VLAN performance. Tests conducted in multiple units of the campus indicate that fluctuations in sound packets remained between the range of 0-150 ms; sound packet delays remained between the range of 0-20 ms.

Keywords: Bittorrent, delay, IP telephony-based, jitter, voice quality

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Müh.Mim.Fak., Bilgisayar Mühendisliği, Muş, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Zeydin PALA, z.pala@alparslan.edu.tr

GİRİŞ

Birçok kampüs ağında aynı hat üzerinde; data, ses ve video paketleri taşınmaktadır. Kompozit olarak isimlendirilen bu tür paketlerin aynı hat üzerinde taşınması bir çok avantaj sağlamasına rağmen bir takım dezavantajlara da neden olmaktadır. Yoğun bir şekilde otomasyon yazılımlarının kullanıldığı kampüs ağlarında, ağ trafiğini olumsuz etkileyen bazı web tabanlı uygulamalar da kullanılmaktadır.

Ağ ortamında, P2P (peer-to-peer-eşler arası trafik) uygulamalarını kullanan kullanıcı sayısının artması, mevcut bant genişliği üzerine ciddi bir yükün binmesine neden olmaktadır. Kampüs ağlarında P2P trafiğinin artması ve kontrol edilememesi durumlarında; başta telefon görüşmeleri olumsuz etkilemekte ve düşen ses kalitesinden dolayı konuşmalarda kesintiler yaşanmaktadır. Bu olumsuz etkiler sunucuların performanslarında bir düşmeye neden olmakla birlikte aşırı ve gereksiz bant tüketiminden dolayı ağ tıkanmalarına ve ağda kopmalara neden olmaktadır (Lu and Wu, 2010). Bugün en yaygın olarak kullanılan P2P dosya paylaşım protokolü bittorrenttir. Bittorrent, takipçi olarak isimlendirilen merkezi bir sunucu ve sunucuya bağlı çok sayıdaki bağlantıları yönetmektedir. Söz konusu bağlantıların her birisi eş (peer) olarak isimlendirilmektedir. Bu protokol sayesinde eş bağlantı trafiği gelişigüzel hedef olarak seçilen bir bilgisayarın gelişigüzel bir portuna yönlendirilmektedir. Böylelikle eş zamanlı olarak bir dosya birden fazla sunucuda aynı anda indirilebilmektedir.

Ağ sistemleri başlangıçta data iletişimi için tasarlandıklarından dolayı, aynı ortamda sesin iletimi esnasında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. İnsan kulağı için ses kalitesindeki düşme belli bir dereceye kadar anlaşılabilir olarak kabul edilmesine rağmen VoIP (Voice over Internet) ortamında iletilen sesin kabul edilebilir bazı gereksinimleri karşılaması gerekmektedir.

İnternet üzerinde tüm paketlerin iletimi eşit olarak işleme alınmaktadır. Aynı ortamda iletilen ses paketlerine herhangi bir öncelik verilmemektedir. Ancak yerel ağlarda VLAN (Virtual LAN) tanımlanarak bu sorun çözülebilmektedir (Satapathy and Livingston, 2016). İnternet'in bant genişliğine bağlı olarak yoğun kullanılması durumunda, ses

paketleri daha fazla etkilenmekte ve konuşan tarafın ses paketleri dinleyici tarafına anlaşılabilir olarak çoğu zaman iletilememektedir. VLAN'lar fiziksel bir ağı birkaç mantıksal etki alanına bölmek için kullanılmaktadırlar. Bir cihazı VLAN'na bağlamak fiziksel olarak yerini ve bağlantısını değiştirmeden yazılım aracılığı ile yapılabilmektedir. Aynı konumda olmasalar dahi bir grup cihazı VLAN aracılığıyla ortak bir ağda buluşturmak mümkün olmaktadır. Bundan dolayı VLAN'lar; ağ yönetimi, ölçeklenebilirlik ve güvenlik sorunları noktasında iyi bir çözüm olarak kabul edilmektedir.

IP telefonlar için ses dalgalanmaları hassaslaştıkça ve ses trafiği geciktikçe iletim esnasında gecikmeyi ve paket kayıplarını azaltmak için VLAN paketleri daha fazla önceliğe ihtiyaç duymaktadır. Konfigurasyon prosedürünü basitleştirmek ve ses iletim politikası yönetimini iyileştirmek için bağlı bulunan yönetilebilir anahtarda (switch) VLAN tanımlanarak ağda yaşanan bir çok sorun çözüme kavuşturabilir. IP telefondan üretilen bir ses paketi VLAN tanımlı ağa dahil olduğunda, VLAN etiketi ilgili ses paketine eklenir. Eklenen etiket, bunun normal bir paket olmadığını VLAN bilgisi taşıyan ve bir VLAN 'a ait olduğunu ifade eder. VLAN tanımlı kısımda VLAN etiketi olmadan taşınan bir paket normal bir ağ paketi olarak bilinir ve ona göre muamele görür. Ağ iletişimi hizmet kalitesi olarak QoS (Quality of Service)'un görevi sesin anlaşılabilir olduğu durumlarda, sesi karşıdaki yani son kullanıcıya yada kişiye iletmektir. QoS'u etkileyen en önemli faktörler dalgalanma (jitter) (Agrisani et al., 2016), gecikme (latency) ve paket kaybıdır (packet loss) (Ashraf et al., 2009). Bu kavramları kısaca şu şekilde açıklayabiliriz:

Ses gecikmeleri (Latency): Bir ses paketinin kaynaktan hedefe teslim edilirken meydana gelen ve tüm iletişim ağlarında genel bir gecikmeyi ifade etmektedir. VoIP'te gecikmeler başta paket kodlama, paket oluşturma, fiziksel ağ ve yönlendirme gecikmeleri olmak üzere kod çözme ve tekrardan kaynaklanmaktadır (Yu and Ajarmeh, 2008).

Ses dalgalanması (Jitter): Ardışık ses paketlerinin hedefe varırken oluşacak zaman farkıdır (TOA-Time of arrival). İyi bir ses kalitesi için kabul edilebilir jitter değeri 20-50 ms arasındadır. Ağ ortamındaki ses bilgileri veri paketlerine bölünerek kaynaktan hedefe doğru farklı yollar kullanılarak iletelebilmektedir. Söz

konusu paketlerin hedefe ulaşması ağ kullanımına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ağ ortamında ölçülen jitter değerinin 50 ms değerinden daha büyük olduğu durumlarda, ses kalitesinin zayıf olduğu kabul edilmektedir.

Paket kayıpları (Packet loss): Paket kayıpları birçok faktörden kaynaklanabilir. Ancak belirgin sebebi ağ tıkanmasıdır. Çoğu VoIP, ağın tercih ettiği iletim katmanı protokollerinden olan UDP protokolünün bağlantısız bir protokol olmasından dolayı kaybolan paketleri tekrar göndermez. Eğer bir ses paketi zamanında hedefe ulaşılmazsa söz konusu paket VoIP uygulaması tarafından atılır (Hartpence, 2013).

Bu çalışmada, kampüs ağlarında arkaplan trafiğinin IP-tabanlı telefon sistemlerin ses kalitesi üzerindeki etkisi araştırıldı. Ses kalitesini iyileştirmek, gecikmeleri azaltmak ve paket kayıplarının önüne geçmek için ses paketleri için Cisco 2960 serisinin yönetilebilir anahtarları kullanarak ayrı bir VLAN tanımladı ve arkaplan trafiği kontrol altına alındı. Analiz işlemleri için Iperf , Wireshark araçları ile birlikte OPNET simülasyon yazılımı kullanıldı.

Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Birçok ağda olduğu gibi kampüs ağlarında da bant genişliğinin önemli bir kısmı, P2P gibi arkaplan yada dosya paylaşımı olarak adlandırılan ve yoğun bir şekilde internet trafiği üreten uygulamalar tarafından tüketilmektedir. Bu kısımda, konumuzun esas temasını ilgilendiren P2P trafiği ve VoIP konuları dikkate alınarak öz bir literatür taraması yapıldı.

Bolla et al. (2008), P2P trafiğinin kampüs ağı üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve bunun için Content Transfer Index (CTI) olarak isimlendirdikleri yeni bir ölçme metodu sunmuşlardır. CTI metodu, eDonkey ve bittorrent trafiklerini sınıflandırmak için uygulanmış ve bittorrent etkisinin ağ üzerinde daha fazla olduğu ortaya konulmuştur. Bittorrent yazılımının piyasaya çıktığı 2001 yılından bu yana hala etkisini sürdürmesi bir çok çalışmaya konu olmakla birlikte bizim çalışmamızda da üstesinden gelinmesi gereken bir sorun olarak vurgulanmıştır. Harrington et al. (2007), bittorrent trafiğinin sistem kaynakları üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve söz konusu trafiğin karşı sistemlerin kaynaklarını ciddi şekilde tükettikleri tezini ortaya atmışlardır. Paylaşım programlarının ağ

kaynaklarını önemli ölçüde sömürdükleri ve önlem alınmadığı takdirde ciddi performans sorunları ortaya çıkacağı muhakkaktır. Yazarların ulaştığı bu sonuç bizim çalışmamızla örtüşmektedir. Fras et al. (2008) P2P trafiğinin ağ üzerindeki etkisini araştırmak için OPNET simülasyon aracını kullanmışlardır. Çalışmada P2P trafiğinin ağ üzerinde ciddi olumsuz etkileri olduğunu ve ağ performansını düşürdüğü sonucuna varmışlardır. Nychis and Licata (2001) arkaplan (P2P trafiği) olarak adlandırılan karanlık web trafiğinin, ön plan (web trafiği) olarak adlandırılan normal trafik üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Nisar et al. (2009) VoIP tabanlı gerçekleştirilen internet görüşme gecikmelerini karşılıklı telefon kullanılarak ve P2P etkisini dikkate alarak araştırmışlardır. Yazarlar çalışmalarından test amaçlı olarak cisco 3700 serisi routerler ve Cisco serisi IP telefonlar kullanırken, mevcut çalışmamızda Cisco 2960 serisi switchler, Cisco 4500 serisi routerler ve LG-ERICSSON serisi IP telefonlar kullanılmıştır. Prihatini et al. (2009) İnternet tabanlı telefonların ağ performanslarını MOS (Mean Opinion Score), eko, PDD (Post Dialing Delay) ve jitter kullanarak analiz etmişlerdir.

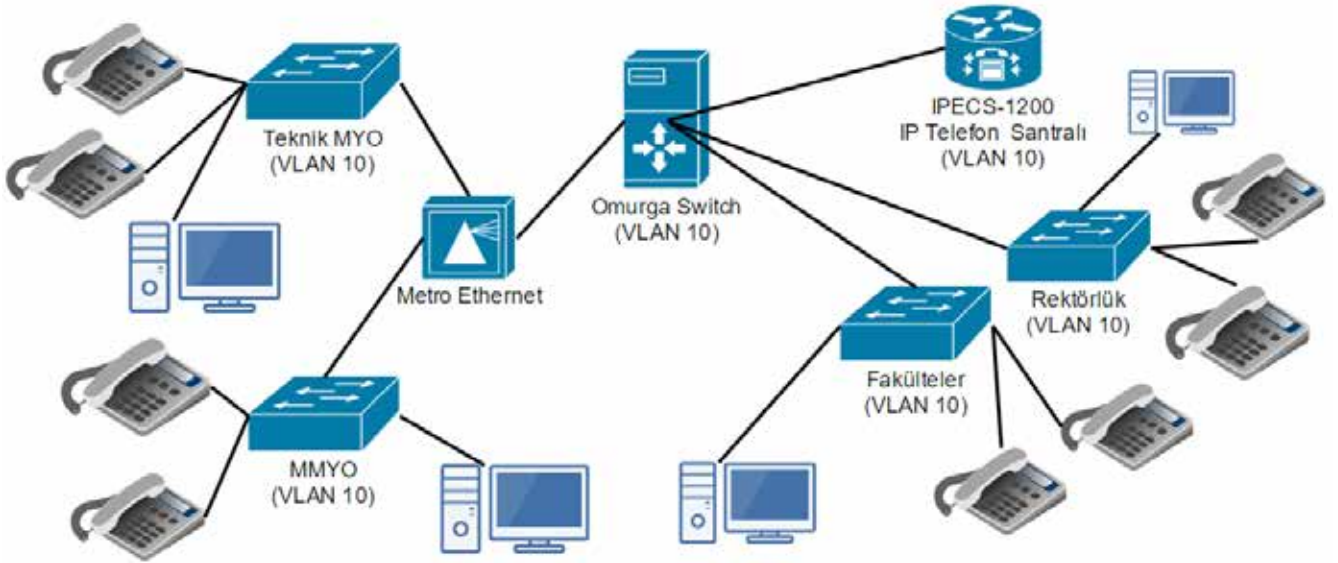
Yukarıda zikredilen çalışmaların kullanmış olduğu simülasyon yazılımları ve test ortamları bizim çalışmamızla benzerlik göstermesine rağmen çalışmamızdaki son sürüm simülasyon yazılımının kullanılması, daha yeni model cisco serisi ağ cihazlarının kullanılması ve daha popüler noktadan noktaya test araçlarını bir üniversite kampüsündeki ses kalitesini etkileyen darboğazları aşmak için kullanılması bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Diğer bir ifadeyle özel bir kampüs ağında tek bir hat üzerinde data, ses ve video paketlerini mümkün olduğu kadar az kayıpla iletmek ve bunları olumsuz etkileyen sorunları minimize etmek bu çalışmanın esas konusunu teşkil etmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kampüs ağlarında arkaplan trafiğinin IP-tabanlı telefon sistemlerin ses kalitesi üzerindeki etkisini araştırmak için Muş Alparslan Üniversitesi'nin tüm yerleşkelerini bağlayan ağ altyapısı test ortamı olarak kullanıldı. Kampüs ağı ortamında Cisco 4506E serisinden merkezi bir omurga anahtar (switch) ve Cisco

2960 serisinden kenar anahtarlar kullanılmaktadır. Ses iletimi için her birimde Cisco PoE (Power over Ethernet) destekli anahtarlar kullanılmakta ve IP telefonlar doğrudan anahtarlara bağlanmaktadır. IP telefonlar için ayrıca harici bir besleme adaptörü yada bir besleme kablosu zorunlu durumlar dışında kullanılmamaktadır. IP telefon bağlantıları için data ve enerji aynı kablo üzerinden sağlanmakta ve Kampüs içindeki tüm birimlerin bağlantısı single mode fiber kablolar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Kampüs dışında kalan birimler ise metro Ethernet üzerinden ve Cisco 3650 serisindeki anahtarlar ile omurga anahtara bağlanmaktadır. Başlangıçta başta VoIP santral olmak üzere ve IP-tabanlı telefonlarda, VLAN tanımlanmadan ayarlandı ve uzun süre kullanıldı. Ancak öğrenci ve personelin artışıyla birlikte artan ağ trafiği, torrent kullanan kullanıcı sayısının artması ve eş zamanlı olarak yapılan dahili ve harici görüşmeler

ses kalitesinde önemli düşmelere hatta zaman zaman kopmalara neden oldu. Mevcut sorunları çözmek ve ses kalitesini iyileştirmek için şifresiz olarak girilen internet kullanımı kişi bazında belli bir bant genişliği tanımlanarak Linux çekirdekli Mikrotik tabanlı güvenlik duvarı ve hotspot sistemi kullanılarak kısmen çözümlenmesine rağmen tam olarak istenen netice elde edilemedi. Nihai olarak ses paketlerine öncelik vermek ve ses trafiğini aynı ağ üzerinde ancak farklı bir sanal ağda taşımak için VLAN yapısına geçildi. Kampüs ağında (172.16.0.0/22) kullanılan birçok cihazda kopmaların önüne geçmek ve ses paketlerine öncelik vermek için özel bir VLAN tanımlandı. Şekil 1'de gösterildiği gibi VLAN 10, kampüs ağı ve haricteki yerleşkelerde kullanılan telefon altyapısının tamamında kullanıldı.



Şekil 1. Muş Alparslan Üniversitesi VoIP Santral ve IP Telefon Bağlantı Şeması

VLAN tanımlama işlemi önce omurga anahtarında ardından kenar anahtarların tamamında ve son olarak tüm IP telefonlarda tanımlandı. VLAN tanımlanmasının yanında IP-tabanlı telefonlarda öncelik (priority) özelliği etkinleştirildi ve bu özelliğe bir değer atandı.

Çalışmanın olumlu neticelerini görmek için VLAN 10, yönetilebilir Cisco anahtarların kullanıldığı birimlerin tamamında tanımlandı. Bazı birimlerde kullanılan HP anahtarları VoIP VLAN bilgisini doğrudan taşımışlardır. Bunlarda herhangi bir konfigürasyon

değişikliği yapılmamıştır. Mevcut network trafiği varsayılan VLAN üzerinde çalışmaya devam etmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Noktadan Noktaya Bant Genişliği Testi

İki nokta arasında bant genişliği ve verimlilik testlerini yapmak için açık kaynak olarak kullanıma sunulan IPerf aracı kullanıldı. Iperf aracı istemci/sunucu mimarisine göre çalışan ve istemciden sunucuya

akan trafiği test eden bir konsol uygulamasıdır. Şekil 2'de gösterildiği gibi Merkezi Derslikler birimindeki IP telefon trafiğinin 2 saatlik kullanım değerleri elde edilerek incelenmesi sonucunda sesin en yüksek 1364 kbit/s bant genişliği kullandığını ve en düşük olarak ta 17 kbit/s bant genişliği kullandığını ifade etmek mümkün olmaktadır. Gerek Mühendislik biriminde gerekse Merkezi Derslikler'de aynı anahtara bağlı iki farklı noktadaki IP telefonun bağlı bulunduğu data hattı karşılıklı olarak Iperf kullanılarak test edildi. Ağ ortamında çalışan cihazların verimlilik (throughput) testi darboğazları aşmak, sorunları gidermek, gecikmeleri tespit etmek, paket kayıplarını görmek ve çözüme daha emin adımlarla gitmek için büyük önem arz etmektedir. Iperf ile iki nokta arasında hem OSI modelinin dördüncü katmanında yer alan TCP (Transport Control Protocol) hem de aynı katmanda yer alan UDP (User Datagram Protocol) protokollerin performansı ölçüldü. Ağ ortamında iki nokta arasındaki bant genişliğini sağlıklı olarak ölçmek için istemci ve sunucu olarak kullanılan her iki bilgisayarda da Iperf uygulamasının dışında herhangi bir uygulama çalıştırılmadı. Çünkü test işlemi esnasında başka uygulamaların çalışıyor olması sistem kaynaklarını meşgul edeceğinden dosya iletim performansı olumsuz etkilenebilecektir. Iperf aracı, sunucu olarak kullanılan ve bağlanılacak bilgisayarda konsol ekranında iken aşağıdaki parametreler ile çalıştırıldı:

iperf -s -u -P 0 -i 1 -p 5001 -f M

Bu komut satırının ardında istemci olarak yani sunucuya 5001 portu üzerinde bilgi gönderecek bilgisayarda da yeni komut satırı şu şekilde çalıştırıldı:

iperf -c 10.4.1.33 -u -P 1 -i 1 -p 5001 -f M -b 100.0M -t 30 -T 1

Burada kullanılan -c parametresi komutun istemci (client) tarafından çalıştırıldığını ve IP adresi (10.4.1.33) paket gönderilecek sunucuyu tanımlamaktadır.

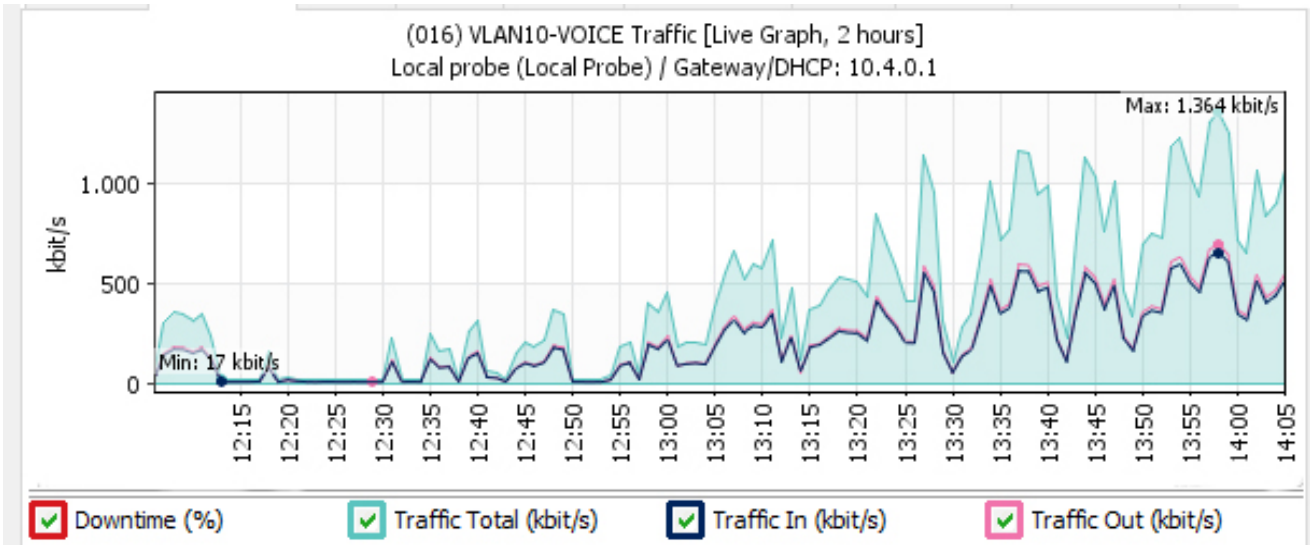
-P parametresi eş zamanlı olarak çalıştırılacak veri akımlarını ifade ederken, -i1 parametresi bant genişliği raporlamak için ilgili zaman aralığını saniye cinsinden ifade eder. -p 5001 ise bağlanılacak sunucu portunu ifade eder. -f (k) parametresi sonuçların bit (b), Byte (B), Kbit (k), KByte (K), Mbit (m), MByte (M), GBit (g) yâda GByte (G) olarak ifade edilmesini sağlar. -t30 parametresi test işleminin 30 saniye süre ile gerçekleştirileceğini ifade eder. Bu aşamada hem bant genişliği test edildi hem de hattın yoğun olarak kullanılabilirliğini göstermek için dalgalanma (jitter) ölçüldü. Şekil 3'te gösterildiği gibi istemci (Client) tarafından bant genişliğinin ortalama değeri 12 MByte/s olarak ölçülürken, Şekil 4'te gösterildiği gibi sunucu (server) tarafında ise bant genişliği 3.77 Mbyte/s olarak ölçüldü. Aynı grafikte dalgalanma (jitter) 1 milli saniyeden küçük olarak ölçüldü. Ağ gecikmeleri iletim ve kuyruklama gecikmelerinin toplamıdır. ITU (International Telecommunication Union) tarafından önerilen gecikme Çizelge 1'de gösterildiği gibi 150 ms olarak ifade edilmektedir. Ancak 150-300 ms arasındaki gecikme kabul edilebilir bir gecikme olarak kabul edilir. Eğer gecikme 300 ms den büyükse bunun mutlaka düşürülmesi gerekmektedir.

Çizelge 1. VoIP kalite ölçümü [3]

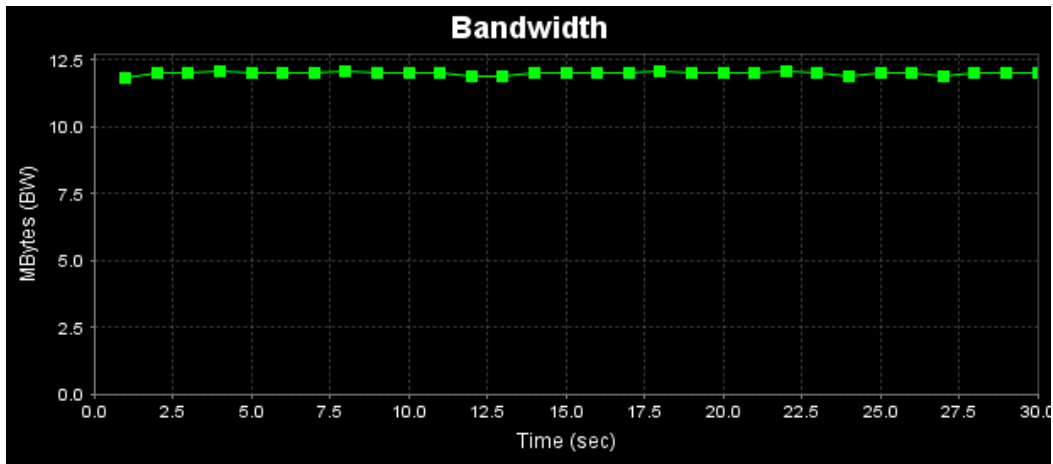
Ağ parametresi	İyi	Kabul edilebilir	Zayıf
Gecikme (ms)	0-150	150-300	>300
Dalgalanma (ms)	0-20	20-50	>50
Paket kaybı	% (0-0.5)	% (0.5-1.5)	>%1.5

Çizelge 1'de gösterildiği gibi Merkezi Derslikler'de kullanılan IP telefonlar arasındaki dalgalanma değerinin 0-20 ms arasında olması iyi bir değer olarak

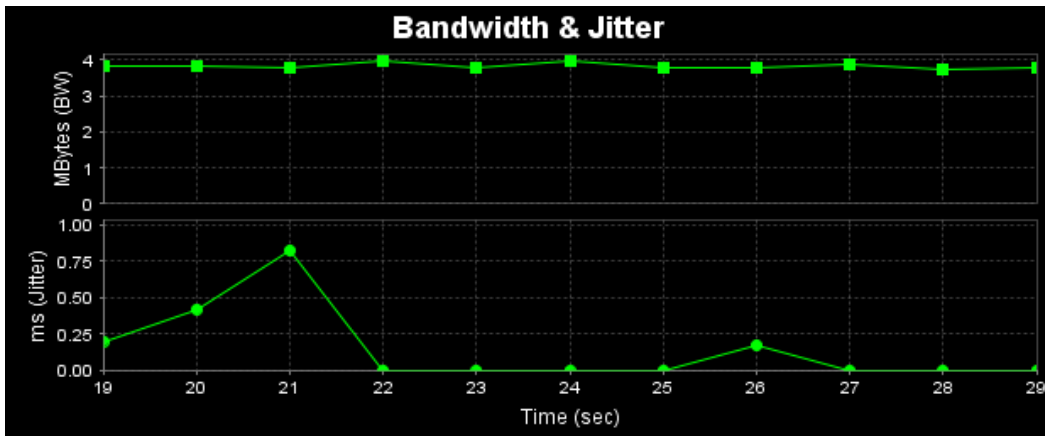
değerlendirilmektedir. Bu da sesin yankılanmadan, gecikmeden ve kayıpsız olarak karşıya iletilebildiği anlamına gelmektedir.



Şekil 2. Merkezi Derslikler VLAN 10 ses trafiği



Şekil 3. İstemci tarafından ölçülen bat genişliği



Şekil 4. Sunucu tarafından ölçülen bat genişliği ve ses dalgalanma grafiği

Ağ Trafik Analizi

Ağdaki trafik tipini tanımlamak ve hangi protokolün daha ağırlıklı olarak kullanıldığını tespit etmek için en yaygın olarak kullanılan metod trafik sınıflandırmadır. Protokoller bazında bir sınıflandırmayı ifade eden ve belli bir süre izlenen ağ trafiğine ait paketlerin ait oldukları protokoller hiyerarşik olarak Wireshark açık kaynak kodlu yazılım kullanılarak Çizelge 2'de gösterilmektedir. Söz konusu şekilde görüldüğü gibi analiz edilen paketlerin tamamı, diğer bir ifadeyle yüzde yüzü (475.555 paket) Ethernet protokolü olarak gösterilmiştir. Çünkü mevcut bilgiler Ethernet

kartı ve yazılım tarafından bağlı bulunan ortamdan yakalanmaktadır. IPv4 (ip) toplam paketlerin %93'ünü, udp toplam paketlerin %77'sini, NetBIOS Name Service (nbns) protokolü toplam paketlerin %3,1'ini, dns protokolü toplam paketlerin %0,7'sini, tcp toplam paketlerin %15.9'unu, bittorrent protokolü toplam paketlerin %0,6'sını, http, toplam paketlerin %0.2'sini, IPv6 protokolü toplam paketlerin %5'ini, udp toplam paketlerin %5.1'ini ve arp toplam paketlerin %1.0'ını teşkil etmektedir. Bunun gibi birçok protokolün o anki veri setindeki ağırlığını birçok açıdan değerlendirmek mümkündür.

Çizelge 2. Veri paketlerinin protokol bazında gösterimi (Pala, 2016)

Protokol	İletilen Paketler (%)	Protokol	İletilen Paketler (%)
Ethernet	100	Tcp	15.9
IPv4	93	Bitorrent	0.6
Udp	77	http	0.2
Nbns	3.1	IPv6	5.0
Dns	0.7	arp	1.0

Wireshark programı kullanılarak ağ ortamında bittorrent protokol trafiğini izlemek ve analiz etmek için filtre olarak bittorrent ifadesi kullanıldı. Mühendislik biriminde bittorrent kullanan kullanıcıların mevcut trafiğe oranla oldukça küçük bir yüzdelik (%0.6) teşkil ettiği görülmüştür. Ancak bu oran kampüsün diğer biremlerinde oldukça yüksektir.

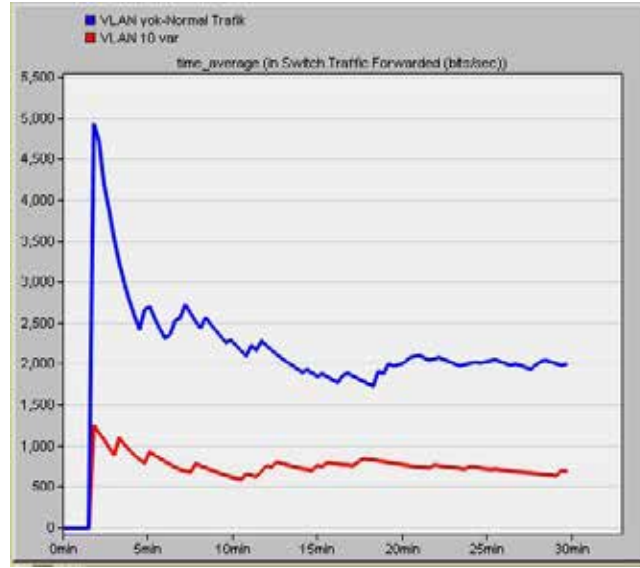
İlgili birimde bittorrentlerin testin yapıldığı zaman diliminde çok etkin olmadığını, ancak zaman zaman bittorrent kontrolü yapmak gerektiği hususu özellikle gözden kaçırılmaması gereken bir durumdur. Çünkü bittorrent ve aynı kategoride değerlendirilen yazılımlar paralel mantıkla dosya indirme yada gönderme yaptıklarından dolayı ağın bant genişliğini daha fazla kullanmak ve ses paketlerini daha fazla etkileme potansiyeline sahip bulunmaktadırlar.

OPNET ile VLAN Performans Testi

Kampüs ağının VLAN tanımlanmadan ve VLAN tanımlandıktan sonraki veri iletim durumlarını karşılaştırmak için Riverbed Modeler Academic Edition 17.5 PL6 (önceki adı OPNET) simülasyon yazılımı kullanılmıştır.

OPNET ortamında kurgulanan kampüs ağı için iki farklı senaryo tanımlanmıştır. Bunlardan birincisinde herhangi bir VLAN tanımlanmamış ve kampüsün önceki ağ durumu gösterilmeye çalışılmıştır. İkincisinde ise başta ses iletimi olmak üzere her birim için ayrı VLAN'lar tanımlanmış ve gerçekleştirilen 30 dakikalık simülasyonlarla elde edilen sonuçlar önceki durum ile karşılaştırılmıştır.

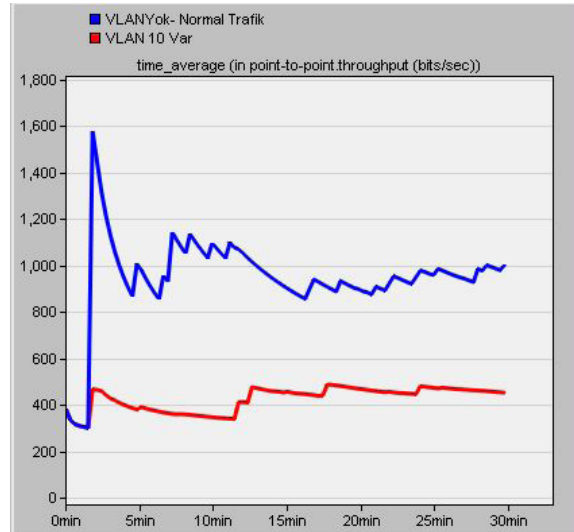
Sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterildiği gibi bir ağ cihazı üzerinden iletilen trafik ve iki nokta arasında iletilen verinin verimlilik grafikleri verilmiştir.



Şekil 5. VLAN'lı ve VLAN'sız cihaz üzerinden iletilen trafik

VLAN tanımlanmadan önce ağda çok daha fazla trafik mevcuttur ve tüm cihazla bu fazla trafik tarafından meşgul edilmektedir. Ancak VLAN tanımlandıktan sonra mevcut trafiğin neredeyse yüzde yüzden fazla

düştüğü verilen grafiklerde görülmektedir. VLAN kullanmanın diğer birimlerde fazla ve gereksiz trafiğinin önüne geçildiğini, bundan dolayı bant genişliğinin daha verimli kullanılabildiğini söylemek mümkündür.



Şekil 6. VLAN'lı ve VLAN'sız durumda iki nokta arasındaki bant genişliği

SONUÇ

Kampüs ağlarında performans, verimlilik ve güvenlik için sistem altyapısı sürekli kontrol altında tutularak zaman zaman genel kontrol testleri yapılmalıdır. Çünkü ses paketlerinin öncelikli olarak iletilmemesi ciddi gecikme ve paket kayıpları ile sonuçlanmaktadır. Başlangıçta veri ve ses aynı ortamında ve 172.16.0.0/22

ağı üzerinde iletilen MŞÜ kampüs ağında, artan trafiğe bağlı olarak düşen ses kalitesini iyileştirmek için yapılan testlerden sonra VLAN yapısına geçildi ve ses trafiği ayrı bir VLAN üzerinde ve 10.1.0.0/22 ağı kullanılarak taşındı. Böylece hem dalgalanmaların hem de gecikmelerin önüne geçilmiş oldu. Chen et al., (2010) yaptıkları çalışmada, gecikmelerin VoIP'i olumsuz

etkilediğini göstermişlerdir. Bu husus ile çalışmamızdaki gecikmelerin önüne geçen VLAN tanımlanmasının olumlu etkisi örtüşmektedir. Ayrıca ağ trafiğindeki paketler analiz edilerek P2P trafiğinin ağdaki ağırlığı ortaya çıkarıldı ve P2P trafiğini engelleyici anlamda, özel bant genişliği tanımlanarak gerekli adımlar atıldı.

Kampüsün birden fazla noktasında yapılan testlerde ses paketlerine ait gecikmelerin %0.5 ten büyük olmadığı, dalgalanmaların 0-20 ms aralığında ve paket gecikmelerinin ise 0-150 ms aralığında kalarak normal olarak kabul edilen çalışma değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Agrisani L, Capriglinoe D, Ferrigno L, Miele G, 2016. Measurement of the IP packet delay variation for a reliable estimation of the mean opinion score in VoIP services Tech. Conf. Proc, 23-26 May, pp.1-6.
- Ashraf MT, Davies JN, Grout V, 2009. An investigation into the effect of security on performance in a VoIP Network, Proceedings of the Fifth Collaborative Research Symposium on Security, E-Learning, Internet and Networking, Darmstadt, Germany, 26-27 November, pp. 15-28.
- Bolla R, Canini M, Rapuzzi R, Sciuto M, 2008. Characterizing the network behavior of P2P traffic. Tel. on Net. Workshop on QoS in Multiservice IP Networks, 13-15 Feb. pp.14-19.
- Chen KT, L JK, 2010. Toward an Understanding of the Processing Delay of Peer-to-Peer Relay Nodes, Int. Conference on Dependable Systems & Networks: Anchorage, Alaska, June 24-27. pp. 410-419.
- Fras M, Klampfer S, Cucej Z, 2008. Impact of P2P traffic on IP communication networks' performances. Systems, Signals and Image Processing, 15th International Conference, June 25-28, pp. 205-208.
- Hartpence B, 2013. Packet Guide to Voice over IP, O'reilly press.
- Harrington J, Kuwanoe C, Zou C.C, 2007. A Bittorrent-driven distributed. Security and Privacy in Communications Networks and the Workshops, September 17-21, pp.261-268.
- Lu H, Wu C, 2010. Identification of P2P traffic in campus network. Computer Application and System Modeling (ICCAS), International Conference, October 22-24, pp. 21-23
- Nisar K, Hasbullah H, Said AM, 2009. Internet Call Delay on Peer to Peer and Phone to Phone VoIP Network, Computer Engineering and Technology, International Conference, 22-24 Jan, pp.517-520.
- Nychis G, Licata D.R, 2001. The impact of Background Network Traffic on foreground network traffic. The proceeding of the IEEE global Telecommunications conference, pp.1-16
- Pala Z, 2016. Classification and Analysis of Campus Network Traffic. International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16), March 19-20, Kilis, pp.47-61.
- Prihatini Y.I, Murwanto WNC, Permadi A, Munadi R, 2009. Network Performance Analysis of Internet Telephony on SIP in ENUM Implementation, vol.2, pp.268-272, 13-15 Nov.
- Satapathy A, Livingston LMJ, 2016. A Comprehensive Survey of Security Issues and Defense Framework for VoIP Cloud. Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(6).
- Yu J, Ajarmeh IA, 2008. Design and Traffic Engineering of VoIP Enterprise and Carrier Networks, Int. J. on Advances in Telecommunications, Cilt 1, No 1.

Zooplanktonik Organizmaların Manyas Barajında (Balıkesir) Mevsimsel Değişimi ve Bazı Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerle Olan İlişkileri

Kemal ÇELİK¹, Elif GİRİTLİOĞLU¹

ÖZET: Bu çalışmanın amacı Balıkesir ili sınırları içerisindeki Manyas Barajı zooplanktonik organizmaların mevsimsel değişimlerinin bazı fizikokimyasal parametrelerle olan ilişkilerinin incelenmesidir. Örnekler, Şubat 2011 ile Kasım 2011 tarihleri arasında 3 istasyondan mevsimsel olarak 50 cm çaplı ve 55µm gözenek açıklığı olan bir plankton kepçesiyle dikey çekimle alındı. Tespit edilen türlerin yoğunlukları ile su sıcaklığı, Secchi diski derinliği, pH, nitrat (NO₃), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP) ve fosfat (PO₄) arasındaki ilişkiler Kanonik uyum analizi (CCA) ile tespit edildi. Rotifera'dan *Polyarthra dolichoptera* türü kış mevsiminde ve *Synchaeta pectinata* türü sonbahar mevsiminde baskın olarak tespit edildi. Cladocera'dan *Bosmina longirostris* ve *Ceriodaphnia pulchella* yaz mevsiminde, Copepoda'dan *Cyclops vicinus* ilkbaharda ve *Thermocyclops crassus* yaz mevsiminde baskın türler olarak tespit edildiler. CCA analizleri, tespit edilen baskın türlerin çoğunun ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerin zooplanktonik organizmaların ılıman bölge göllerindeki mevsimsel dağılımlında büyük öneme sahip olduklarını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Fizikokimyasal parametreler, Manyas Barajı, Zooplankton

The Seasonal Distribution of Zooplanktonic Organisms and their Relationships with Certain Physical and Chemical Parameters in the Manyas Reservoir (Balıkesir)

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the seasonal dynamics of zooplankton in the Manyas Reservoir located in the city limits of Balıkesir, Turkey. Water samples were taken vertically at three stations between February 2011 and November 2011 seasonally using a net with 50 cm diameter and 55 micron pore size. The abundance of zooplankton species and their relationships with water temperature, Secchi disk depth, pH, Nitrate (NO₃), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and phosphate (PO₄) were analyzed using canonical correspondence analysis (CCA). *Polyarthra dolichoptera* (Rotifere) was dominant in winter, *Synchaeta pectinata* (Rotifere) in fall, *Bosmina longirostris* (Cladocera) and *Ceriodaphnia pulchella* (Cladocera) in winter, *Cyclops vicinus* (Copepoda) in spring and *Thermocyclops crassus* (Copepoda) was dominant in summer. CCA analysis showed that the measured physical and chemical parameters played an important role on the seasonal distribution of zooplanktonic organisms in temperate lakes.

Keywords: Manyas Reservoir, Physicochemical parameters, Zooplankton

¹ Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Balıkesir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Kemal ÇELİK, kcelik@balikesir.edu.tr

GİRİŞ

Zooplanktonik organizmalar sucul besin zincirinin ikinci halkasını oluşturup birincil üreticilerin ürettikleri besin ve enerjinin üst basamaklara geçişinde köprü görevi görürler. Herbivor zooplanktonik türler, fitoplanktonla beslenerek bolluğunu önemli ölçüde kontrol altına almak suretiyle göllerin berraklaşmasını sağlayabilir. Zooplankton, aynı zamanda sudaki bazı omurgasızlar, balık larvaları ve memelilerin besin kaynağını oluşturur (Wallace and Smith, 2009).

Tatlı su ekosisteminde bulunan zooplanktonik organizmalar Rotifera, Cladocera ve Copepoda olmak üzere başlıca üç grupta incelenir. Cladocera üyeleri ekolojik toksisite testlerinde bioindikatör olarak kullanılabilir (Dodson et al., 2010). Copepoda üyeleri suyla geçen bazı patojenler için taşıyıcı ajan olabilmektedirler (Turner et al., 2009). Rotifera üyeleri, çevresel değişikliklere karşı gösterdikleri hızlı tepkilerle göllerde trofik durum indikatörü olarak kullanılabilirler (Sladeczek, 1983).

Zooplankton türlerinin bazıları, su sistemlerinin besinsel tuz miktarı, pH değerleri, balık yoğunluğu, kirleticiler tarafından kontamine olup olmaması ve sediment yapısı hakkında detaylı bilgiler sağlamaktadır. (Özhan, 2007). Bu nedenle bolluğu ve çeşitliliği bir suda ne denli zengin ise, onunla beslenen

hayvansal organizmalar da özellikle biyokütle bakımından o denli zengin olur.

Zooplanktonik organizmaların akarsu ve göllerdeki yoğunluğu ve sayısı, bulunduğu yere, suyun kalitesine ve bulunan mevsime göre önemli farklılıklar göstermektedir. Bu organizmalarda ortaya çıkan bu farklılıklar ise sudaki besin piramidinin üst basamağındaki canlı gruplarını önemli oranda etkilemektedir (Günsel, 2009).

Bu çalışmanın amacı Balıkesir ili sınırları içerisindeki Manyas Barajı'nın zooplanktonik organizmalarının mevsimsel değişimlerinin barajın bazı fizikokimyasal parametreleriyle olan ilişkilerini incelemesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Manyas Baraj Gölü, Balıkesir'in Manyas ilçesinin 18.5 km güneybatısında Susurluk havzasında yer alır. Baraj gölü, Kocaçay üzerinde kurulmuş olup sulama, taşkınları önleme ve enerji üretimi için yapılmıştır (DSİ, 1995). Baraj gölünde 1993 yılında ilk defa su tutmasıyla birlikte 2009 yılında faaliyete girmiştir. Barajın gövde hacmi 3.3 hm³, yüksekliği 74 metre, normal su kotunda göl hacmi 404 hm³, normal su kotunda göl alanı ise 16.8 km² dir (Şekil 1).



Şekil 1. Manyas Baraj Gölü ve örnekleme istasyonlarının haritası

Örnekleme Şubat 2011 ile Kasım 2011 tarihleri arasında 3 istasyondan mevsimsel olarak yapıldı.

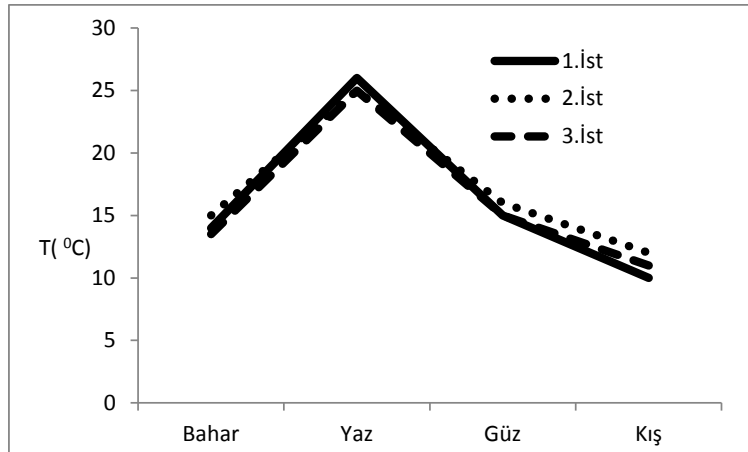
Zooplankton örnekleri 55 mikron göz aralığına sahip hensen tipi Hydro-Bios Kiel marka plankton kepçesi kullanılarak dikey çekimle alınıp 250 ml'lik plastik kaplara konuldu ve %4'lük formaldehit ile tespit edildi. 250 ml'lik kaplardan homojen olacak şekilde 1 cc'lik örnekler alınarak sayım lamında iki kez sayım yapıp aritmetik ortalamaları alınarak 1 m³'deki birey sayısı hesaplandı.

Zooplankton türlerinin teşhisi için bir inverted mikroskop kullanıldı. Türlerin taksonomik teşhisinde Edmondson (1959), Ward ve Whipple (1945), Dodson et al. (2010), Smirnov (1996), De Smet (1997), Segers (1995), Nogrady ve Segers (2002) ve Wallace ve Snell (2010) den yararlandı.

Su sıcaklığı ve pH bir YSI probu ile yerinde ölçüldü. Secchi diski derinliği her istasyonda düzenli olarak ölçüldü. Nitrat azotu (NO₃), toplam azot (TN), fosfat (PO₄) ve toplam fosfor (TP) standart metotlara göre (APHA, 1995) spektrofotometrik olarak tayin edildi. Tespit edilen türlerin yoğunlukları ile fiziksel ve kimyasal parametreler arasındaki ilişkiler kanonik uum analizi (CCA) ile tayin edildi. CCA analizi CANOCO v.4.5 paket program (ter Braak and Smilauer, 2002) paket programı kullanılarak yapıldı.

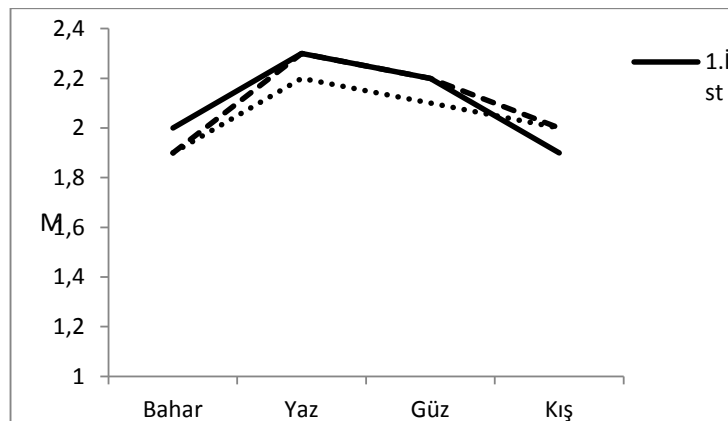
BULGULAR VE TARTIŞMA

Maksimum sıcaklık 2011 yılının Yaz mevsiminde her üç istasyonda da 25 °C olarak kaydedilirken, minimum sıcaklık kış mevsiminde 1. istasyonda 10°C olarak kaydedildi (Şekil 2).



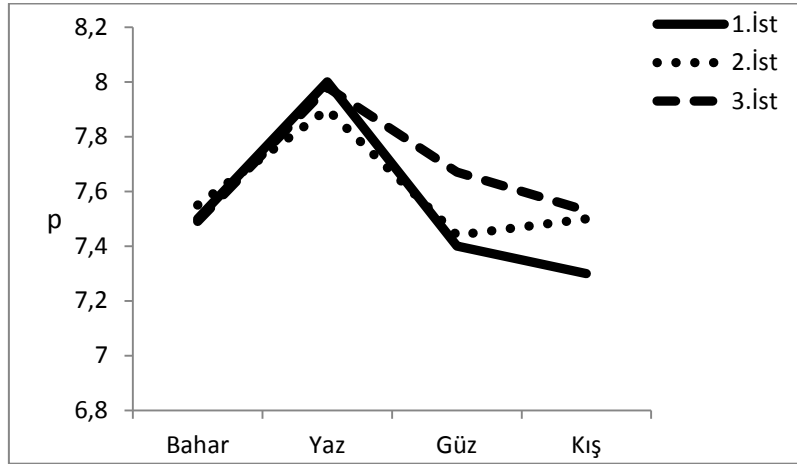
Şekil 2. Manyas Barajında su sıcaklığının mevsimsel değişimi

Maksimum Secchi diski derinliği 2011 yılının yaz mevsiminde 1. ve 3. istasyonda 2.3 m olarak ölçülürken, minimum Secchi diski derinliği 2. ve 3. istasyonlarda 1.9 m olarak ölçüldü (Şekil 3).



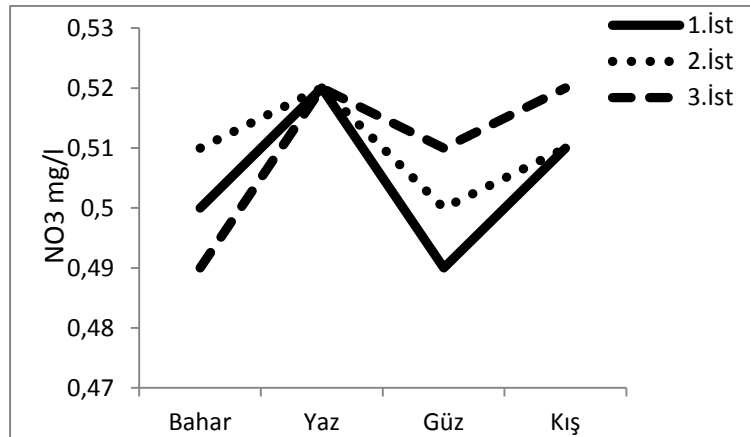
Şekil 3. Manyas Barajında Secchi diski derinliğinin mevsimsel değişimi

Maksimum pH 1. ve 3. istasyonlarda yaz kış mevsiminde 1. istasyonda 7.3 olarak ölçüldü mevsiminde 8 olarak ölçüldü ve minimum pH (Şekil 4).



Şekil 4. Manyas Barajında pH'in mevsimsel değişimi

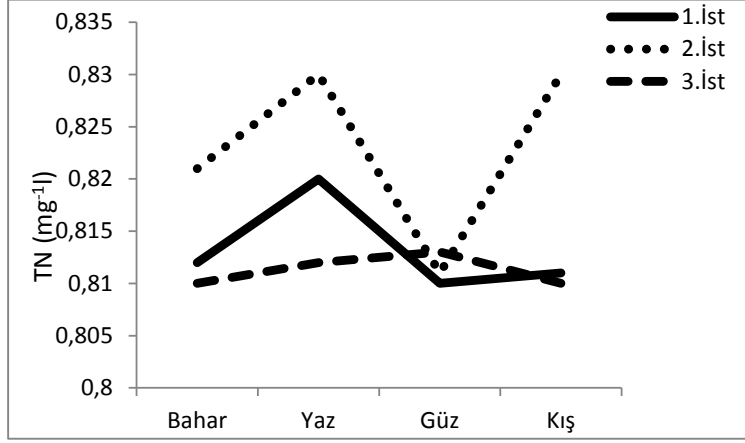
Maksimum nitrat azotu 2011 yılının yaz kaydedilirken, minimum nitrat azotu güz mevsiminde mevsiminde her üç 3. istasyonda 0.52 mgL^{-1} olarak 1. istasyonda 0.49 mgL^{-1} olarak kaydedildi (Şekil 5).



Şekil 5. Manyas Barajında Nitrat'ın mevsimsel değişimi

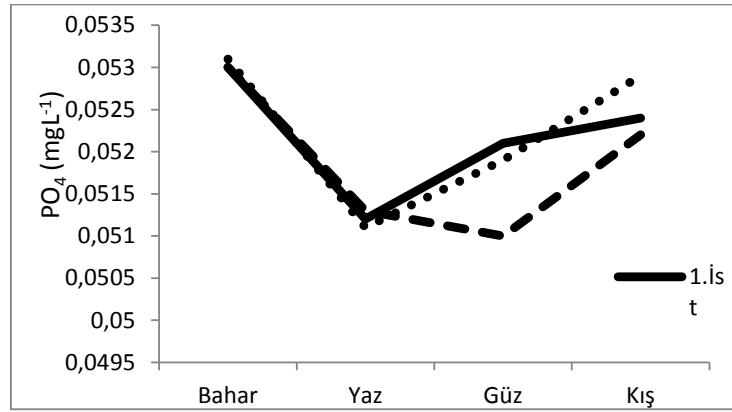
Maksimum toplam azot 0.83 mg L^{-1} olarak son bahar ve kış mevsimlerinde ikinci istasyonda ölçüldü.

Minimum toplam azot 0.8 mg L^{-1} olarak ilkbahar ve kış mevsimlerinde 3. istasyonda ölçüldü (Şekil 6).



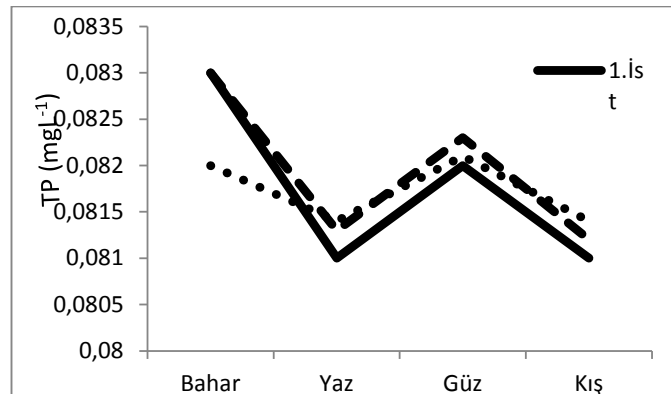
Şekil 6. Manyas Barajında toplam azot'un mevsimsel değişimi

Maksimum fosfat derişimi 0.053 mg L^{-1} olarak ilkbaharda ölçüldü ve minimum 0.051 mg L^{-1} sonbaharda ölçüldü (Şekil 7).



Şekil 7. Manyas Barajında fosfat'ın mevsimsel değişimi

Maksimum toplam fosfor (TP) derişimi 0.083 mg L^{-1} olarak 1. ve 3. istasyonlarda bahar mevsiminde, minimum TP derişimi 0.081 mg L^{-1} olarak yaz ve kış mevsimlerinde 1. istasyonda ölçüldü (Şekil 8).



Şekil 8. Manyas Barajında toplam fosfor'un mevsimsel değişimi

Manyas barajında, Rotifera'dan 11 familyaya ait 24 tür tespit edilip bunlardan baskın olanları *Polyarthradolichoptera* Idelson, 1925 kış mevsiminde ve *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832 da sonbahar mevsiminde baskın olmuştur. *Brachionus angularis* Gosse, 1851 en yüksek popülasyon yoğunluğuna yaz mevsiminde üçüncü istasyonunda (85 birey M⁻³)'e ulaşmıştır. *B. angularis* kozmopolit bir tür olup Türkiye göllerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Ergönül ve ark., 2016).

Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1832 türüne sadece yaz mevsiminde rastlanılmış olup 152 birey M⁻³ lük bir popülasyon yoğunluğuna ulaşmıştır. *Hexarthra intermedia* Wiszniewski, 1929 türüne sadece yaz mevsiminde rastlanmış olup, maksimum popülasyon yoğunluğu 95 bireyM⁻³ tür olarak tespit edildi. *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850 türüne her mevsim rastlanmış olup, maksimum popülasyon yoğunluğu (863 bireyM⁻³) yaz mevsiminde ölçülmüştür. *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 her mevsim rastlanmış olup, maksimum popülasyon yoğunluğuna kış mevsiminde 2. istasyonunda (5233 bireyM⁻³) rastlanılmıştır. *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832 her mevsim rastlanmış olup maksimum popülasyon yoğunluğuna sonbahar mevsiminde 1. istasyonunda (221 bireyM⁻³) ulaşmıştır. *S. pectinata*

Dünya çapında kozmopolit bir tür olup tatlı sularda yaygın olarak bulunur (Pociecha and Wilk-Woñniak, 2008). CCA analizinde de herhangi bir parametreyle yakın ilişki göstermemesi kozmopolit olduğunun göstergesidir.

Pompholyx sulcata Hudson, 1885 her mevsim rastlanmıştır. Maksimum popülasyon yoğunluğuna yaz mevsiminde 2. istasyonunda (138 bireyM⁻³) ulaşmıştır. *P. sulcata* stenoterm bir yaz türü olarak biliniyor (Fussmann, 1993).

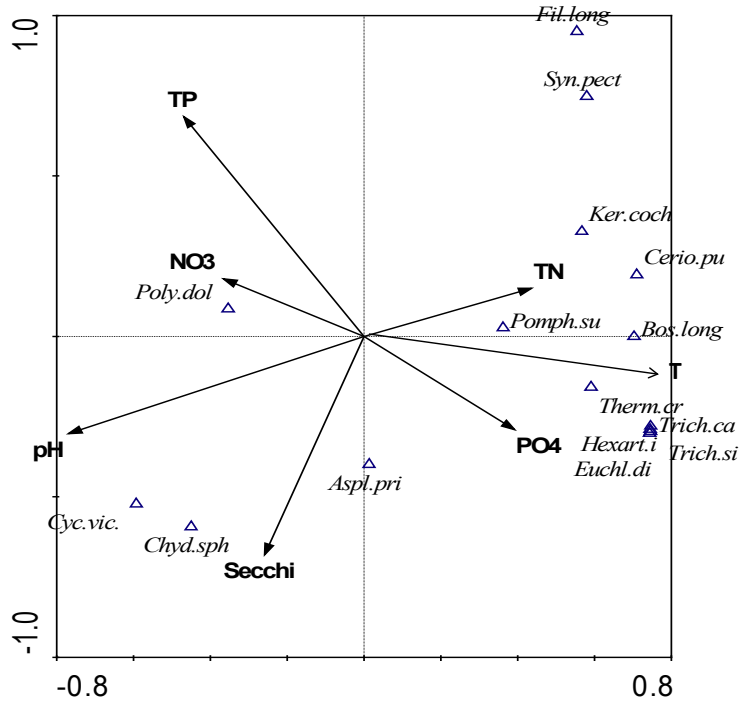
Cladocera'dan 6 familyaya ait 14 tür saptanmış ve bunlardan *Bosmina longirostris* Müller, 1776, yaz mevsiminde 1561 bireyM⁻³ ile baskın olmuştur. *Ceriodaphnia pulchella* Sars, 1862 yine yaz mevsiminde 102 bireyM⁻³ ile baskın olmuştur.

Küçük boydaki zooplankton türlerinin ılıman bölge göllerinde özellikle yaz sonlarında baskın oldukları bilinen bir durumdur (Özçalkap ve Temel, 2011).

Copepodadan 3 familyaya ait 5 tür saptanmış ve bunlardan *Cyclops vicinus* Ulyanin, 1875 türü 123 bireyM⁻³ ile ilkbaharda ve *Thermocyclops crassus* Fischer, 1853 ise 90 bireyM⁻³ ile yaz mevsiminde baskın türler olmuşlardır. *C. vicinus* Türkiyede yaygın olarak genelde ilkbaharda yoğun olarak bulunan bir kopepod türüdür (İpek Alışı ve Saler, 2013).

Apaydın Yağcı ve Ustaoglu (2012). *T. Crassus*'un yaz mevsiminde Türkiye göllerinde yoğun olarak rastlanan bir kopepod olduğunu belirtmişlerdir.

CCA analizlerinde Rotifera'dan *Polyarthra dolichoptera* türü nitrat, *Keratella cochlearis* Gosse, 1851 toplam azot ile, *Asplanchna priodonta* ışık geçirgenliği ve fosfat ile, *Euchlanis dilatata* fosfat ile, *Trichocerca capucina* sıcaklık ile, *Trichocerca similis* fosfat ile, *Hexarthra intermedia* fosfat ile, *Pompholix sulcata* sıcaklık ve toplam azot ile; Cladocera'dan *Bosmina longirostris* sıcaklık ve toplam azot ile, *Ceriodaphnia pulche* pH ile ve *Thermocyclops crassus* sıcaklık ile yakın ilişki göstermiştir (Şekil 9). CCA analizleri, tespit edilen baskın zooplanktonik türlerin çoğunun ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerin ılıman bölge göllerindeki dağılımında büyük öneme sahip olduklarını göstermiştir.



Şekil 9. Manyas Barajında sık toplanan zooplankton türlerinin ölçülen fizikokimyasal parametrelerle olan ilişkilerini gösteren CCA diyagramı. *Ker.coch*=*Keratella cochlearis*, *Euchl. di*=*Euchlanis dilatata*, *Trich. Ca*=*Trichocerca capucina*, *Trich. Si*= *Trichocerca similis*, *Cerio. Pu*= *Ceriodaphnia pulchella*, *Bos. Long*= *Bosmina longirostris*, *Pomph. Su*= *Pompholyx sulcata*, *Hexart. i*= *Hexarthra intermedia*, *Fil. Long*= *Filinia longiseta*, *Aspl. Pri*= *Asplanchna priodonta*, *Chyd. Sph*= *Chydorus sphaericus*, *Cyc. Vic*= *Cyclops vicinus*, *Poly. dol*= *Polyarthra dolichoptera*, *Syn. Pect*= *Synchaeta pectinata*, *Therm. Cr*= *Thermocyclops crassus*.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (2011/ 10 numaralı proje ile desteklenmiştir

KAYNAKLAR

- Apaydın Yağcı M, Ustaoglu R, 2012. Zooplankton fauna of Lake İznik (Bursa, Turkey). Turkish Journal of Zoology, 36: 341-350.
- APHA, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Water Pollution Control Federation. Washington, D.C., USA, 1015 p.
- De Smet WH, 1996. The *Prolidae* (*Monogononta*), Amsterdam, Netherlands, 102 p.
- Dodson SL, Cáceres CE, Rogers CD, 2010. Chapter 20-Cladocera and Other Branchiopoda (Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Third Edition, pp 773-827.
- DSİ, 1995. Devlet Su İşleri, Manyas Baraj Gölü İhale Teknik Şartname Dosyası, DSİ 25. Bölge Md., Balıkesir.
- Edmondson WT, 1959. Methods and equipment, In Edmondson WT (ed.). Freshwater biology, (2nd ed.), New York, USA, pp. 1194-1202.
- Ergönül MB, Erdoğan S, Altındağ A, Atasağın S, 2016. Rotifera and Cladocera fauna of several lakes from the Central Anatolia, Marmara and Western Black Sea regions of Turkey. Turkish Journal of Zoology, 40: 141-146.
- Fussmann G, 1993. Abundance, succession and morphological variation of planktonic rotifers during autumnal circulation in a hypertrophic lake (Heiligensee, Berlin). Hydrobiologia, 255: 353-360.
- Günel S, 2009. Delice Irmağı ve Bazı Kollarında (Budaközü, Malaközü ve Kılıçözü) Bulunan Zooplanktonik Organizmaların İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 111s.
- İpek Alışı N, Saler S, 2013. Zooplankton of Sürgü Dam Lake (Malatya - Turkey). Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2: 39-43.
- Nogrady T, Segers H, 2002. *Rotifera vol. 6: Asplanchnidae, Gastrotopodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia*. Guide to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. (Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 12 (ed. H.J. Dumont), Laiden, Netherlands, 264p.
- Özçalkap S, Temel M, 2011. Seasonal changes in zooplankton community structure in Lake Küçükçekmece, İstanbul, Turkey. Turkish Journal of Zoology, 35: 689-700.
- Özhan D, 2007. Karakaya Baraj Gölü Su Kalitesinin Zooplankton Kompozisyonu ile Değerlendirilmesi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 98s.

- Pociecha A, Wilk-Wo-niak E, 2008. Comments on the diet of *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850) in the Dobczycki dam reservoir on the basis of field sample observations. *Oceanol. Hydrobiologia*, 37: 63-69.
- Sladeczek V, 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169-201.
- Segers H, 1995. *The Lecanidae (Monogononta)*, University of Gent, Belgium, 226 p.
- Smirnov NN, 1996. Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World Coordinating (Ed. H.J.F. Dumont), Laiden, Netherlands, 195p.
- ter Braak CJF, Smilauer P, 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Section on permutation methods. Microcomputer Power. Ithaca, NY, USA, 11052 p.
- Turner JW, Good B, Cole D, Lipp EK, 2009. Plankton composition and environmental factors contribute to *Vibrio* seasonality. *The Iseme Journal*, 3:1082-1092.
- Wallace RL, Smith HA, 2009. Rotifer. In: Likens GE ed. *Encyclopedia of Inland Waters*. Oxford, UK pp 689-703.
- Wallace RL, Snell TW, 2010. Chapter: 8 Rotifera. (Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Third Edition, (eds Thorp, H.J., Covich A.P). New York, USA, 597 p.

Bozburun Yarımadası'nın Geofitleri

Kenan AKBAŞ¹, Ömer VAROL²

ÖZET: Bozburun Yarımadası Türkiye'nin güneybatısında Muğla ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Araştırma alanı ülkemizin önemli doğa alanları'ndan bir tanesidir. Bitkiler Bozburun Yarımadası'ndan 2013-2015 yılları arasında toplanmıştır. Bu çalışmada, araştırma alanından 12 familyaya ait 2'si endemik olmak üzere 49 geofit taksonu tespit edilmiştir. 12 nadir ve endemik geofit taksonunun, 4'ü EN, 7'si VU ve 1'i de LC kategorilerinde sınıflandırılmıştır. Orchidaceae (17), Asparagaceae (7) ve Iridaceae (5) en fazla bitki taksonuna sahip familyalardır. Tespit edilen taksonlardan, 20 tanesi Akdeniz elementi (41%), 16 tanesi Doğu Akdeniz elementi (33%), 1 tanesi Avrupa-Sibirya elementi (2%) ve 1 tanesi İran-Turan elementidir (2%). Ayrıca, 11 takson (23%) ya geniş yayılışlı ya da fitocoğrafik bölgesi bilinmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoçeşitlilik, Bozburun Yarımadası, Geofit, Muğla

Geophytes of the Bozburun Peninsula

ABSTRACT: The Bozburun Peninsula is located in borders of Muğla province, Southwestern of Turkey. The research area is one of the important nature areas of our country. Plant species were collected from Bozburun Peninsula between 2013 and 2015 years. In this study, 49 geophyte taxa, of which two were endemic, belonging to 12 families were identified from study areas. Of the 12 rare and endemic geophyte taxa examined, 4 were categorized as EN, 7 as VU and 1 as LC. Orchidaceae (17), Asparagaceae (7) and Iridaceae (5) families were those which have the most taxa. Of the identified taxa, 20 were Mediterranean elements (41%), 16 were East Mediterranean elements (33%), 1 was European-Siberian element (2%) and 1 was Iran-Turanian element (2%). Moreover, phytogeographical region of 11 taxa (23%) was unknown or widespread.

Keywords: Biodiversity, Bozburun Peninsula, Geophyte, Muğla

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Köyceğiz Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Muğla, Türkiye

² Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji, Muğla, Türkiye

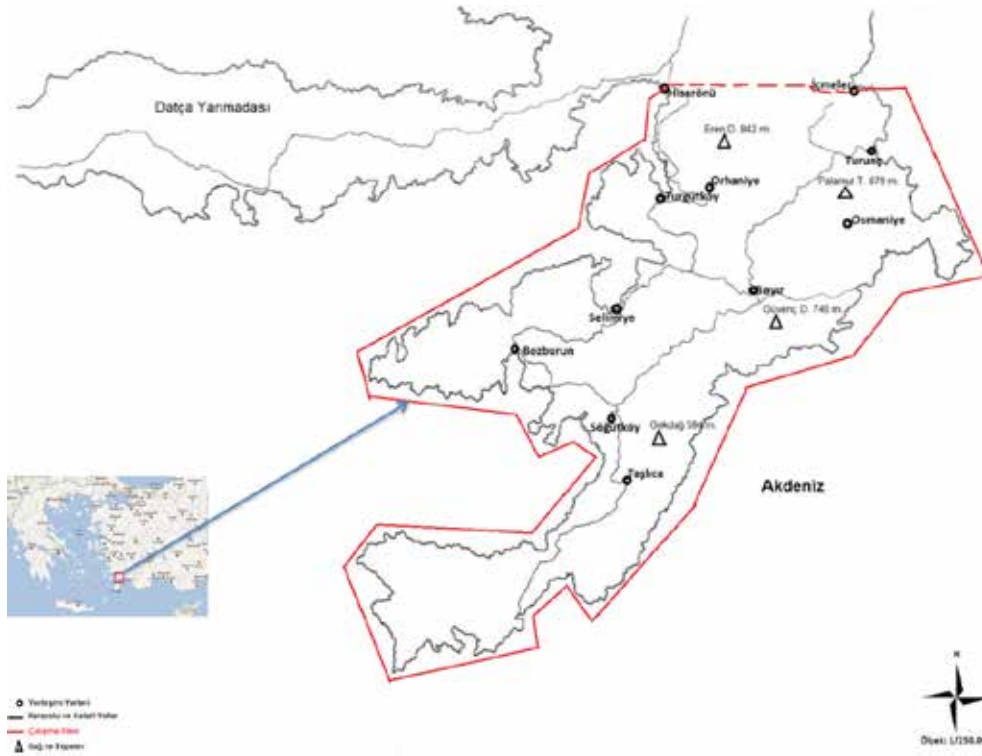
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Kenan AKBAŞ, kenanakbas@mu.edu.tr

GİRİŞ

Ülkemiz sahip olduğu coğrafi konumu, jeolojik yapısı, çeşitli toprak şekilleri ve Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgelerini içermesinden dolayı oldukça yüksek bitki çeşitliliğine sahiptir (Çırpıcı, 1987). Yılım büyük bölümünü toprak altında soğan, yumru ve rizom halinde geçiren bitkilere geofit (yer bitkileri) veya kriptofit (saklı bitkiler) adı verilir (Baydar, 2016). Anadolu önemli geofit merkezlerinden birisidir, yaklaşık 100 tohumuz geofit, 1000-1200 dikotiledon geofit, 200-250 kadar petaloid olmayan monokotiledon geofit ve 1000 civarında petaloid monokotiledon geofit taksonuna sahiptir (Demir ve Eker, 2015).

Bozburun Yarımadası Türkiye'nin güneybatısında Muğla ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanı ülkemizin önemli doğa alanları'ndan bir tanesidir (Şekil 1).

Türkiye'de en az bozulmuş alçak arazi Akdeniz bitki örtüsüne ev sahipliği yapmaktadır. Bunlar kireç taşı ve serpantin kayalar üzerinde çok iyi gelişmiş boylu maki, garig, nemli kızılçam ormanları, sığla ormanları ve kumul bitkileridir. Bozburun yarımadası dağlık bir yapıya sahiptir. Bölgede irili ufaklı pek çok koy bulunmaktadır. Oldukça girintili kıyılar ve aralarında 500 m'den yüksek çok sayıda dağ ve tepe içerir (Eken ve ark., 2006).



Şekil 1. Çalışma alanının genel haritası

Çalışma alanına yakın bölgelerde bazı floristik, fitosoyolojik ve revizyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunlar, “Muğla İli Geofitleri Üzerine Araştırmalar (Varol, 2004)”, “Güney Ege Denizi (Çeşme-Antalya arası) Adaları Flora ve Vegetasyonu (Şenol, 2006)”, “Bodrum Yarımadası'nın (Muğla) Fitosoyolojik Yönden Araştırılması (Aktaş Aytepe, 2014)”, “The Flora of Köyceğiz-Dalyan (ÖÇKB-Muğla) (Güner vd., 1996)”, “A Taxonomic

Revision of *Biarum* (Araceae) (Boyce, 2006)” ve “The revision of the genus *Fritillaria* L. (Liliaceae) in the Mediterranean region (Turkey) (Tekşen ve Aytaç, 2011)” çalışmalarıdır. Carlström (1987) tarafından Bozburun ve Datça Yarımadalarını da içine alan bir bölgede floristik bir çalışma yapılmıştır.

Bunun dışında çalışma alanını da kapsayan salt floristik bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitkiler Bozburun Yarımadası'ndan 2013-2015 yılları arasında toplanmıştır.

Tüm türler standart herbaryum metodlarına göre preslenmiş ve kurutulmuştur. Teşhisler “Flora of Turkey and the East Aegean Islands” ve “The revision of the genus *Fritillaria* L. (Liliaceae) in the Mediterranean region (Turkey)” isimli kaynaklardan yapılmıştır (Davis, 1978; Davis, 1984; Davis vd., 1965; Güner vd., 2000; Tekşen ve Aytaç, 2011). Geofit taksonlarının isimleri “Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)” kitabına göre güncellenmiştir (Güner vd., 2012).

Endemik ve nadir bitkilerin tehlike kategorilerinin belirlenmesinde IUCN (2003) kriterleri, “Türkiye bitkileri kırmızı kitabı (Ekim ve ark., 2003)” ve bölgede yapılmış diğer çalışmalara ait gözlemlerden faydalanılmıştır (Boyce, 2006; Tekşen ve Aytaç, 2011).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında yayılış gösteren geofit taksonlar ve tehlike kategorileri Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışma sonucunda Bozburun Yarımadasında 12 familyaya ait 49 geofit taksonu tespit edilmiştir. Alanda 12 nadir ve endemik geofit taksonu bulunmaktadır. Bunların 4’ü EN, 7’si VU ve 1’si de LC kategorilerinde sınıflandırılmıştır. *Arum creticum* ve *Tulipa saxatilis* daha önce Carlström (1987) tarafından yapılan çalışma ile alanda tespit edilmiştir. Buna ilaveten bölgede çalışma yapan araştırmacılardan da bu 2 geofit takson hakkında alman bilgiler ışığında *Tulipa saxatilis* popülasyonunun oldukça sınırlı sayıya olduğu, bu nedenle EN tehlike kategorisinde, *Arum creticum* popülasyonunun ise *T. saxatilis*’e kıyasla biraz daha iyi durumda olduğu, alanda birkaç noktada tespit edildiği ve VU tehlike kategorisinde gösterilmesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Çizelge 1. Bozburun Yarımadası geofitleri ve tehlike kategorileri

Familya	Takson	Endemizm/ Nadirlik	Tehlike Kategorisi
Amaryllidaceae	<i>Allium subhirsutum</i> L.	-	-
	<i>Narcissus serotinus</i> L.	Nadir	VU
	<i>Sternbergia vernalis</i> (Mill.) Gorer & J.H.Harvey	Nadir	EN
	<i>Sternbergia lutea</i> (L.) Ker Gawl. ex Spreng.	-	-
Araceae	<i>Arisarum vulgare</i> O.Targ.-Tozz.	-	-
	<i>Arum nickellii</i> Schott.	Nadir	VU
	<i>Arum creticum</i> Boiss. & Heldr. (Carlström, 1987)	Nadir	VU
	<i>Biarum marmarisense</i> (P. C. Boyce) P. C. Boyce	Nadir	EN
	<i>Dracunculus vulgaris</i> Schott	-	-
Asparagaceae	<i>Asparagus aphyllus</i> L. subsp. <i>orientalis</i> (Baker) P.H. Davis	-	-
	<i>Drimia maritima</i> (L.) Stearn	-	-
	<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.	-	-
	<i>Ornithogalum narbonense</i> L.	-	-
	<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	-	-
	<i>Prospero autumnale</i> (L.) Speta	-	-
	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	-	-
Colchicaceae	<i>Cochicum balansae</i> Planch	Nadir	LC

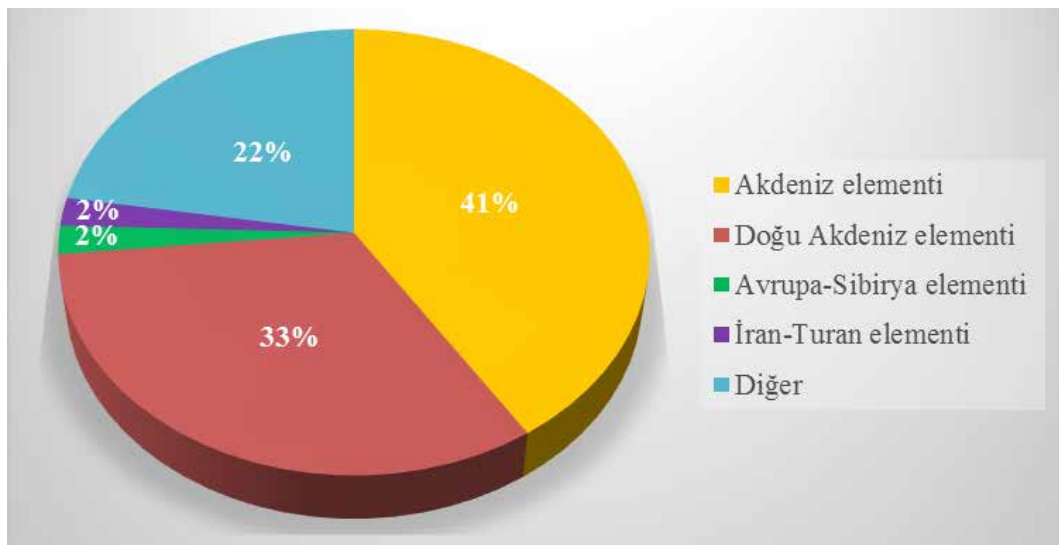
Iridaceae	<i>Crocus cancellatus</i> Herb. subsp. <i>mazziaricus</i> (Herb.) B.Mathew	-	-
	<i>Gladiolus anatolicus</i> (Boiss.) Stapf	Nadir	VU
	<i>Gynandriris sysnrichium</i> (L.) Parl.	-	-
	<i>Iris unguicularis</i> Poir. subsp. <i>carica</i> (Wern.Schulze) A.P.Davis & Jury var. <i>carica</i>	Endemik	VU
	<i>Romulea tempskyana</i> Frey	-	-
Liliaceae	<i>Fritillaria sibthorpiana</i> (Sm.) Baker subsp. <i>sibthorpiana</i>	Nadir	VU
	<i>Fritillaria sibthorpiana</i> (Sm.) Baker subsp. <i>enginiana</i> Byfield & Özhatay	Endemik	EN
	<i>Gagea graeca</i> (L.) Irmsch.	-	-
	<i>Tulipa armena</i> Boiss. var. <i>armena</i>	-	-
	<i>Tulipa saxatilis</i> Sieber ex Spreng. (Carlström, 1987)	Nadir	EN
Orchidaceae	<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich.	-	-
	<i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch	-	-
	<i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich.	-	-
	<i>Limodorum abortivum</i> (L.) Sw. var. <i>abortivum</i>	-	-
	<i>Neotinea maculata</i> (Desf.) Stearn Akd. Ele.	-	-
	<i>Ophrys argolica</i> H.Fleischm. subsp. <i>lucis</i> (Kalteisen & H.R.Reinhard) H.A.Pedersen & Faurh.	-	-
	<i>Ophrys blitopertha</i> Paulus & Gack	-	-
	<i>Ophrys cinereophila</i> Paulus & Gack	-	-
	<i>Ophrys episcopalis</i> Poir.	-	-
	<i>Ophrys ferrum-equinum</i> Desf.	-	-
	<i>Ophrys iricolor</i> Desf.	-	-
	<i>Ophrys lutea</i> Cav. subsp. <i>minor</i> (Guss.) O. & E. Danesch	-	-
	<i>Ophrys lyciensis</i> Paulus	-	-
	<i>Orchis anatolica</i> Boiss.	-	-
	<i>Serapias cordigera</i> L. subsp. <i>cordigera</i>	-	-
	<i>Serapias politisii</i> Renz	-	-
	<i>Spiranthes spiralis</i> (L.) Chevall	-	-
Primulaceae	<i>Cyclamen hederifolium</i> Aiton	Nadir	VU
Ranunculaceae	<i>Anemone coronaria</i> L.	-	-
Smilacaceae	<i>Smilax aspera</i> L.	-	-
Solanaceae	<i>Mandragora autumnalis</i> Bertol.	-	-
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	-	-

Çalışma alanında 17 takson ile Orchidaceae Iridaceae familyaları takip eder (Çizelge 2). familyası öne çıkmaktadır. Bunu Asparagaceae ve

Çizelge 2. Çalışma alanındaki geofit familyalarına ait cins ve takson sayıları

Familiya	Cins	Takson Sayısı
Amaryllidaceae	3	4
Araceae	4	5
Asparagaceae	6	7
Colchicaceae	1	1
Iridaceae	5	5
Liliaceae	3	5
Orchidaceae	8	17
Primulaceae	1	1
Ranunculaceae	1	1
Smilacaceae	1	1
Solanaceae	1	1
Xanthorrhoeaceae	1	1
Toplam	35	49

Tespit edilen taksonlardan, 20 tanesi Akdeniz elementi (41%), 16 tanesi Doğu Akdeniz elementi (33%), 1 tanesi Avrupa-Sibirya elementi (2%) ve 1 tanesi İran-Turan elementidir (2%). Ayrıca, 11 takson (23%) ya geniş yayılışlı ya da fitocoğrafik bölgesi bilinmemektedir. (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma alanındaki geofitlerin fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı

Çalışma alanımız ve yakın alanlarda yapılan çalışmalarda en fazla takson içeren familyaların karşılaştırılması Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; çalışma alanlarının hemen hemen tamamında Amaryllidaceae, Asparagaceae, Iridaceae, Liliaceae ve Orchidaceae familyalarının baskın

durumda olduğu görülmektedir. Orchidaceae familyası bütün çalışmalarda en fazla geofit takson içeren familya olarak öne çıkmaktadır.

Dolayısı ile çalışmamızın sonuçları, çalışma alanına yakın bölgelerde yapılan diğer çalışmalar ile örtüşmektedir.

Çizelge 3. En fazla takson içeren familyaların yakın bölgelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılması

Familyalar	Bozburun Yarımadası'nın Geofitleri Sayı %	Muğla İli Geofitleri Üzerine Araştırmalar Sayı %	Güney Ege Denizi (Çeşme-Antalya Arası) Adaları Flora ve Vejetasyonu Sayı %	The Flora of Köyceğiz-Dalyan (ÖÇKB-Muğla) Sayı %	A survey of the flora of Rodhos, Simi, Tilos and the Marmaris peninsula (SE Greece, SW Turkey) Sayı %
Amaryllidaceae	4	24	6	21	20
Araceae	5	2	4	2	7
Asparagaceae	7	21	11	11	13
Colchicaceae	1	8	2	1	4
Iridaceae	5	18	3	10	7
Liliaceae	5	15	2	5	6
Orchidaceae	17	42	12	23	21
Primulaceae	1	5	1	1	5
Ranunculaceae	1	-	2	2	3
Smilacaceae	1	-	1	2	1
Solanaceae	1	1	1	1	1
Xanthorrhoeaceae	1	1	1	3	2

Çalışmamız ve diğer bölgelerde yapılan çalışmaların en fazla takson içeren familyaları özellikle petaloid monokotiledon geofitler açısından bölgeler arasında nasıl bir farklılık olduğunu görmek amacıyla Çizelge 4’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge incelendiğinde; yine çalışma alanlarının hemen hemen tamamında Amaryllidaceae, Asparagaceae, Iridaceae, Liliaceae ve Orchidaceae familyalarının baskın durumda olduğu görülmektedir.

Orchidaceae familyası genel olarak çalışmalarda en fazla geofit takson içeren familya olarak öne çıkmaktadır. Derebucak ve İbradi, Manisa, Gaziantep ve Şanlıurfa’da yapılan çalışmalarda Asparagaceae, Amaryllidaceae ve Iridaceae familyalarına ait geofit taksonlarda artış dikkat çekmektedir. Şanlıurfa ve Gaziantep illerinde yapılan çalışmalarda Orchidaceae familyalarına ait geofit taksonlarda ise belirgin bir azalış dikkat çekmektedir.

Çizelge 4. En fazla takson içeren familyaların diğer bölgelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılması

Familyalar	Bozburun Yarımadası'nın Geofitleri Sayı %	Geophytes of Sof Mountain (Gaziantep/Turkey) Sayı %	Katran Dağı (Bayramiç/Çanakkale) Yayılış Gösteren Geofit Bitkiler ve Ekolojik Özellikleri Sayı %	The Geophytic Flora of Şanlıurfa Province, Turkey Sayı %	The geophytes of the region between Derebucak (Konya/Turkey) – Ibradı and Cevizli (Antalya/Turkey) Sayı %	Geophytes of Yazılıhkaya (Hanköy, Şanlıurfa/Turkey) Sayı %	Hatay İlinde Yayılış Gösteren Bazı Geofit Bitki Türleri Üzerine Bir İnceleme Sayı %	Taxonomical and Ecological Investigations on Some Geophytes Growing Around Denizli Province (Turkey) Sayı %	Alaçehir (Manisa) ve Çevresinde Yetiştirilen Bazı Geofitlerin Etnobotanik Açısından İncelenmesi Sayı %
Amaryllidaceae	4	6	5	22	16	5	10	-	7
Araceae	5	2	1	5	2	-	-	2	3
Asparagaceae	7	10	10	22	20	8	6	7	14
Colchicaceae	1	2	1	5	5	5	2	2	4
Iridaceae	5	11	7	14	15	7	11	3	9
Liliaceae	5	3	6	11	12	6	5	5	12
Orchidaceae	17	3	11	4	13	4	11	6	7
Primulaceae	1	-	1	-	1	-	2	1	2
Ranunculaceae	1	1	2	6	3	3	3	2	2
Smilacaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Xanthorrhoeaceae	1	2	1	4	3	-	-	-	1

SONUÇ

Bozburun Yarımadasında 12 familya, 35 cinse ait 49 geofit taksonu tespit edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında Orchidaceae en fazla geofit taksonuna sahip familyadır. Bölgede salep veya dondurma yapımında kullanılmak üzere bu bitki türlerinin yumruları bilinçsiz bir şekilde toplanmaktadır.

Bu durum da Orchidaceae familyasına ait türlerin bölgede daha dikkatli korunması gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Geofit taksonlarının fitocoğrafik bölgelere göre dağılımına bakıldığında; toplamda % 74 oranında Akdeniz ve Doğu Akdeniz elementi, % 2 Avrupa-Sibiryaya ve İran-Turan elementlerini içermektedir. Bu dağılım, çalışma bölgemizin sıcak Akdeniz katı içerisinde bulunuyor olmasının doğal bir sonucudur.

Çalışma alanındaki nadir ve endemik bitkilere bakıldığında 12 geofit taksonunun tehlike kategorileri belirtilmiştir.

Bunlardan *Iris unguicularis* subsp. *carica* var. *carica* ve *Fritillaria sibthorpiana* subsp. *enginiana*

alanda yayılış gösteren endemik geofitlerdir. Bozburun Yarımadasındaki bu geofit taksonları tarla-bahçe açılması, aşırı otlatma ve turizm faaliyetleri gibi nedenlerle tehdit altındadır ve ekonomik değere sahip bu bitkiler üzerinde geriye dönüşümsüz olumsuz etkiler bırakmaktadır. Bu amaçla, özellikle yöre halkının bilinçlendirilmesi ile bu tehditin büyük ölçüde önüne geçilebilir. Bunun dışında gereksiz alan tahribatlarının engellenmesi ile geofit taksonlarının zaten kısıtlı olan yaşam alanlarının daha da daralmasının önüne geçilebilir.

Ayrıca bölgede gerek yerli gerekse yabancı birçok turist geziler yapmakta, bilinçli veya bilinçsiz geofit taksonlara zararlar verebilmektedirler. Bu konuda yapılacak bilinçlendirme ve koruma çalışmaları ile bu zararın önüne geçilebileceği kanaatindeyiz.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 015/18 numaralı BAP projesi ile desteklenmiştir. Yardımlarından dolayı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Aktaş Aytepe H, 2014. Bodrum Yarımadası'nın (Muğla) Fitososyolojik Yönden Araştırılması. Doktora Tezi, M.S.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 152s.
- Avcu C, Selvi S, Satıl F, 2016. Katran Dağı (Bayramiç/Çanakkale) ve Çevresinde Yayılış Gösteren Geofit Bitkiler ve Ekolojik Özellikleri. Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(3): 9-16s.
- Baydar H, 2016. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Teknolojisi. 5. Baskı, Isparta, Türkiye. 16s.
- Boyce PC, 2006. A Taxonomic Revision of *Biarum* (Araceae). Aroideana, Vol. 29, 4:9, 34s.
- Carlström A, 1987. A survey of the flora of Rodhos, Simi, Tilos and the Marmaris peninsula (SE Greece, SW Turkey). Thesis, 302s.
- Çelik A, Çiçek M, Semiz G, Karıncalı M, 2004. Taxonomical and Ecological Investigations on Some Geophytes Growing around Denizli Province (Turkey). Turk J Bot, 28: 205-211s.
- Çıngay B, Ataşlar E, Koyuncu O, 2012. Geophytes of Yazılıkaya (Han-Eskişehir, Turkey). Bocconea, 24: 227-230s.
- Çırpıcı A, 1987. Türkiye'nin Florası ve Vegetasyonu Üzerine Çalışmalar. Doğa Türk Bot. Dergisi, 11(2):217-232.
- Davis PH, 1978. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 6, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, UK. 825p.
- Davis PH, 1984. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Vol. 8, Edinburgh University Press, Edinburgh, UK. 632p.
- Davis PH, Coode MJE, Cullen J, 1965. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Vol. 1, Edinburgh University Press, Edinburgh, UK. 567p.
- Demir, SC., Eker, İ. 2015. Petaloid monocotyledonous flora of Bolu Province, including annotations on critical petaloid geophytes of Turkey. Pegem Akademi, Ankara, 80p.
- Demirelma H, Ertuğrul K, 2016. The geophytes of the region between Derebucak (Konya/Turkey) – Ibradı and Cevizli (Antalya/Turkey). BioDiCon, 9(3): 52-57s.
- Eken G, Bozdoğan M, İsfendiyaroğlu S, Kılıç DT, Lise Y, 2006. Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği, Mas Matbaacılık, İstanbul.
- Eker İ, Koyuncu M, Akan H, 2008. The Geophytic Flora of Şanlıurfa Province, Turkey. Turk J Bot, 32, 367-380p.
- Ekim T, Koyuncu M, Vural M, Duman H, Aytaç Z, Adıgüzel N, 2000. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van Yüzüncü Yıl Üniv., Ankara. 45s.
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT, (edlr.), 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.

- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC (eds.), 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Island. (Suppl. 2), Vol. 11, Edinburgh University Press. Edinburgh, UK. 221p.
- Güner A, Vural M, Duman H, Dönmez AA, Şağban H, 1996. The Flora of Köyceğiz-Dalyan (ÖÇKB-Muğla). Turk J Bot, 20: 329-371.
- IUCN, 2003. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels, Version 3.0. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kayıkçı S, Altay V, Güzel Y, 2012. Hatay İlinde Yayılış Gösteren Bazı Geofit Bitki Türleri Üzerine Bir İnceleme. Biyoloji Bil Araş Derg, 5: 139-143s.
- Özslu E, İskender E, 2009. Geophytes of Sof Mountain (Gaziantep/Turkey). BioDiCon, 2:2, 78-84p.
- Sargın SA., Selvi S, Akçiçek E, 2013. Alaşehir (Manisa) ve Çevresinde Yetişen Bazı Geofitlerin Etnobotanik Açından İncelenmesi. Erciyes Üniv. Fen Bil. Enst. Dergisi, 29(2):170-177s.
- Şenol S, 2006. Güney Ege Denizi (Çeşme-Antalya Arası) Adaları Flora ve Vejetasyonu. Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 159 s.
- Tekşen M, Aytaç Z, 2011. The revision of the genus *Fritillaria* L. (Liliaceae) in the Mediterranean region (Turkey). Turk J Bot, 35: 447-478.
- Varol Ö, 2004. Muğla İli Geofitleri Üzerine Araştırmalar. Muğla Üniversitesi Yayınları: 56, 76s.

Gıda Katkı Maddesi Olan Sodyum Sülfidin *Tubifex tubifex*'te Katalaz ve Glutatyon-S-Transferaz Enzim Aktivitelerine Etkileri

Filiz ALANYALI¹

ÖZET: Sodyum sülfid gıda ürünlerinin taze görünümünü korumak için gıda endüstrisi tarafından kullanılır. Bu çalışmada, sodyum sülfid subletal dozunun suda yaşayan oligochaeta grubundan *Tubifex tubifex* üzerinde etkileri araştırılmış, Katalaz ve Glutatyon-S-Transferaz enzim aktivite değişiklikleri değerlendirilmiştir. Antioksidan enzim aktivite değişiklikleri, *Tubifex tubifex*'te farklı sodyum sülfid konsantrasyonlarında (2.5mM, 5mM ve 10mM) 2, 4 ve 6 saat maruz bırakılmasının bir sonucu olarak araştırılmıştır. Katalaz ve Glutatyon-S-Transferaz aktivitesinin, veriler kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında zamana bağlı arttığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Katalaz, glutatyon-S-transferaz, sodyum sülfid, *Tubifex tubifex*

Effects of Sodium Sulfite as a Food Additive on Catalase and Glutathione-S-Transferase Enzyme Activities in *Tubifex tubifex*

ABSTRACT: Sodium sulfite is used to keep the food product with fresh appearance by food industry. In this study, the effects of sodium sulfite sublethal dose on aquatic oligochaeta *Tubifex tubifex* were investigated and enzyme activity changes of Catalase and Glutathione-S-Transferase were evaluated. The antioxidant enzyme activity changes were searched as a result of 2, 4 and 6 hour exposure within various concentrations (2.5mM, 5mM and 10mM) of sodium sulfite in *Tubifex tubifex*. Catalase and Glutathione-S-Transferase activity increased depending on the time when data were compared with the control groups.

Keywords: Catalase, glutathione-S-transferase, sodium sulfite, *Tubifex tubifex*

¹ Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji, Eskişehir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Filiz ALANYALI, fsusuz@anadolu.edu.tr

INTRODUCTION

Food additives are not included in the natural structure of the food according to WHO/FAO and CAC description. They are added into food during various operations such as production, processing, packaging, transportation (Altuğ T, 2001). The use of food additives is not a new phenomenon. People use food additives for centuries; for example, it is known that salt was used to store meat products in the year B.C.3000. Salt, sugar and vinegar were the first food additive materials used to store a long time (Bradford, 1976; Altuğ, 2001).

Because of the number of people entering the working life and the reduction in raw materials supplying the food industry; the production and consumption of fast food has become obligatory (Claiborne, 1985). Therefore, food additives used in rapidly evolving food technology are very important for public catering. The last decades, particularly in the developed countries, the number of chemicals involved in food has increased rapidly. There are around six thousand additives including aroma / flavor additives. These substance consumptions increase results for some diseases (Çalışır ve Çalışkan, 2003).

The usage of food additives in the food industry was originated from the different production techniques brought by the evolving technology and gain diversification of consumer tastes accordingly. These all works aim the most economical way to diet as well as the healthiest way for consumers; it should also have the technology to prevent risks arising from food additives used. (Claiborne, 1985; Çalışır ve Çalışkan, 2003)

Paracelsus described toxicity ‘ All substances are poisons; there is no non- toxic substances. The dose toxicity and usefulness will determine the status of a substance as defined poison’ in the 16th century. This dose of harmlessness is determined with current toxicological studies for food additives (Atman ÜC, 2004). Food additives are used as long as they are effective, and can be analyzed with measurable results and finally have to be safe for animals (Claiborne, 1985). Food additives; increasing doses of the substances should be tested whether they accumulate in the body. If they accumulate, the resulting damage is reversible or not reversible should be searched. Toxicological

assessments have to be applied and all ingredients have to be kept under continuous control for additives. Usage conditions can be update according to the results of the new scientific findings (Altuğ, 2001).

E “numbers are used as a practical method of encoding of food additives in the European Union (Bradford, 1976). This code is set by “the Scientific Committee on Food” which is a subcommittee of the European Union. There are food additives over eight thousand, only 350-400 of these have “E” number (Claiborne, 1985).

Sodium Sulfit has crystal or powder, white appearance and reducing property with the chemical formula Na_2SO_3 . Sodium sulfite shows bleaching, desulfurizing, and dechlorinating activities. It is used to keep the food product with fresh appearance by food industry (Efsa, 2010). Sulfites, E 221, are widely used as preservatives and antioxidants in food and drugs, often without specification. For this purpose, this is used for control of microorganisms, inhibition of the activity of microorganisms and elimination of their harm, suppression of various enzymatic reactions, and non-enzymatic browning including enzymatic browning, and also as the reducing agent in pulp bleaching, pH control and stabilizers (Boğa ve Binokay, 2010). Sulphites are used as food additive but their usage is, nowadays, an issue of concern, since certain sensitive individuals showed adverse reactions to sulphite residues in foods (Taylor and at all, 1986). Sulfit can lead to severe hypersensitivity reactions, asthma being obviously the most frequent symptom, but also urticarial, angioedema, or other anaphylactoid symptoms may occur. Furthermore, allergic leukocytoclastic vasculitis and exacerbation of an atopic eczema have been observed (Günes, 2014).

Catalases and Glutathione S-transferases are antioxidant system enzymes. These enzymes are very important in protecting the organ and body against toxic agents (Fazio and Warner, 1990).

Catalases (CAT; E.C.1.11.1.6) are protective enzymes responsible for the degradation of H_2O_2 before it can damage cellular components. They are present in all aerobic organisms and many anaerobic organisms. The catalytic reaction takes place in two steps resulting in the resting state enzyme, water and oxygen (Przybilla

and Ring, 1987). The glutathione-S-transferases (GSTs; E.C.2.5.1.18.9) are an enzyme group, function in the detoxification mechanism. All examined living organisms including plants, animals, and bacteria have these proteins. Most GST is soluble enzymes, and there are also verified microsomal GST, and mitochondrial GST (Eaton and Bammler, 1999). Many different kind of chemicals and carcinogens are detoxified by GST (Switala and Loewen, 2002).

In this study, the effects of sodium sulfite on Catalase and Glutathione-S-transferase enzyme activities of *Tubifex tubifex* (Muller, 1774) (Oligochaeta: Tubificidae), an important species in aquatic food chains, were investigated. This experimental animal is appropriate since it is easy to find, to expose the food additive and assay the enzyme activity. Tubificid worm, *T. tubifex*, *Tubifex tubifex* is a fresh water form. It appears to occur in marginal habitats, it is not as common as it is taught, it is generally widespread in colder climates. It is often found in mixed species environments, but in the absence of some leeches it reaches high numbers. It lives in these conditions; temperature 6.8-24.6 ° C, pH 7.24-9.45, salinity ‰ 0.022-1.949, dissolved oxygen is 2.3-11.9 mg l⁻¹ and alkalinity is 0.0-35.0 meq l⁻¹ in mud, sand, detritus, stone, gravel. It is a cosmopolitan, sexual breeding species. Tubificid worms are considered as a sensitive test organism for aquatic and sediment toxicity tests. It is suggested that tubificid worms are important members of benthic fauna in the aquatic environment, and any harmful effects on these organisms are likely to be reflected in the whole ecosystem; therefore their use as a bioassay test organism is a logical one (Armstrong, 1997; Eaton and Bammler, 1999).

MATERIAL AND METHODS

Tubifex tubifex were collected from Porsuk River, Eskisehir. The worms were maintained in an aquarium with no sediment under spring water. The water was changed weekly and the worms were fed with tetraMin flakes (Tetra Werke, Melle, Germany) once a week. The lighting was 12 h dim light 12 h darkness and the temperature was 21 ± 1 C. The water was continuously aerated and the worms were cultured for 1 week before experiments for adaptation laboratory conditions.

Glutathione-S-transferase (GST) and Catalase (CAT) Assay

The control groups were not exposed to sodium sulfite.

The experimental groups, sodium sulfite exposure groups were put under 2.5mM, 5mM, 10mM concentrations for 2, 4, 6 hour period.

To evaluate protein and enzyme activity, for all control and experimental groups, 1 g of aquatic worms were homogenized in potassium phosphate buffer (25mM, pH: 7.4), centrifuged (12000g, +4C°, 10 min) and the supernatant was used for Bradford assay, GST and CAT enzyme assays. Total protein content of the extract was determined by dye binding method (Bradford, 1976) using bovine serum albumin as a standard.

The activity of GST was assayed as the increase of absorbance at 340 nm due to the conjugation of glutathione (GSH) to 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) according to Regoli et al. (1997). Sigma Kit was used for the experiments. 96-well microplate reader system was used to determine the enzyme activity of Glutathione S-Transferase. Firstly, 100 mM CDNB was prepared in 96% of ethanol and it was used as substrate in the experiment. Potassium phosphate buffer (1X PBS) (pH 6.5) and 100 mM reduced glutathione (GSH) were used. Cocktail was prepared in order to put together with samples in the 96-well plate. Cocktail was kept in ice, 980 µl PBS, 10 µl CDNB and 10 µl GSH were pipetted into the plate and shaken. For the detection of enzyme activity, 0.001 mg ml⁻¹ of protein from the sample is required to be put into the each reaction well. For this purpose, the protein amount from each sample is calculated according to 0.001 mg ml⁻¹ and the amount of the cocktail, which will need to include a total of 200 µl mixtures pipetted in the 96-well plate. After pipetting to the wells, at A₃₄₀ nm, for 30 minutes and with 1 minute intervals, the absorbance changes were recorded.

CAT activity of protein was determined by the decrease of absorbance at 240 nm due to H₂O₂ as described by Claiborne (1985). 0.001 mg ml⁻¹ amount of protein was added into quartz cuvette. Appropriate amounts of buffer and H₂O₂ are added in 1ml of quartz cuvette and measured at 240 nm wave length for 10

minutes with 10 second intervals and the absorbance change in activity is determined. Statistical analysis was performed using the SPSS statistical program.

In all cases, three independent experiments were conducted According to the linear variations between the absorbance values, the formulas were calculated;

GST specific activity;

$$\mu\text{mol ml}^{-1} \text{ min}^{-1} = \frac{(\Delta A_{340}) \text{ min}^{-1} \times V(\text{ml}) \times \text{dil}}{\epsilon_{\text{mM}} \times V_{\text{enz}} (\text{ml})}$$

where;

dil = the dilution factor of the original sample

ϵ_{mM} ($\text{mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) = the extinction coefficient for CDNB conjugate at 340 nm.

V = the reaction volume

V_{enz} = the volume of the enzyme sample tested

CAT specific activity;

$$\text{Units ml}^{-1} \text{ enzyme} = \frac{(3.45) \text{ df}}{\text{time}(0.1)}$$

where;

3.45 = decomposition of 3.45 μmoles of hydrogen peroxide in a 3.0 ml reaction mixture producing a decrease in the A240 from 0.45 to 0.40

df = dilution factor

time = minutes required for the A240 to decrease from 0.45 to 0.40

0.1 = milliliter of enzyme solution added to the cuvette

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the effects of sodium sulfite on Catalase and Glutatyon-S-transferase enzyme activities of a freshwater *Tubifex tubifex* (Muller, 1774) (Oligochaeta: Tubificidae), an important species in aquatic food chains, were investigated.

This experimental animal is appropriate since it is easy to find, to expose the food additive and assay the enzyme activity and also Tubificid worms are considered as sensitive test organism for aquatic and sediment toxicity tests (Armstrong, 1997; Eaton and Bammler, 1999).

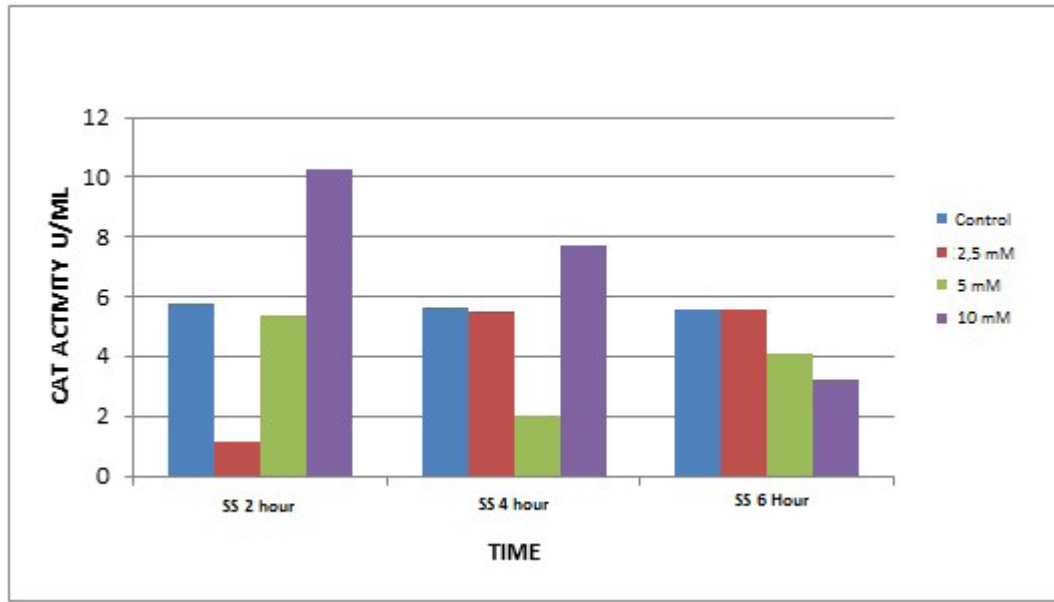


Figure1. Effects of various concentrations of sodium sulfite on catalase (CAT) activity of *Tubifex tubifex* for 2, 4 and 6 hours exposures. Control contains no added sodium sulfite

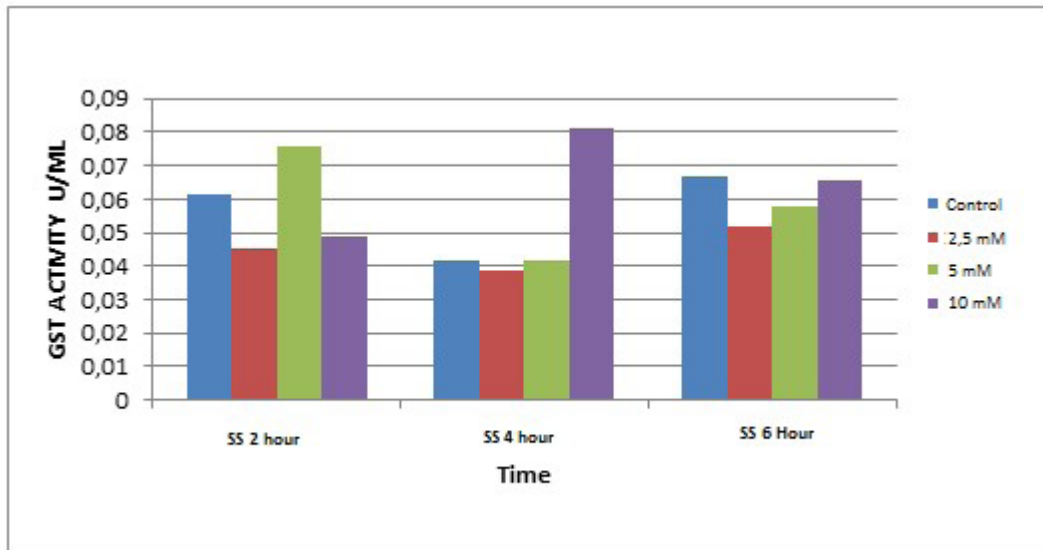


Figure2. Effects of various concentrations of sodium sulfite on glutathione-S-transferase (GST) activity of *Tubifex tubifex* for 2, 4 and 6 hours exposures. Control contains no added sodium sulfite

As a result of performing exposure and activity measurement of catalase (CAT); there was an increase in enzyme activity in 10mM sodium sulfite concentrations (Figure 1). The enzyme activity increased with increasing duration of exposure and concentration. The enzyme activity decreased in 10mM sodium sulfite concentration with increasing time period and concentration, as the result of higher concentration. Consequently there was H₂O₂ destruction activity loss,

exceeding decreased in the potential of living of the organism's defenses and is considered to be the starting point to the emergence of chronic damage. These results showed sodium sulphite concentrations above 10mM may cause damage to *Tubifex tubifex*, aquatic organisms.

The highest GST activity was in 4 hour exposure of 10mM sodium sulfite (Figure 2). The decrease 6 hour exposures can be interpreted as the start to lose the

activity of the organism depending on the concentration and exposure time increases.

Kayraldız and et al. investigated the effect of sodium sulfite by Ames test. In the presence or absence of S9 mixture, they found sulfites were not mutagenic for TA98 and TA100 strains (Kayraldız, 2006).

CONCLUSION

The usage of food additives should be determined according to toxicological evaluations, continual control of all additives in use and re-evaluation of usage conditions in accordance with new scientific findings if necessary, restriction of the use of an additive in the recommendation list or food standards for certain foods, certain conditions and purposes. It should be used according to the amount that can be taken in the day.

REFERENCES

- Altuğ T, 2001. Gıda Katkı Maddeleri. Meta Basım Matbaacılık, İzmir, Turkey. 286p.
- Atman ÜC, 2004. Gıda Katkı Maddeleri ve Gıda Kontrolü. Sürekli Tıp Eğitim Dergisi (Sted) 13 (3): 86-88.
- Armstrong RN, 1997. Structure, catalytic mechanism, and evolution of the glutathione transferases. Chem. Res. Toxicol, 10: 2-18.
- Boğa A, Binokay S, 2010. Gıda Katkı Maddeleri ve Sağlığımıza Etkileri. Arşiv 19: 14.
- Bradford MM, 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.
- Claiborne A, 1985: Catalase activity. In: Handbook of Methods for Oxygene Radical Research. 283-284.
- Chapman PM, Farrell MA, Brinkhurst RO, 1982: Relative tolerances of selected aquatic oligochaetes to individual pollutants and environmental factors. Aquat. Toxicol, 2: 47.
- Çalışır EZ, Çalışkan D, 2003. Gıda Katkı Maddeleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Ankara Ecz. Fak. Dergisi 32 (3):193-206.
- Eaton DL, Bammler TK, 1999. Concise Review of the Glutathione S-Transferases and their Significance to Toxicology. Toxicological Sciences, 49: 156-164.
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), 2010. Scientific Opinion on the use of potassium sulphate and sodium sulphate as sources of respectively potassium and sodium added for nutritional purposes to food supplements. EFSA Journal 8(12): 1940
- Fazio T, Warner CR, 1990. A review of sulphites in foods: analytical methodology and reported findings. Food Addit Contam. 7(4): 433-54.
- Günes FE, 2014. Sülfidler ve Gıda Katkı Maddesi Olarak Kullanılması. Akademik Gıda 12(2): 114-119.
- Kayraldız A, Kaya FF, Canımoğlu S, Rencüzeoğulları E, 2006 Mutagenicity of five food additives in Ames/Salmonella/microsome test. Annals of Microbiology. 56 (2): 129-133.
- Przybilla B, Ring J, 1987. Sulfite hypersensitivity. Hautarzt 38(8): 445-8.
- Rathore RS, Khangarot BS, 2003: Effects of Water Hardness and Metal Concentration on a Freshwater *Tubifex Tubifex* Muller. Water, Air, and Soil Pollution. 142 (1): 341-356.
- Regoli F, Principato G, Bertolli E, 1997. Biochemical characterization of the antioxidant system in the scallop *Adamissium colbecki*, a sentinel organism for monitoring the Antarctic environment. Polar Biology. 17, 251-258.
- Switala J, Loewen PC, 2002. Diversity of properties among catalases. Archives of Biochemistry and Biophysics. 401(2): 145-154.
- Taylor SL, Higley NA, Bush RK, 1986. Sulfites in foods: uses, analytical methods, residues, fate, exposure assessment, metabolism, toxicity, and hypersensitivity. Adv Food Res 30: 1-76.

Despite the use of food additives for many years, the expansion of a diet for population growth and fast food consumption has become a topic receiving more attention today because of the increased consumption of fast food. Although there are still many regulations related to patterns of use and dose of several ingredients, investigations continues. The main purpose of these investigations is to find out effects of these substances on human health. However, these studies could not be carried out on human, thus investigations are usually carried out on animal group. According to all data, depending on the consumption amount and the exposure time sodium sulfite may cause a risk to living organisms.

The effects of sodium sulphite on GST and CAT enzymes has been shown for the first time in *Tubifex tubifex*, aquatic organisms, in order to help further studies that can be done with higher organisation organisms.

Menzelet Baraj Gölü'nde Yaşayan *Silurus glanis* (Linnaeus, 1766) Balıklarının Karaciğer Dokusu Yağ Asidi Bileşiminin Tespiti

Muhammed İĞDE¹, Şerif TAŞDEMİR¹, Emel DIRAZ¹, Hakan GÜNEŞ¹, Selim KISIMLAR¹

ÖZET: *Silurus glanis* (yayın balığı), Siluridae familyasına ait olup, eti kemiksiz, lezzetli, yüksek protein içeren ekonomik öneme sahip balıklardandır. Özellikle kalp hastalıklarının ve kolesterolün tedavisinde, çocuklarda zekâ ve bedensel gelişimin desteklenmesinde balık yağları önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölü'nden yakalanan *Silurus glanis*'in dişi ve erkek bireylerinin karaciğer dokularındaki yağ asitlerinin mevsimsel değişimi GC-FID cihazı ile tespit edilmiştir. Toplam doymuş yağ asidi (SFA) oranı en yüksek kış mevsiminde dişi bireylerde tespit edilirken (% 60.62), toplam tekli doymamış yağ asidi (MUFA) en fazla ilkbaharda erkek bireylerde (% 50.58), toplam PUFA oranı ise en fazla sonbaharda dişi bireylerde (% 26.40) tespit edilmiştir. Beslenmede oldukça büyük öneme sahip olan omega-3/omega-6 oranı en yüksek kış mevsiminde dişi bireylerde 0.94-5.17 oranında saptanmıştır. Omega-3 ve omega-6 yönünden zengin olan *Silurus glanis*'in diyetteki alımının artırılması ve sonbahar ile kış mevsimlerinde tüketilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş, karaciğer, Menzelet Barajı, *Silurus glanis*, yağ asidi

Determination of Fatty Acid Composition in Liver Tissue of *Silurus glanis* (Linnaeus, 1766) Living in the Menzelet Dam Lake

ABSTRACT: *Silurus glanis* (Catfish), belonging to Siluridae family, has economically importance with bone-free meat, highly tasty and high protein content. Especially, fish oils play an important role in the treatment of heart diseases, cholesterol, supporting mental and physical development of children. In this study, male and female members of *Silurus glanis* samples were provide from the Kahramanmaraş Menzelet Dam Lake and changes in fatty acid composition of liver tissues were determined by GC-FID device according to the seasons and sexual. Total saturated fatty acid (SFA) ratios were detected as the highest (60.62%) in the winter female members. Total monounsaturated fatty acid (MUFA) was detected as highest (50.58%) in male individuals at spring, while the total PUFA ratio (26.40%) was determined in female individuals in the fall. Omega-3/omega-6 has a very great importance in the diet; female individuals had the highest ratio between the 0.94-5.17 in the winter. *Silurus glanis* is recommended for dietary intake because of rich omega-3 and omega-6 and consumed in fall and winter seasons.

Key words: Kahramanmaraş, liver, Menzelet Dam Lake, *Silurus glanis*, fatty acid

¹ Üniversite, Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Biyoloji, Kahramanmaraş, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Şerif TAŞDEMİR, sheriftasdemir@gmail.com

GİRİŞ

Su ürünlerinin büyük bir kısmını oluşturan tatlı su ve deniz balıkları insanların beslenmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu kadar büyük öneme sahip besin kaynaklarından yararlanabilmek için besin değerlerinin çok iyi araştırılması gerekmektedir (Algan, 2009).

Ülkemiz, doğal gölleri, akarsuları lagün ve baraj gölleri yönünden oldukça geniş bir potansiyele sahiptir. Ayrıca balık çeşitliliği açısından da son derece zengindir (Karaton ve İnanlı, 2011). Türkiye iç sularında toplam 31 familya ve 104 cins kapsamında 368 türe ait tatlı su balığı türünün yayılış gösterdiği bilinmektedir (Çiçek ve ark., 2015). *Silurus glanis* L. Siluridae familyasının Türkiye’de dağılım gösteren iki türünden biridir. Ülkemizde yayın balığı olarak isimlendirilmekte olup, Avrupa ile Asya tatlı sularında yaygın bir dağılım gösterir. Ülkemizde Sapanca, İznik, Terkos ve İç Anadolu’nun pek çok göl ve baraj göllerinde, Meriç, Kızılırmak, Sakarya, Fırat, Ceyhan, Seyhan nehirleri ile Büyük ve Küçük Menderes, Porsuk, Melen ve Karasu Çayı’nda, Kura ve Aras Nehirleri’nde, Manyas, Apolyont, İznik, Gölcük (Ödemiş), Çıldır ve Gölhisar göllerinde, Adıyaman-Gölbaşı’nda bulunan üç gölde (Gölbaşı, Azaplı, Çelik) bulunmaktadır (Sarıhan ve Tekelioğlu, 2005; Geldiay ve Balık, 2009; Alp ve ark., 2011). Diğer türü *Silurus triostegus* (Heckel, 1843) ise sadece Fırat ve Dicle Nehir sisteminde bulunur ve bu bölge için endemiktir. Yapılan çalışmalarda *Silurus glanis*’in dağılımı, büyüme parametreleri, boy-ağırlık ilişkileri ve üreme biyolojisi gibi konular araştırılmıştır (Alp ve ark., 2004; Alp ve ark., 2011).

Silurus glanis tatlısu balıkları arasındaki büyük boylu balıklardan biridir. Çok hızlı büyümeleriyle bilinen *Silurus glanis* bireylerinin bugüne kadar kayıt altına alınan en büyük örneğinin total boyu 5 m, toplam ağırlığı ise 306 kg’dır (Copp et al., 2009). *Silurus glanis* bireyleri genellikle zemini yumuşak toprak veya balçıktan oluşmuş göllerde ve akarsuların durgun akan zonlarında yaşayan tipik bir zemin balığıdır (Geldiay ve Balık, 2009). TÜİK verilerine göre 2010-2015 yılları arasında ülkemizde avlanan yayın balığı miktarı 1178-549 ton arasında

değişirken, Kahramanmaraş’ta 149-75 ton arasında avlanma gerçekleşmiştir. Yayın balığının hal fiyatı ortalama 8-10 TL değerinde piyasada satılmaktadır (Tuik, 2017). Su ürünleri yüksek protein içeriği, doymamış yağ asitleri ve esansiyel aminoasitleri yüksek oranda bulundurması sebebiyle önemli bir besin kaynağı grubunu oluşturmaktadır (Tekinşen ve Gökmen, 2007).

Balıklarda yağlar karaciğer ve kaslarda depo edilmektedir. Yağların organizmalar için gerekliliği yapısında bulunan aşırı doymamış yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır (Tapiero et al., 2002). Yağ asitleri doymuş ve doymamış yağ asitleri; doymamış yağ asitleri de tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ile çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) olmak üzere ikiye ayrılırlar. PUFA’lar ω -3 ve ω -6 olmak üzere iki alt gruptan oluşmaktadır. ω -6 PUFA’lar, genellikle bitkisel yağlarda bulunan linoleik asit ve bunun türevleri olan gama-linoleik asit ve araşidonik asitlerdir. ω -3 PUFA’lar ise α -linoleik asit ve bunun türevleri olanekosapentanoik asit ve dokosahekzanoik asittir (Taşçı, 2005). İnsanlar ve hayvanlar ω -3 yağ asitlerinden, EPA (Eikosapentaenoik asit) ve DHA(Dokosahekzanoik asit)’yı sentezleyemezler. Bu nedenle diyet ile alınmaları gereklidir. (Deslypere, 1990; Gordon and Ratliff, 1992). Bu yağ asitlerinin kanser, felç, enflamatuvar bozukluklar ve kalp-damar hastalıklarını içine alan hastalıkları önlemede anahtar rol oynadıkları da bildirilmektedir. Greenland Eskimolarında tükettikleri yağlı balıklardan dolayı kalp krizi riskinin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir (Gogos and Smith, 2010; Wassell et al, 2010). Balıklar bu esansiyel yağ asitleri içeriği bakımından oldukça zengindir. Böylece balık tüketimi insan diyetinin önemli unsurlarından birisidir. Bu nedenle balıkların içerdiği yağ asidi bileşenleri, bu bileşenlerin hangi şartlarda ve hangi mevsimlerde içeriğinin nasıl ve ne derece de değiştiği araştırılmaktadır. Ülkemizde dağılım gösteren *Silurus glanis* ve diğer balık türlerinin yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesine yönelik birçok araştırma yapılmıştır (Konar ve ark.,1999; Haliloğlu, 2001; Aras ve ark., 2003; Özoğul ve ark., 2007; Güler ve ark., 2008; Akpınar ve ark., 2009; Küçükgülmez ve ark., 2010; Güneş ve ark., 2016). Yapılan araştırmalar

ekonomik öneme sahip, insanların sıklıkla tükettiği balık türlerinin yağ asidi içeriğinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir.

Bu araştırmada, Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölü'nden yakalanan *Silurus glanis* 'in dişi ve erkek bireylerinin karaciğer dokusu yağ asidi içeriğinin mevsimlere ve eşey durumuna göre değişimi ilk kez tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Balık Örneklerinin Temin Edilmesi ve Dokuların Saklanması

Menzelet Baraj Gölü Kahramanmaraş ili sınırları içinde, il merkezinin 26 km kuzey batısında Orta Ceyhan Havzası'nda bulunmaktadır. Baraj gölünü besleyen en önemli su kaynakları Ceyhan Nehri, Tekir Çayı, Güredin Çayı, Bertiz Çayı ve Zeytin çayıdır. Araştırmada kullanılan balık örnekleri, 30 adet olup 2012-2014 yılları arasında kış mevsiminde Aralık, Ocak ve Şubat, ilkbahar mevsiminde Mart, Nisan ve Mayıs, yaz mevsiminde Haziran ve sonbahar mevsiminde Eylül ayında Kahramanmaraş balık halinden temin edilmiştir.

Lipitlerin Ekstraksiyonu ve Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması

Silurus glanis 'in karaciğer dokusundan alınan örneklerde lipitlerin ekstraksiyonu Hara ve Radin metoduna göre (Hara and Radin, 1978); yağ asitlerinin gaz kromatografik analizi ise Christie metoduna göre yapılmıştır (Christie, 1990). Balıklardan alınan karaciğer dokusu blender yardımıyla 1 dakika süre ile iyice parçalanmıştır. Daha sonra hazırlanan homojenizasyondan 1 gr alınıp, üzerine 10 ml 3/2 (v/v) oranında hekzan/2-propanol eklendikten sonra ve 30 sn süreyle karıştırılarak homojenize edilmiştir. Hazırlanmış olan homojenat, tüplere aktararak 5000 rpm de 10 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında tüplerde oluşan üst kısımdaki sıvının tamamı alınıp, kapalı tüplere aktarılmıştır (Wang et al., 1990). Tüpe alınan çözeltilimin üzerine 5 ml %2 likH₂SO₄-Metanol ilave edilmiştir. Hazırlanan çözelti 55 °C de etüve konmuş ve 12-15 saat

bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda etüvden çıkartılan tüplerin üzerine %5 lik NaCl çözeltisinden 5 ml eklenmiş ve tüpler el ile yukarı aşağı şeklinde karıştırılmıştır. Daha sonra tüplerde faz ayrışmasının oluşması için oda sıcaklığında 4-8 saat bekletilmiştir. Faz ayrımından sonra üst taraftaki hekzan fazı dikkatli bir şekilde alınarak ayrı bir santrifüj kabına aktarılmıştır. Elde edilen hekzan fazının üzerine 5 ml %2 lik KHCO₃ çözeltisinden eklenmiş ve daha sonra tüp karıştırılarak faz ayrımı için bırakılmıştır. Faz ayrımı oluştuktan sonra üst faz alınıp, 2 ml'lik hacime gelene kadar buharlaşması için bekletilmiştir.

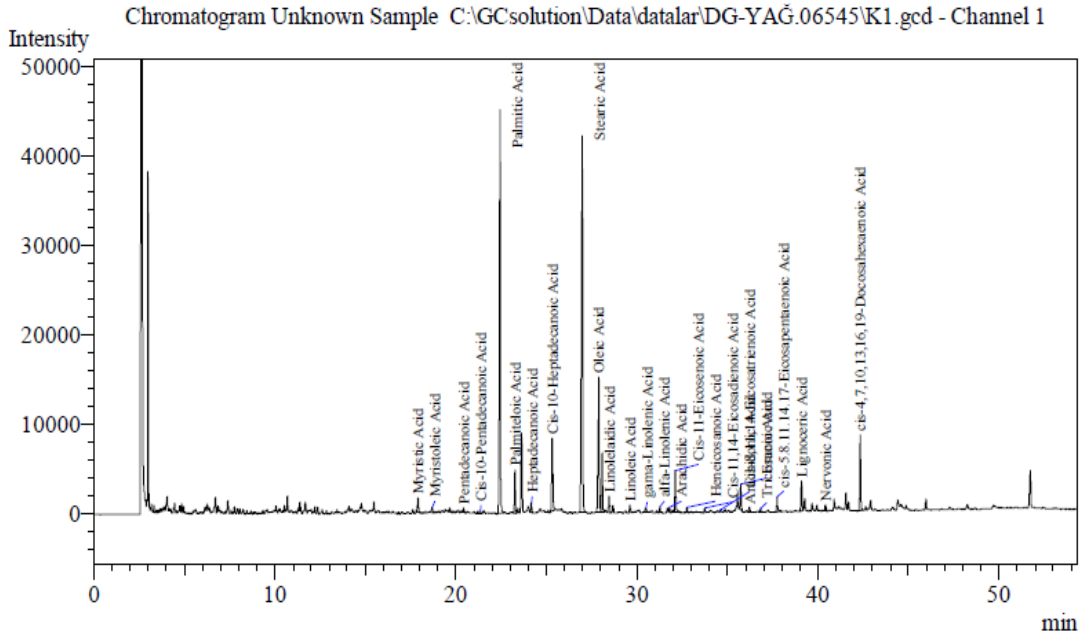
Elde edilen ekstraktlar ağzı kapaklı otosampler viallerin içine alınıp, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, ÜSKİM Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan Shimadzu GC2025 marka GC-FID cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Örneklere ait yağ asidi metil esterlerinin analizinden önce Supelco37 component FAMEmix sertifikalı yağ asidi standartları cihazda okutulmuş gerekli programlama yapılmıştır.

GC cihazında Teknokroma marka TR-cn 100 kolon kullanılmıştır. Uzunluk 60m, film kalınlığı 0.25 mikron, iç çapı 0.20 mm'dir. Fırın sıcaklığı 80°C'de 2 dakika bekletilmiştir. Dakikada 5°C artırılıp 140°C sıcaklığa ulaştıktan sonra, bu sıcaklıkta 2 dakika tutulmuştur. Bu işlemi takiben, dakikada 3°C'lık bir artışla 240°C'da 5 dakika bekletilmiştir. Toplam analiz süresi 54 dakikadır. Enjektör sıcaklığı 240°C ve dedektör sıcaklığı 250°C'dir.Elde edilen veriler SPSS 17.0 programı, Tukey testi kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Silurus glanis Dişi Bireylerinin Karaciğer Dokusu Yağ Asitleri Kompozisyonunun Tespit Edilmesi

Silurus glanis dişi bireylerinin karaciğer dokusu yağ asitleri bileşiminin mevsimlere göre değişimi GC-FID cihazı ile belirlenmiştir. GC-FID analizi sonucunda toplam 20 bileşen tespit edilmiş, bileşenlere ait kromatogram görüntüsü ve analiz sonuçları Şekil 1 ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Şekil 1. *Silurus glanis* 'in dişi bireyine ait yağ asidi kromatogramıÇizelge 1. *Silurus glanis* 'in dişi bireyine ait yağ asidi bileşenleri

Çıkış Zamanı	Bileşen adı	Oran(%)	Çıkış Zamanı	Bileşen adı	Oran (%)
17.905	Miristik asit	0.87	31.268	Alfa-Linolenik asit	0.35
18.688	Miristoleik asit	0.40	31.789	Araşidik asit	0.27
20.435	Pentadekonik asit	0.50	32.124	Eikosenoik asit	2.79
22.436	Palmitik asit	27.95	33.736	Eikosadienoik asit	0.30
23.264	Palmitoleik asit	2.69	35.734	Erusik asit	1.63
24.166	Heptadekonik asit	0.60	36.210	Araşidonik asit	0.31
26.976	Stearik asit	28.99	37.742	Eikosapentaenoik asit	1.01
27.892	Oleik asit	14.95	39.089	Lignoserik asit	1.97
29.613	Linoleik asit	0.48	40.412	Nervonik asit	0.41
30.483	Gama- Linolenik asit	0.36	42.331	Dokosaheksaenoik asit	5.16

Silurus glanis 'in dişi bireylerinin karaciğer dokusundaki yağ asidi oranlarının mevsimlere göre değişimi Çizelge 2'de verilmiştir. Doymuş yağ asitlerinden (SFA) miristik asit (C14:0), pentadekonik asit (C15:0) ve araşidik asit (C20:0) en fazla sonbahar mevsiminde bulunurken, palmitik asit (C16:0) ve heptadekonik asit (C17:0) en fazla ilkbaharda tespit

edilmiştir. Stearik asit (C18:0) en fazla kış mevsiminde tespit edilirken ve lignoserik asit (C24:0) en fazla yaz mevsiminde bulunmuştur. *Silurus glanis* L.'in karaciğer dokusundaki en çok bulunan doymuş yağ asidi palmitik asit (%29.66-23.53) ve stearik asittir (%28.8-12.67). Toplam SFA oranı ise en fazla kış mevsiminde tespit edilmiştir (%60.62).

Çizelge 2. *Silurus glanis* 'in dişi bireylerinin karaciğer dokusundaki yağ asidi oranlarının mevsimlere göre değişimi (%)

Yağ asitleri	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Miristik asit	0.97 ± 0.05	1.38 ± 0.39	1.21 ± 0.06	1.72 ± 0.01
Pentadekonik asit	0.18 ± 0.00	0.27 ± 0.12	0.15 ± 0.02	0.55 ± 0.05
Palmitik asit	29.66 ± 0.37	29.71 ± 2.23	23.53 ± 1.67	23.71 ± 1.03
Heptadekonik asit	0.33 ± 0.02	0.56 ± 0.27	0.50 ± 0.04	0.54 ± 0.13
Stearik asit	28.8 ± 1.58	21.49 ± 5.07	22.28 ± 1.48	12.67 ± 1.94
Araşidik asit	0.32 ± 0.07	0.49 ± 0.39	0.84 ± 0.02	1.63 ± 0.08
Lignoserik asit	0.33 ± 0.27	0.97 ± 1.38	1.64 ± 0.27	0.24 ± 0.05
Toplam SFA**	60.62^a	54.91^b	50.19^b	41.08^c
Miristoleik asit	0.25 ± 0.01	0.26 ± 0.06	0.22 ± 0.02	0.28 ± 0.06
Palmitoleik asit	3.81 ± 0.14	6.90 ± 2.93	7.44 ± 0.10	3.22 ± 1.86
Oleik asit	14.45 ± 1.27	19.77 ± 4.42	22.92 ± 2.16	22.26 ± 1.44
Eikosenoik asit	1.64 ± 0.04	1.30 ± 0.83	2.41 ± 0.08	1.26 ± 0.07
Erusik asit	2.43 ± 0.12	1.44 ± 0.46	0.92 ± 0.00	2.92 ± 0.07
Nervonik asit	0.36 ± 0.02	0.28 ± 0.30	0.27 ± 0.02	0.40 ± 0.05
Toplam MUFA**	22.96^c	29.97^b	34.20^a	30.37^{ab}
Linoleik asit	1.16 ± 0.63	4.65 ± 2.52	3.94 ± 2.47	7.79 ± 2.09
Gama- Linolenik asit	0.35 ± 0.08	0.22 ± 0.20	0.12 ± 0.03	0.61 ± 0.18
Alfa-Linolenik asit	0.35 ± 0.02	0.18 ± 0.11	0.05 ± 0.01	0.16 ± 0.00
Eikosadienoik asit	0.34 ± 0.02	0.25 ± 0.07	0.46 ± 0.00	0.52 ± 0.62
Araşidonik asit	0.03 ± 0.00	0.57 ± 0.81	0.38 ± 0.06	0.006 ± 0.00
Eikosapentaenoik asit	2.11 ± 0.00	1.68 ± 0.56	2.15 ± 0.08	8.26 ± 2.36
Dokosaheksaenoik asit	7.26 ± 0.05	3.50 ± 1.43	3.56 ± 0.10	9.03 ± 0.23
Toplam PUFA**	11.63^b	11.09^{ab}	10.70^b	26.40^a
Toplam ω-3	9.72	5.36	5.76	9.71
Toplam ω-6	1.88	5.69	4.9	8.95
ω-3/ω-6	5.17	0.94	1.17	1.08

(**p<0.01, Rakamlar üzerinde bulunan "a, b,c" işaretleri TUKEY HSD test sonuçları olup aynı satırdaki benzer olan işaretler aradaki farkın önemsiz olduğunu, farklı işaretler ise farklılığın önemli olduğunu göstermektedir)

Tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) miristoleik asit (C14:1), erusik asit (C22:1), nervonik asit (C24:1) sonbaharda, palmitoleik asit (C16:1), oleik asit (C18:1) eikosenoik asit (C20:1) yaz mevsiminde en fazla miktarda bulunmuştur. Tespit edilen yağ asitlerinden oleik asit (C18:1), en fazla miktarda bulunan tekli doymamış yağ asididir (%22.92). Toplam

MUFA, yaz mevsiminde %34.20 miktarı ile en yüksek değerdedir. En düşük tekli doymamış yağ asidi oranı ise %22.96 ile kış mevsiminde belirlenmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA) linoleik asit (C18:2), gama-linolenik asit (C18:3), eikosadienoik asit (C20:2), eikosapentaenoik asit (C20:5; EPA), ve dokosaheksaenoik asit (C22:6; DHA) en fazla

sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Alfa-linolenik asit (C18:3) kış mevsiminde, araşidonik asit (C20:4) ise ilkbahar mevsiminde en fazla miktarda tespit edilmiştir. Toplam PUFA miktarı ise en fazla (%26.40) sonbaharda belirlenmiştir. Kış ayında ω -3/ ω -6 oranı en yüksek oranda (%5.17) tespit edilirken, en az miktar (%0.94) ise ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir. *Silurus glanis* L. dişi bireylerinin karaciğer dokusundaki toplam SFA, MUFA ve PUFA miktarlarının mevsimlere göre farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

***Silurus glanis* Erkek Bireylerinin Karaciğer Dokusu Yağ Asitleri Kompozisyonunun Tespit Edilmesi**

Silurus glanis erkek bireylerinin karaciğer dokusu yağ asitleri bileşiminin mevsimlere göre değişimi GC-FID cihazı ile belirlenmiş, toplam 20 bileşen tespit edilmiş, toplam SFA, MUFA ve PUFA oranları Çizelge 3'te verilmiştir. Doymuş yağ asitleri (SFA)

içerisinde miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0) kış mevsiminde, pentadekonik asit (C15:0) ve araşidik asit (C20:0) sonbaharda, heptadekonik asit (C17:0) ilkbahar mevsiminde, stearik asit (C18:0) ve lignoserik asit (C24:0) ise yaz mevsiminde en fazla miktarda tespit edilmiştir. *S. glanis*'in erkek bireylerinde toplam SFA oranı en yüksek yaz mevsiminde (%48.83) tespit edilmiştir.

Tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA); miristoleik (C14:1), eikosenoik asit (C20:1), erusik asit (C22:1) ve nervonik asit (C24:1) sonbaharda, palmitoleik asit (C16:1) ve oleik asit (C18:1) ilkbaharda en yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Erkek bireylerde tekli doymamış yağ asitlerinden en çok bulunan oleik asittir (C18:1). Oleik asit miktarı en yüksek %33.59 ile ilkbahar mevsiminde bulunurken, en düşük oran ise %22.21 ile yaz mevsiminde bulunmuştur. *S. glanis* erkek bireylerinde toplam MUFA yüzdesi en fazla %50.58 ile ilkbahar mevsiminde bulunmuştur.

Çizelge 3. *Silurus glanis* 'in erkek bireylerinin karaciğer dokusundaki yağ asitleri oranlarının mevsimlere göre değişimi (%)

Yağ asitleri	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Miristik asit	1.17± 0.33	0.99 ± 0.20	1.10 ± 0.29	1.01 ± 0.18
Pentadekonik asit	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.13 ± 0.00	0.25 ± 0.05
Palmitik asit	25.02 ± 2.50	21.19 ± 2.54	23.58 ± 0.58	19.85 ± 2.88
Heptadekonik asit	1.07 ± 0.47	1.11 ± 0.36	0.44 ± 0.00	0.33 ± 0.14
Stearik asit	19.42 ± 5.03	13.30 ± 2.43	19.90 ± 1.55	9.35 ± 2.83
Araşidik asit	0.19 ± 0.36	0.22 ± 0.08	0.22 ± 0.30	1.48 ± 1.01
Lignoserik asit	0.36 ± 0.28	0.91 ± 0.46	3.43 ± 1.84	1.36 ± 0.55
Toplam SFA**	47.34^a	37.82^b	48.83^a	33.66^b
Miristoleik asit	0.21 ± 0.03	0.19 ± 0.04	0.22 ± 0.01	0.23 ± 0.10
Palmitoleik asit	8.77 ± 1.51	12.08 ± 3.16	6.85 ± 0.39	5.39 ± 2.69
Oleik asit	28.61±5.63	33.59 ± 4.78	22.21 ± 0.64	32.22 ± 1.74
Eikosenoik	2.78 ± 1.41	3.36 ± 0.83	3.16 ± 0.20	3.76 ± 1.88
Erusik asit	1.30 ± 0.42	1.10 ± 0.56	1.39 ± 0.21	1.95 ± 0.61
Nervonik asit	0.23 ± 0.08	0.24 ± 0.05	0.28 ± 0.19	0.66 ± 0.15
Toplam MUFA**	41.91^b	50.58^a	34.13^c	44.24^b
Linoleik asit	1.74±2.26	1.59±1.22	5.61 ± 2.81	6.62 ± 1.67
Gama-Linolenik asit	0.12±0.03	0.09±0.03	0.24 ± 0.06	0.47 ± 0.25
Alfa-Linolenik asit	0.12±0.08	0.18±0.07	0.05 ± 0.02	0.28 ± 0.07
Eikosadienoik asit	0.24±0.18	0.32±0.18	0.74± 0.05	0.53 ± 0.21
Araşidonik asit	0.05±0.05	0.41±0.42	1.10± 0.37	0.79 ± 0.72
Eikosapentaenoik asit	0.78±0.19	0.85±0.28	1.43± 0.08	2.11 ± 0.55
Dokosaheksaenoik asit	4.30±1.06	4.32±1.51	3.91 ± 0.18	7.59 ± 1.51
Toplam PUFA**	7.39^c	7.79^c	13.11^b	18.41^a
Toplam ω-3	5.2	5.35	5.93	9.98
Toplam ω-6	2.15	2.41	7.69	8.41
ω-3/ω-6	2.41	2.21	0.77	1.18

(** $p < 0.01$, Rakamlar üzerinde bulunan "a, b, c" işaretleri TUKEY HSD test sonuçları olup aynı satırdaki benzer olan işaretler aradaki farkın önemsiz olduğunu, farklı işaretler ise farklılığın önemli olduğunu göstermektedir).

Çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA); linoleik asit (C18:2), eikosapentaenoik asit (C20:5; EPA), gama-linolenik asit (C18:3), alfa-linolenik asit (C18:3), dokosaheksaenoik asit (C22:6; DHA) sonbaharda, eikosadienoik asit (C20:2), araşidonik asit (C20:4) ise yaz mevsiminde en yüksek oranda bulunmuştur. Toplam PUFA oranının en yüksek (%18.41) olduğu mevsim ise sonbahar iken en düşük tespit edildiği mevsim (%7.39) kış olarak tespit edilmiştir. Yağ asitlerinden ω -3/ ω -6 oranı en fazla %2.41 ile kış mevsiminde, en az ise %0.77 olarak yaz mevsiminde tespit edilmiştir. *S. glanis* L. erkek bireylerinin karaciğer dokusundaki toplam SFA, MUFA ve PUFA miktarı oranlarındaki mevsimsel değişim ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

***Silurus glanis* 'in erkek ve dişi bireylerinde toplam SFA, MUFA ve PUFA oranlarının mevsimlere göre karşılaştırılması**

Dişi ve erkek bireylerde tespit edilen SFA yağ asitlerinden en fazla bulunanları palmitik asit (C:16) (%25.02-29.66) ve stearik asit (C:18) (%22.28-28.80) olarak tespit edilmiştir. Bogut ve ark. (2002), *S. glanis*'in toplam SFA değerini %65.07 olarak tespit etmiş olup, bulgularımızdan (%33.66-60.62) daha fazla olduğu görülmektedir. Kaçar (2010), *Silurus triostegus*'un karaciğer dokularında yağ asitleri toplam SFA'ler içinde en fazla 16:0 (dişiler %19.49-26.85; erkekler için %17.28-23.46) yağ asidi içerdiğini, Shirai ve ark. (2001) ise *Silurus asotus* 'un yaz ve kış aylarında karaciğer dokularındaki SFA değerlerini sırasıyla %27.6-29.6 olarak tespit etmiştir. Çalıştığımız *S. glanis* 'in karaciğer dokularındaki SFA miktarının, *Silurus triostegus* ve *Silurus asotus* 'a göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. *S. glanis* 'in dişi ve erkek bireylerinin karaciğer dokularındaki toplam MUFA miktarları erkek bireylerde (%50.58-34.13), dişi bireylere (%22.96-34.20) göre daha fazla tespit edilmiştir. Tespit edilen MUFA yağ asitlerinden en fazla bulunanı oleik asit (C18:1) olup, dişi bireylerde %14.45-22.92, erkek bireylerde ise %19.77-33.59 arasında tespit edilmiştir. Shirai ve ark. (2001), *Silurus asotus* 'un karaciğer dokularındaki toplam MUFA miktarını yaz ve kış aylarında %31.92 ve %20.9 olarak tespit etmiştir. Kaçar (2010), *S. triostegus*'un karaciğer dokularındaki yağ

asitleri toplam MUFA'lar içinde en fazla oleik asit olduğunu ve dişiler için %20.13-23.52, erkekler için %21.59-30.91 arasında tespit edildiğini bildirmiştir. Bulgularımız ile bu iki *Silurus* türünün oleik asit içeriğinin birbirine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir

Kaçar (2010), *S. triostegus*'un karaciğer dokularındaki toplam PUFA'lar arasında en fazla dokosaheksaenoik asiti dişiler için %13.80-18.96, erkekler için %8.05-15.67 arasında tespit etmişlerdir. Dokosaheksaenoik asit miktarı *S. triostegus*'un karaciğer yağ dokularında, çalışma materyalimiz olan *S. glanis*'in karaciğer yağ dokularından (%7.59-9.03) daha fazla tespit edilmiştir. Shirai ve ark. (2001), *S. asotus* 'un yaz ve kış aylarında karaciğer dokularındaki toplam PUFA değerlerini %39.0-48.1 arasında tespit etmişlerdir. *S. asotus* 'un PUFA miktarının *S. glanis* 'in PUFA miktarından (%26.40-7.39) daha fazla olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Ekonomik öneme sahip balıklardan *Silurus glanis* balığının eti, kemiksiz, oldukça lezzetli ve yüksek protein içeriğine sahiptir. Bundan dolayı piyasa talebi oldukça yüksek olan ticari öneme sahip bir balık türüdür.

Bu çalışma ile *S. glanis* 'in karaciğer dokularındaki yağ asidi bileşenleri mevsimlere göre tespit edilmiş ve insan sağlığı için oldukça önemli olan yağ asitlerinin miktarları belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan *S. glanis* bireylerinin omega 6/omega 3 oranının 0.19-1.29 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda en önemli omega 3 ve omega 6 yağ asitleri EPA ve DHA'nın etkileri üzerine yapılan çalışmaların önemi artmıştır.

Çalışmamız sonucunda sonbahar ve kış mevsimlerinde toplanan *S. glanis* bireylerinin esansiyel yağ asitlerince zengin olduğu tespit edilmiştir. Literatür bulgularına göre omega 3 yağ asidinin soğuğa karşı koruyucu olduğu ve bu nedenle soğuk su balıklarında daha fazla bulunduğu bilinmekte olup, sonuçlarımızı desteklemektedir. Bu mevsimlerde tutulan balıkların tüketilmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akpinar MA, Görgün S, Akpinar AE, 2009. A comparative analysis of the fatty acid profiles in the liver and muscles of male and female *Salmo truttamacrostigma*, Food Chem, 2: No. 1, 112, 6-8.
- Algan B, 2009. Kemer Baraj Gölü'ndeki (Aydın) Yılan (*Anguilla anguilla* L. 1758) ve Yayın balığı (*Silurus glanis* L. 1758)'nin toplam yağ asidi bileşenlerinin mevsimsel değişimi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 87s.
- Alp A, Kara C, Üçkardeş F, Carol J, Garcia-Berthou E, 2011. Age and growth of the European catfish (*Silurus glanis*) in a Turkish Reservoir and comparison with introduced populations. Rev. Fish Biol Fisheries, 21: 283–294.
- Alp A, Kara C, Büyükçapar HM, 2004. Reproductiv ve Biology in a Native European Catfish, *Silurus glanis* L, 1758, Population in Menzelet Reservoir. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 28:613-622.
- Aras NM, Haliloğlu HI, Ayık Ö, Yetim H, 2003. Comparison of fatty acid profiles of different tissues of mature trout (*Salmo truttalabrax*, Pallas, 1811) caught from Kazandere Creek in Çoruh region, Erzurum, Turkey, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 27, 311–316.
- Bogut I, Has-Schön E, Čačić M, Milaković Z, Novoselić D, Brkić S, 2002. Linolenic acid supplementation in the diet of European catfish (*Silurus glanis*): effect on growth and fatty acid composition. Journal of Applied Ichthyology, 18(1), 1-6.
- Christie WW. 1990. Gas Chromatography and Lipids. The oil press. Glasgow, 320s.
- Copp GH, Britton JR, Cucherousset J, Garcia-Berthou E, Kirk R, Peeler E, Stakenas S, 2009. A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced range. FishFish, 10: 252–282
- Çiçek Erdoğan, Birecikliliği SS, Fricke R, 2015. Freshwater fishes of Turkey: a revised and up date annotated checklist. Biharean Biologist, 2 : 141-157.
- Deslypere JP, 1990. Effect of fish consumption compared to intake of fish oil. Marine Foods. Bibl Nutr Dieta. Basel, Karger, 46: 53-69.
- Geldiay R, Balık S, 2009. Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Yayınları. Yayın No: 4, 644s. İzmir.
- Gogus U ve Smith C, 2010. n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. Int. J. Food Sci. Technol, 45: 417–436.
- Gordon DT, Ratliff V, 1992. The Implication of omega-3 fatty acids in human health, advances in seafood biochemistry composition and quality, Ed, By George L. Flick, 406 s.
- Güler GO, Kiztanir B, Aktümsek A, Cital OB, Özparlak H, 2008. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and $\omega 3/\omega 6$ ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beyşehir Lake (Turkey). Food Chemistry, 108: 689–694.
- Güneş H, Kara C, Korkmaz M, İğde M, 2016. Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölü'nde dağılım gösteren *Silurus glanis* (Linnaeus, 1766)'in bazı yağ asitlerinin değerlendirilmesi. International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16) March 19-20
- Haliloğlu HI, 2001. A research on fatty acid composition of some tissues of rainbow trouts (*Onchorhynchus mykiss*) raised in different fish farms in Erzurum. PhD Thesis, Atatürk Uni., Fisheries Dept, Erzurum, Turkey, 113s.
- Hara A, Radin NS, 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. Anal. Biochem, 90: 420-426.
- Kaçar S, 2010. Atatürk Baraj Gölü'ndeki bazı tatlı su balıklarının total lipid ve yağ asitlerinin mevsimsel değişimi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 276s.
- Karaton N, İnanlı AG, 2011. Tatlı su kefalı (*Squalius cephalus*)'nin et verimi ve besin bileşimine mevsimsel değişimin etkisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 23: 63-69.
- Konar V, Canpolat A, Yılmaz Ö, 1999. *Capoetatrutta* ve *Barbus rajanorum mystaseus*'un kas dokularındaki total lipid ve yağ asidi miktar ve bileşimlerinin üreme periyodu süresince değişimi. Tr. J. of Biology, 23: 319-331.
- Küçükgülmez A, Eslem KA, Celik M, 2010. Fatty acid composition and sensory properties of Welscatfish (*Silurus glanis*) hot smoked with different saw dust materials. International Journal of Food Science & Technology, 45: (12), 2645-2649.
- Shirai N, Suzuki H, Toukairin S, Wada S, 2001. Spawning and season affect lipid content and fatty acid composition of ovary and liver in Japanese catfish (*Silurus asotus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 129: (1), 185-195.
- Tapiero H, Ba GN, Couvreur P, Tew, K. D, 2002. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. Biomedicine & Pharmacotherapy, 56: (5), 215-222.
- Taşçı F, 2005. Balıklarda omega-3 yağ asitleri ve halk sağlığı açısından önemi. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, Cilt 76. 3(4).
- Tekinşen KK, Gökmen M, 2007. Beyşehir'de üretilen dondurulmuş sudak balığı (*Stizostedion lucioperca*) filetolarının bakteriyolojik kalitesi. Vet. Bil. Derg, 23: 57-64.
- Tuik, 2017. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005 (Erişim tarihi: 25 Aralık, 2017).
- Wang YJ, Miller LA, Peren M, Addis PB, 1990. Omega-3 fatty acids in lake superior fish J Food Sci, 55:(1) 71-76.
- Wassell P, Bonwick G, Smith CJ, Almiron-Roig E and Young NVG, 2010. Towards a multidisciplinary approach to structuring in reduced saturated fat-based systems – A review. Int. J. Food Sci. Technol, 45: 642–655.

***Hypericum retusum* Aucher'in Hücre Süspansiyon Kültürlerinin Optimizasyonu ve Fenolik Bileşen İçeriğinin İncelenmesi**

Hilal SURMUŞ ASAN¹, Özen HASAN ÇETİN¹, Ahmet ONAY¹

ÖZET: *Hypericum retusum* tıbbi bitki olarak potansiyel bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, 6-benziladenin (BAP) ve kinetin (KİN)'in 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-D) ile kombinasyonlarının, farklı sukroz konsantrasyonlarının (15, 30 ve 50 g L⁻¹), farklı ışık uygulamalarının (Sürekli karanlık, Sürekli aydınlık ve kontrol) ve farklı başlangıç pH değerlerinin (pH 4.5, 5.8 ve 6.5), *H. retusum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde biyokütle birikimi ve farmakolojik olarak önemli beş adet fenolik bileşiğin (hiperisin, hiperosid, klorojenik asit, kuersetin ve psödohiperisin) miktarları üzerine etkisini araştırdık. Verilerimiz, *H. retusum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde en iyi biyokütle birikiminin, 0.5 mg L⁻¹ KİN+ 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D ve 30 g L⁻¹ ilaveli MS besi ortamında, pH'sı 5.8 ve sürekli karanlık şartlar altında olan ortamdan elde edildiğini ortaya koymuştur. En yüksek fenolik bileşik içeriği, 0.1 mg L⁻¹ BAP+ 0.5 mg L⁻¹ 2,4-D ve 15 g L⁻¹ sukroz ilaveli ve pH'sı 4.5 olan ortamdan elde edilmiştir. Farklı ışık uygulamalarına tabi tutulan kültürlerdeki fenolik bileşen içeriği ise uygulamalar arasında farklılık göstermiştir. Bu çalışmayla, *H. retusum* için, fenolik bileşiklerin geniş ölçekli üretimi için muhtemel bir teknoloji sunan yeni bir hücre süspansiyon kültür sistemi geliştirdik.

Anahtar Kelimeler: Fenolik bileşik, Hücre süspansiyon kültürü, *Hypericum retusum* Aucher, LC-MS/MS



Medium Optimization and Investigation of Phenolic Contents in Cell Suspension Culture of *Hypericum retusum* Aucher

ABSTRACT: *Hypericum retusum* has a potential value as a medicinal plant. In this study, we investigated the effects of different combination of 6-benzyladenine (BAP) and kinetin (KIN) with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), different sucrose concentrations (15, 30 and 50 g L⁻¹) and different light conditions (continuous dark, continuous light and control) and initial pH values (pH 4.5, 5.8 ve 6.5) on the accumulation of biomass and the production of five pharmacologically important phenolic constituents (hypericin, hyperoside, chlorogenic acid, quercetin and pseudohypericin) in cell suspension culture of *H. retusum*. Our data suggested that the best biomass accumulations obtained from on MS medium supplemented with 0.5 mg L⁻¹ KİN+1.0 mg L⁻¹ 2,4-D, 30 g L⁻¹ sucrose, 5.8 pH and under the darkness conditions in cell suspension culture of *H. retusum*. The highest phenolic compound contents were obtained from on MS medium containing 0.1 mg L⁻¹ BAP+ 0.5 mg L⁻¹ 2,4-D at and 15 g L⁻¹ sucrose. The phenolic compound contents of suspension culture under the different light conditions varied among the treatments. With this study, we have developed a novel cell suspension culture system for *H. retusum*, suggesting a possible technology for large-scale production of phenolics.

Keywords: Cell suspension culture, *Hypericum retusum* Aucher, Phenolic compounds, LC-MS/MS

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji, Diyarbakir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hilal SURMUŞ ASAN, hilalsuran@gmail.com

GİRİŞ

Hypericum cinsi, Hypericaceae (Clusiaceae) familyasına aittir ve yaklaşık 460 tür içermektedir (Bertoli ve ark., 2011). Türkiye, 43'ü endemik olmak üzere sahip olduğu yaklaşık 89 türle *Hypericum* cinsi için önemli bir yetişme bölgesidir (Davis, 1988). *Hypericum* türlerinin içerdiği temel bileşikler; hiperisin, tanenler, flavonoidler, fenolik asitler, kuersitrin, hiperosid, izokuersitrin, klorogenik asit ve rutin'dir (Barnes ve ark., 2001; Dall'Agnol ve ark., 2003). Bu türlerin, antimikrobiyal (Dall'Agnol ve ark., 2003; Crockett, 2010), antikanser (Agostinis ve ark., 2002), antidepresan (Butterweck ve ark., 2002), antiviral (Meruelo ve ark., 1988), antioksidant (Cakir ve ark., 2004) ve antifungal (Cakir ve ark., 2005) aktivitelere sahip oldukları bilinmektedir. Fenolik bileşikler, antioksidan özellikler taşıyan en az bir hidroksil grubu (OH) ve bunun fonksiyonel gruplarını içeren aromatik halkalı bileşiklerdir. *Hypericum*'larda bulunan fenolik bileşikler, sahip oldukları özellikler nedeniyle son derece büyük önem taşımaktadırlar. Hiperisinler (hiperisin ve psödohiperisin) sadece *Hypericum* türlerinde bulunmaktadır (Kitanov, 2001). *Hypericum perforatum* (St. John's) *Hypericum* cinsinin en iyi bilinen türüdür. *H. perforatum*'un yapraklarından elde edilen ekstraktlar farmasötik endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tatsis ve ark., 2007).

Son yıllarda hiperisin bileşiklerine olan talep gittikçe artmaktadır. Ticari hiperisin üretimi için tarlada yetiştirilen bitkiler kullanılmaktadır fakat bu şekilde elde edilen ürünler, çevresel şartlar, bakteri, mantar, virüs, böcek gibi verim kaybı ve tıbbi içeriğin değişmesine neden olan etkenlerle karşı karşıyadır. *Hypericum*'un sekonder metabolitlerinin büyüyen ticari öneminden dolayı bu bitkinin biyoteknolojik yolla üretimi üzerinde ilgi yoğunlaşmıştır. Son yıllarda, bitki hücre kültürü teknolojisi yöntemleri, çok sayıda faydalı sekonder bileşiğin üretiminde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Verpoorte ve ark., 2002).

H. retusum türü üzerine yapılmış birkaç çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, doku kültüründe yetiştirilen bu türün UV-B uygulamasına maruz bırakıldığında, total fenolik, flavonoid ve hiperisin içeriklerinin (Namlı ve ark., 2014) aynı şekilde linolenik asit, oleik asit ve linoleik asit miktarlarının da

arttığını (Isikalan ve ark., 2013) tesbit etmişlerdir. Bunun yanında, *H. retusum*'un antioksidatif ve antimikrobiyal (Kızıl ve ark., 2011; Akgöz ve Toker, 2013) aktivitelere sahip olduğu da ortaya çıkarılmıştır. Yapılan çalışmalarda Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin (BBD) *Hypericum* türlerinde bitki gelişimi ve fenolik bileşen içeriğini etkilediği bildirilmiştir (Dias ve ark., 2000; Liu ve ark., 2007; Coste ve ark., 2011). Aynı şekilde, sukroz konsantrasyonları, ışık ve pH uygulamaları da bu türlerde bitki gelişimi ve fenolik bileşen içeriğini artırmak amacıyla çalışılan parametrelerdir (Bais ve ark., 2002; Chui ve ark., 2010; Çetin, 2010). Bu çalışmayla, *H. retusum* bitkisi için ilk kez bir hücre süspansiyon kültürü protokolü geliştirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Materyali

H. retusum Aucher bitki örnekleri Diyarbakır İli'nden toplanmıştır. Örneklerin teşhisleri Prof. Dr. A.S. Ertekin tarafından yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkilere ait örnekler, Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi herbaryumunda tutulmaktadır (Herbaryum No: DUF-326).

Hücre Süspansiyon Kültürlerinin Kurulması

H. retusum tohumları, BBD içermeyen MS besi ortamında çimlendirildi. Çimlendirilen tohumlardan elde edilen sürgünler, 0.5 mg L⁻¹ BAP bulunan MS besi ortamına aktararak sürgünlerin geliştirilmesi ve çoğaltılması sağlandı (Namlı ve ark., 2010). Gelişen bitkiciklere ait yapraklar, kallus oluşumunu sağlamak için 30 gL⁻¹ sukroz, 0.1 mg L⁻¹ BAP + 0.5 mg L⁻¹ 2,4-D ve 0.5 mg L⁻¹ KİN+ 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D ilaveli MS besi ortamında 25±2 °C sıcaklıkta ve 16/8 saat (ışık/karanlık) ışık şartlarında kültüre alındı. Besi ortamlarının pH'sı 5.8 olacak şekilde ayarlandı. Süspansiyon kültürlerinin başlatılması için dağılabilen özellikteki kalluslardan yaklaşık 0.5 g olacak şekilde alınarak içinde 50 mL sıvı besi yeri bulunan 250'lik erlenlerde kültüre alındı. Besi ortamının içeriği kallus ortamı ile aynı olacak şekilde ayarlandı. Süspansiyon kültürleri 100 rpm'e ayarlanan çalkalayıcı (J.P. Selecta, s.a, Spain) üzerinde 5 hafta süreyle (Ellialtıoğlu ve ark., 1998) gelişime bırakıldı. Hücrelerin birbirlerinden ayrılmasını sağlamak için süspansiyon kültürü ortamları por çapları 500 µm,

250 µm ve 100 µm olan eleklerden (stainless steel süzgeç-cole parmer) geçirilerek her 14 günde bir alt kültürleri yapıldı.

Kültür Koşullarının Optimizasyonu

Bitki büyüme düzenleyicileri: Daha önce yaptığımız çalışmalarda en iyi kallus oluşturduğu tesbit edilen 0.1 mg L⁻¹ BAP + 0.5 mg L⁻¹ 2,4-D ve 0.5 mg L⁻¹ KİN+ 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D ortamlarının süspansiyon kültürünün gelişimi ve fenolik bileşen içeriği üzerine etkisi araştırıldı.

Sukroz konsantrasyonları: Oluşturulan *H. retusum* süspansiyon kültürleri sukroz konsantrasyonlarının kültür üzerine etkisini araştırmak amacıyla 15, 30 ve 50 g L⁻¹ sukroz bulunan MS besi ortamlarında kültüre alınmıştır.

Işık uygulamaları: Kültürler farklı ışık uygulamalarına (kontrol(16/8 aydınlık karanlık), sürekli aydınlık ve sürekli karanlık) maruz bırakılarak ışığın kültürler üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

ph uygulamaları: *H. retusum* süspansiyon kültürleri farklı başlangıç pH değerlerinin kültür gelişimi ve fenolik bileşen miktarı üzerine etkisini araştırmak amacıyla kültür ortamları; başlangıç pH'ları 4.5, 5.8 ve 6.5 olarak ayarlanan ortamlarda kültüre alınmıştır.

Hücre Gelişiminin Belirlenmesi

Hücre süspansiyon kültürlerinin gelişimini belirlemek amacıyla hücrelerin bulunduğu sıvı besiyerleri 0.45 µm'lik süzgeçten geçirilerek süzülmesi sağlanmıştır. Daha sonra etüvde 60 °C'de kurutularak kuru ağırlıkları alınmıştır.

İstatiksel Analiz

Kültürler üzerinde çalışılan farklı uygulamalarla oluşturulan farklı gruplar arasında, parametreler arasındaki farklılığın belirlenmesi için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Kruskal Wallis testi sonrası ikili karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Sonuçlar üç tekrarın ortalaması olarak verilmiştir. Testlerde anlamlılık düzeyi p≤0.05 olarak kabul edilmiştir.

Ekstraksiyon

Kuru örneklerin her birinden alınan 0.20 g bitki materyali üzerine 10 mL metanol eklenip çözelti 5 dakika süre ile sonikatörde özütlendi. Özütleme işleminden sonra elde edilen çözelti vakumla süzüldü. Bu işlemler 3 kez tekrarlandı ve üç işlem sonunda elde edilen metanol kısımları 50 mL'lik cam balonlarda toplandı. Çözeltideki metanol evaporatör yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra kabın içinde, hiperisin bileşiklerini içeren renkli bir tortu oluştu. Bu tortu metanolle çözülüp uygun seyreltme işlemleri yapıldıktan sonra LC-MS/MS'e enjekte edildi. Numuneler metanolde çözülerek seyreltikten sonra 0,2 µm filtreden geçirildi ve cihaza enjekte edildi. Fenolik bileşen analizi Ertaş (2014)'e göre yapıldı.

BULGULAR VE TARTIŞMA

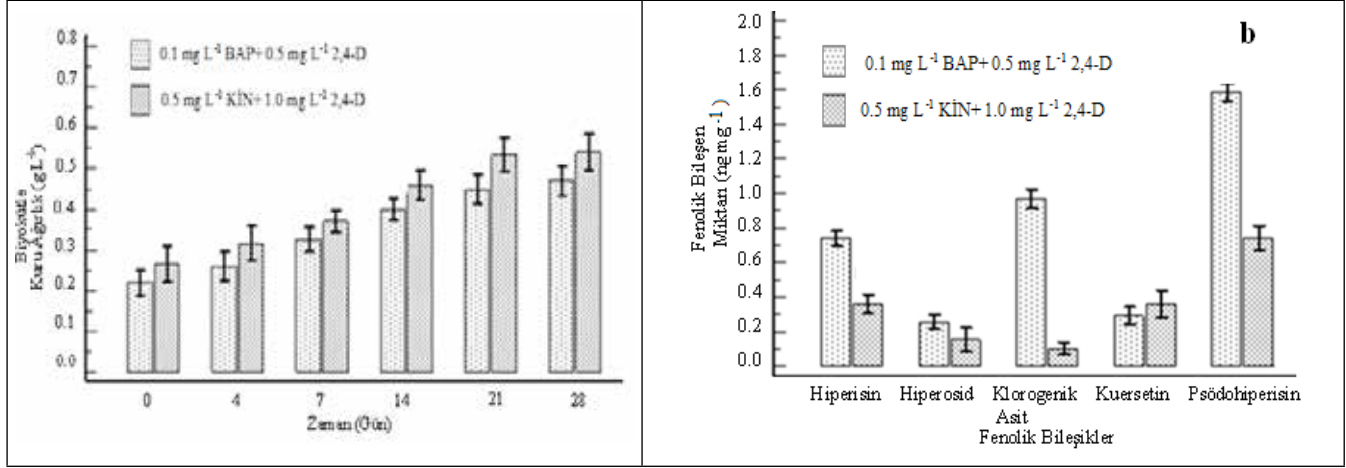
Süspansiyon Kültürlerinin Kurulması Hücre süspansiyon kültürlerinin oluşturulmasında başlangıç materyali olarak kullanılan eksplantlardan elde edilecek kallusların, yeterli miktarda ve istenilen özelliklerde olması da sekonder metabolit üretiminde başarıyı büyük ölçüde etkilemektedir. Bu amaçla beyaz renkli, kolay dağılabilen ve yumuşak dokulu kalluslar, hücre kültürlerinin oluşturulmasında en uygun kalluslar olarak kabul edilmektedir (Romulo ve ark., 1999). *H. retusum*'un kallus kültürleri, 0.5 mg L⁻¹ BAP içeren MS besi ortamında gelişen sürgünlerden elde edilen yapraklar kullanılarak oluşturuldu. Çalışmamızda, istenilen tipte kallus oluşturan, 0.1 mg L⁻¹ BAP+ 0.5 mg L⁻¹ 2,4-D ve 0.5 mg L⁻¹ KİN+ 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D ilaveli MS ortamlarında gelişen kalluslar süspansiyon kültürlerinin başlatılmasında da kullanıldı. Ortamın sıvı olabilmesi için agar ilavesi yapılmadı ve kültürler, çalkalayıcı (100 rpm) üzerinde 25 ± 2 °C'de ve 16/8 s ışık periyodunda gelişmeye bırakıldı ve her 14 günde bir alt kültürleri yapıldı. Praveen ve Murthy (2010), *Withania somnifera*'nın hücre süspansiyon kültürlerini, 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D ve 0.5 mg L⁻¹ KİN ilaveli MS besi ortamını kullanarak başlatmıştır.

Hücre Süspansiyon Kültürlerinin Büyüme Kinetikleri ve BBD'nin Etkisi

H. retusum'un sahip olduğu tıbbi olarak önemli bileşikler süspansiyon kültüründe geniş olarak elde

etmenin ilk aşaması, kültürlerde hücre proliferasyonu için optimizasyonu sağlamaktır. BBD sekonder metabolizmayı düzenleyen, ayrıca hücre kültürlerinde de büyüme ve sekonder metabolit üretimini etkileyen faktörlerdendir. Oluşturulan süspansiyon kültürleri

kallus kültür çalışmalarında iyi sonuç veren 0.5 mg L^{-1} KİN+ 1.0 mg L^{-1} 2,4-D ve 0.1 mg L^{-1} BAP+ 0.5 mg L^{-1} 2,4-D ortamlarında kültüre alındı. Kültürlerin gelişimlerini izlemek amacıyla 0, 4, 7, 14, 21 ve 28. günlerde kuru ağırlıkları alındı.



Şekil 1. Farklı hormon konsantrasyonlarında gelişen kültürlerin kuru ağırlık değişimleri(a) ve 28 gün sonundaki fenolik bileşen miktarları (b)

Çalışma sonucunda, 0.5 mg L^{-1} KİN+ 1.0 mg L^{-1} 2,4-D ve 0.1 mg L^{-1} BAP+ 0.5 mg L^{-1} 2,4-D hücre kültürlerinin gelişimleri izlendiğinde, 4 ve 14. günler arasında lag fazında olduğu, 21 günde logaritmik büyüme gösterdiği ve 28. günde durağan büyüme fazına ulaştığı gözlenmiştir (Şekil 1a).

Her iki BBD ortamında da maksimum kütle birikiminin (0.047 ± 0.034 ve $0.54 \pm 0.043 \text{ g L}^{-1}$) 28. günde olduğu kaydedilmiştir (Şekil 1a). Fakat büyüme sürecine bakıldığı zaman biyokütle büyümesinin 0.5 mg L^{-1} KİN + 1.0 mg L^{-1} 2,4-D içeren MS besi ortamında daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Kültürlerin gelişimi için ortama ilave edilen 2,4-D'nin, kullanıldığı konsantrasyona ve bitkinin kültür özelliklerine bağlı olarak hücrelerin aktif proliferasyonu ile kallus ve süspansiyon kültürlerinin sürekli olarak büyümesini tetiklediği bilinmektedir (Butenko, 1999).

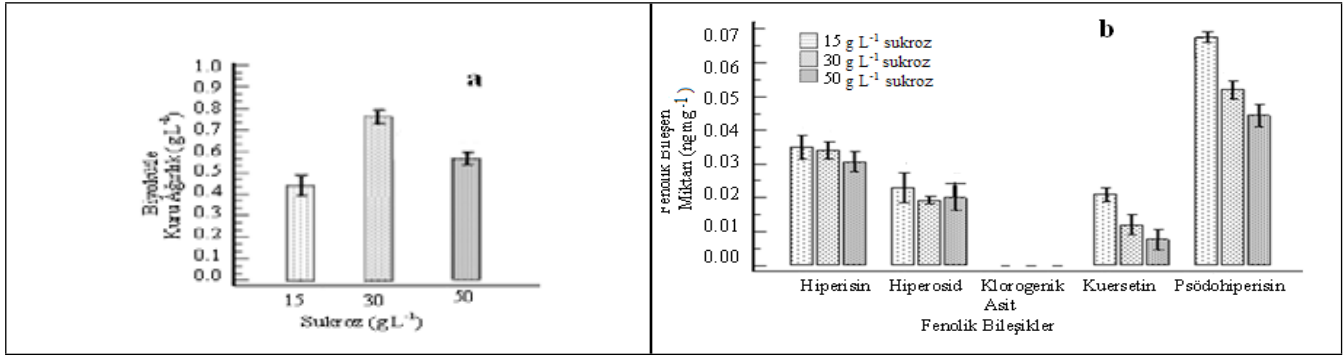
Kültürlerin fenolik madde içerikleri incelendiğinde, en yüksek hiperisin (0.743 ng mg^{-1}),

klorojenik asit (0.970 ng mg^{-1}) ve psödohiperisin (1.587 ng mg^{-1}) içeriklerinin 0.1 mg L^{-1} BAP+ 0.5 mg L^{-1} 2,4-D ilaveli MS besi ortamından elde edildiği görülmektedir (Şekil 1b). Dolayısıyla biyokütle olarak daha düşük yoğunluktaki grubun içerdiği fenolik madde miktarı daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. Birçok sekonder metabolitin kültürlerde hücre bölünmesinin yavaşladığı hatta durduğu evrelerde üretildiği bilinmektedir (Glick ve Pasternak, 2003; Yeoman ve ark., 1990). Çalışmamızda da biyokütle miktarı düşük olan kültürlerdeki fenolik madde miktarının daha fazla çıkması bu bilgiyle örtüşmektedir.

Sukroz Konsantrasyonlarının Etkisi

Sukroz, bitki doku kültürleri için genellikle tercih edilen karbon kaynağıdır.

H. retusum'un hücre süspansiyon kültürlerinde biyokütle birikimi ve sekonder metabolit içeriğini artırmak amacıyla sukroz 15 ve 50 g L^{-1} konsantrasyonlarında çalışıldı, kontrol grubu olarak ta 30 g L^{-1} sukroz kullanıldı.



Şekil 2. *H. retusum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde biyokütle birikimi(a) ve sekonder metabolit içeriği (b) üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

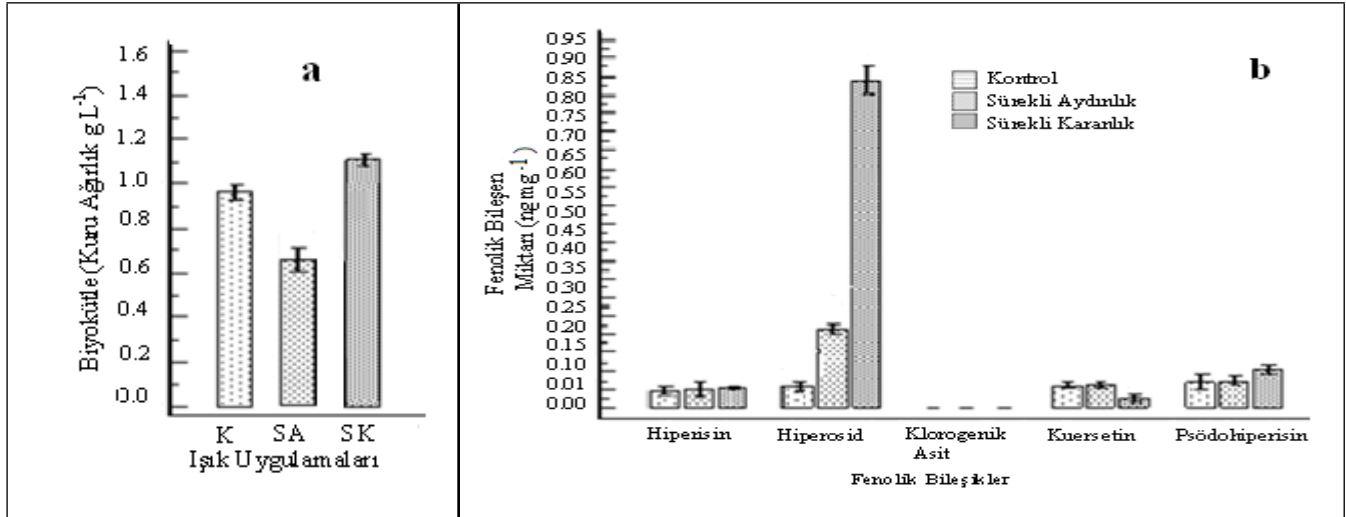
Çalışma Sukroz, bitki doku kültürleri için genellikle tercih edilen karbon kaynağıdır. *H. retusum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde biyokütle birikimi ve sekonder metabolit içeriğini artırmak amacıyla sukroz 15 ve 50 g L⁻¹ konsantrasyonlarında çalışıldı, kontrol grubu olarak da 30 L⁻¹ sukroz kullanıldı.

Çalışma sonucunda sukrozun 30 g L⁻¹ (0.76 g L⁻¹) ve daha sonra 50 g L⁻¹ (0.56 g L⁻¹) oranında kullanıldığı grupların en fazla biyokütle birikimini sağladığı bulunmuştur. En düşük biyokütle birikimi ise 15 g L⁻¹ (0.44 g L⁻¹) sukroz ilaveli ortamdan elde edilmiştir. Çalışmamızda, sukroz konsantrasyonu 15 L⁻¹'den 30 L⁻¹'ye artırıldığında kültürdeki hücrelerin kuru ağırlıklarında (0.44 g L⁻¹'den - 0.76 g L⁻¹'ye) artış meydana gelmiş yani artan şeker konsantrasyonu kültürdeki hücrelerin gelişimini de artırmıştır. Fakat daha yüksek sukroz konsantrasyonunda (50 g L⁻¹) kültür gelişiminin gerilediği tesbit edilmiştir (Şekil 2a). İn vitro kültürlerde artan sukroz konsantrasyonlarının osmotik strese yol açtığı bilinmektedir. Çalışmamızda da sukroz konsantrasyonunun artmasıyla kuru ağırlıkta meydana gelen düşüş, süspansiyondaki hücrelerde osmotik stresin meydana geldiğini göstermektedir. Chui ve ark. (2010), *H. perforatum*'un adventif kök kültürlerinde denedikleri artan sukroz seviyelerinde (% 0, 1, 3, 5, 7, ve 9 in w/v) maksimum taze ve kuru ağırlığı % 3 sukroz oranından elde etmiş, %3'ten daha yüksek sukroz konsantrasyonlarında (% 5,7 ve 9 w/v) kuru ağırlığın sırasıyla düştüğünü, bu düşüşün % 3 ten daha yüksek sukroz konsantrasyonlarının kök gelişimini inhibe ettiğini ve bunun da hücre ve organ kültürlerinde oluşan osmotik stresten kaynaklandığını bildirmişlerdir. Farklı sukroz

konsantrasyonlarının kullanıldığı grupların fenolik bileşen içerikleri karşılaştırıldığında, hiperisin(0.035 ng mg⁻¹), hiperosid miktarlarının (0.023 ng mg⁻¹) kuersetin (0.021 ng mg⁻¹) ve psödohiperisin (0.067 ng mg⁻¹) içeriklerinin 15 g L⁻¹ sukroz destekli ortamda diğer iki gruptan daha yüksek miktarlarda olduğu bulunmuştur. Bu bileşikler içerisinde en yüksek miktarlarda bulunanlar psödohiperisin ve hiperisindir. Klorogenik asit ise çalışılan ortamlarda tesbit edilememiştir (Şekil 2b). Kültür ortamlarında sukrozla artan osmotik basıncın, antosiyaninler ve betasiyaninler gibi bazı sekonder metabolitlerin üretimini artırdığı bildirilmektedir (Sakuta ve ark., 1986; İlker, 1987). Başlangıç sukroz konsantrasyonunun bitki hücre kültürlerinde, kültürlerin büyüme oranı ve sekonder metabolit üretimi gibi çoğu parametreleri etkilediği bildirilmiştir (Akalezi ve ark., 1999; Zhong ve Yoshida, 1995). Iranbakhsh ve ark.(2007), *Datura stramonium* bitkisinin hücre süspansiyon kültüründe, 20 g L⁻¹ sukroz konsantrasyonunun en yüksek alkaloid üretimini sağladığını tesbit etmişlerdir. Sukroz konsantrasyonunun normal olarak kullanılan % 2-3 seviyelerinin altına düşmesinin *Panax notoginseng*'in süspansiyon kültürlerinde ginseng saponin ve polisakkaritlerin üretimini uyardığı bildirilmiştir (Zhang ve ark.,1996).

ışığın Etkisi

Hücre süspansiyon kültürlerinde farklı ışık uygulamalarının kültürler üzerindeki etkisini araştırmak üzere, *H. retusum* kültürleri sürekli aydınlık, sürekli karanlık ve kontrol(16 s aydınlık, 8 s karanlık) olmak üzere üç farklı ışık ortamına maruz bırakılmıştır.



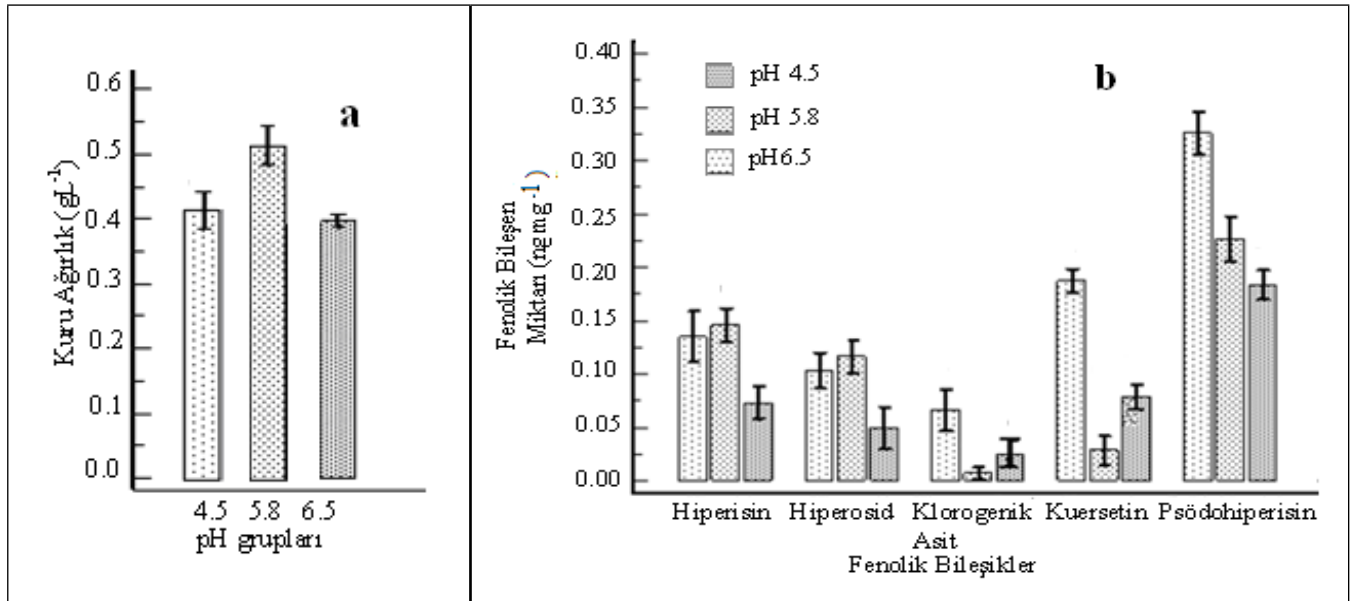
Şekil 3. Farklı ışık uygulamalarında gelişen süspansiyon kültürlerinin 28. Gün sonundaki kuru ağırlık (a) ve fenolik bileşik içerikleri (b)

Çalışılan bu ortamlar içerisinde 28. günün sonunda, en yüksek ortalama kuru ağırlık değeri (1.12 g L^{-1}) sürekli karanlık ortamda gelişen kültürlerden ve en düşük kuru ağırlık değeri ise (0.66 g L^{-1}) sürekli olarak aydınlık şartlara maruz bırakılan kültürlerden elde edilmiştir (Şekil 3a). Işık varlığında IAA-oksidadın aktivitesinin artarak sitokin ve oksin arasındaki iç dengeyi değiştirdiği ve kültürlerde büyümeyi azalttığı bildirilmiştir (Gaspar ve ark., 1982). Yani aydınlık koşullarda elde edilen başarının, karanlıkta tutulan kültürler göre düşük olması, besin ortamına ilave edilen oksinlerin aydınlık koşullarda parçalanarak, kültürün gelişimini engellemesi şeklinde açıklanabilmektedir (Westwood, 1993). Çetin (2010), asma hücre süspansiyon kültüründe denediği üzüm çeşitlerinde ortalama hücre sayısı ve ortalama hücre kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerleri karanlık ortamda kültüre aldığı hücrelerden elde etmiştir. Bais ve ark. (2002), *H. perforatum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde karanlık şartlardaki biyokütle miktarının, aydınlıktaki kültürlerden daha fazla olduğunu tesbit etmişlerdir. Bu ortamların fenolik bileşen içerikleri karşılaştırıldığında, hiperisin içeriklerinin her üç ortamdaki kültürlerde birbirine yakın değerlerde olduğu bulunmuştur. Hiperosid miktarı (0.215 ng mg^{-1}) sürekli aydınlık ortamdaki kültürlerde en yüksek değerde bulunurken, klorogenik asit (0.012 ng mg^{-1}) sadece kontrol ortamındaki kültürlerde ve oldukça düşük miktarlarda tesbit edilmiştir. Kuersetin içeriği sürekli aydınlık ortamında gelişen kültürlerde daha fazla miktarda (0.063 ng mg^{-1}) bulunmuştur. Psödohiperisin (0.105 ng mg^{-1}) miktarı sürekli karanlık ortamda

gelişen kültürlerde en yüksek miktarda bulunmuştur (Şekil 3b). Walker ve ark. (2002), *H. perforatum* hücre süspansiyon kültürlerinin karanlık ortamda ürettikleri hiperisin içeriğinin aydınlık ortamdakinden daha yüksek düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Bais ve ark.(2002), yaptıkları çalışmada *H. perforatum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde total hiperisin içeriğinin karanlık şartlarda (ışıklı ortamdakinin 2.5 katı) maksimuma ulaştığını bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar, sürekli ışık şartları altında, *H. perforatum*'da pigmentlerin daha az birikimiyle sonuçlanan hiperisinin etkili bir şekilde dönüşümünün arttığını gözlemlemişlerdir (Poutaroud ve ark., 2001). Önceki çalışmalar, süspansiyon kültürlerinde hiperisin üretimi ve büyümenin önemli ölçüde karanlık şartlar tarafından kontrol edildiğini bildirmektedir (Bais ve ark. 2002). Sekonder metabolitlerin, özellikle fenolik bileşiklerin, sürekli ışık şartları altında foto-dönüşümü engelleyen bir foto-blok oluşturabilmeleri muhtemeldir (Hahlbrock ve Scheel, 1989).

Başlangıç Ph Değerinin Etkisi

Hücre süspansiyon kültürlerinde çoğalma ve sekonder metabolit üretimini etkileyen etmenlerden bir diğeri de kültür ortamının pH'sıdır. Kültür ortamlarının başlangıç pH'larında yapılan değişikliklerin, hücrelerde çoğalmayla ilgili bazı enzimatik reaksiyonları etkilediği bildirilmiştir (Sökmen ve Gürel, 2001). Bu amaçla *H. retusum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde farklı pH başlangıç değerlerinin (pH 4.5, 5.8 ve 6.5) etkisini araştırdık.



Şekil 4. Farklı pH uygulamalarında gelişen süspansiyon kültürlerinin 28. gün sonundaki kuru ağırlık (a) ve fenolik bileşik içerikleri (b)

Çalışmamızda denenen pH değerleri içerisinde 28. günün sonunda elde edilen kuru ağırlıklar bakımından en yüksek biyokütle birikimi (0.52 g L^{-1}), kontrol ortamı olan pH 5.8 grubundan elde edilmiştir. Düşük pH değeri olarak kullanılan pH 4.5 ve yüksek pH değeri olarak kullanılan pH 6.5 ortamlarında kuru ağırlık değerleri (0.42 ve 0.40 g L^{-1}) pH 5.8'den daha düşük seviyelerde kalmış dolayısıyla bu pH değerlerinin hücre çoğalmasını olumsuz etkilediği görülmüştür (Şekil 4a). Ortam pH'sının optimum olarak bilinen pH 5.8 değerinde meydana gelen değişiklikler, çeşitli mineral iyonlarının ortamda bulunmalarını ve bunların bitki hücreleri tarafından alınmalarını etkilemektedir. Çakır (2004) *Astragalus chrysochlorus*'un hücre süspansiyon kültürlerinin başlangıç pH'larının 5.7 olduğu kontrol koşullarının, kültürlerin maksimum hücre miktarına ulaştıklarını, bu değerlerin altında ve üstündeki pH değerleri olan pH 4.7 ve 6.7 koşullarının ise çoğalmayı kontrole göre düşürmekle birlikte, çoğalma üzerinde en az olumsuz etki gösteren kültürleme koşulları olduğunu bildirmiştir. Bu ortamların fenolik bileşen içerikleri karşılaştırıldığında, hiperisin ve hiperosid içeriklerinin, pH 5.8 (0.146 ng mg^{-1} - 0.110 ng mg^{-1}) ortamlarındaki kültürlerde en yüksek değerlerde yken klorojenik asit miktarının pH 4.5'te en yüksek miktarda (0.67 ng mg^{-1}) olduğu tespit edilmiştir. Kuersetin ve psödohiperisin miktarları düşük pH (pH 4.5)'da diğer pH gruplarına göre oldukça yüksek düzeyde (0.187 ng mg^{-1}) üretilmiştir. (Şekil 4b). Bu da kültür ortamındaki

hücrelerin gelişimine olumlu yönde katkıda bulunmayan bu stres koşullarında fenolik bileşiklerin daha fazla üretildiğini göstermektedir. Çilek ile yapılan bir çalışmada 3.7-8.7 arasında denenen pH değerlerinden 8.7'nin antosiyanin üretimini kontrol değer olan 5.7'ye göre yaklaşık 2 kat artırdığı bildirilmektedir (Zhang ve Furusaki, 1997).

SONUÇ

Bu çalışma sonucunda *H. retusum* bitkisinin hücre süspansiyon kültürlerinde en iyi biyokütle birikiminin, 0.5 mg L^{-1} KİN+ 1.0 mg L^{-1} 2,4-D ve 30 g L^{-1} sukroz ilaveli MS besi ortamında, pH'sı 5.8 ve sürekli karanlık şartlar altında olan ortamdan elde edildiğini ortaya koymuştur. En yüksek fenolik bileşik içeriği, 0.1 mg L^{-1} BAP+ 0.5 mg L^{-1} 2,4-D ve 15 g L^{-1} sukroz ilaveli ve pH'sı 4.5 olan ortamdan elde edilmiştir. Çalışmamızda yaptığımız çeşitli uygulamalarda, fenolik bileşen miktarlarının uygulanan gruplar arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun, sekonder metabolit üretiminde, aynı süspansiyon kültüründe yer alan hücrelerin, metaboliti üreten ve üretmeyen hücrelerin karışımından oluşmuş olmaları nedeniyle, sekonder metabolit üretiminde çoğunlukla hücreler arasında farklılıkların bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, sekonder metabolit üretiminin, üretime katkıda bulunan hücreler arasında bile homojen olmayabileceği

ifade edilmiştir (Mukundan ve ark., 1998; Kim ve ark., 2004). Bu nedenle hücre süspansiyon kültürleri ile geniş ölçekli üretim, bitki hücrelerinin yavaş gelişmesi, düşük dayanım göstermeleri ve daha pek çok spesifik özelliklerinden dolayı son derece zor bir süreci içermektedir (Bourgaud ve ark., 2001).

KAYNAKLAR

- Agostinis P, Vantieghe A, Merlevede W, De WPAM, 2002. Hypericin in cancer treatment: More light on the way. *International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 34: 221–41.
- Akgoz Y, Toker Z, 2013. Antioxidant And Antimicrobial Effects Of *Hypericum Retusum* Aucher Plant Extracts Prepared In Various Solvents. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22: 493 – 499.
- Bais HP, Walker TS, McGrew JJ, Vivanco JM, 2002. Factors affecting growth of suspension culture of *Hypericum perforatum* and production of hypericin. *In vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 38: 58-65.
- Bais HP, Walker TS, McGrew JJ, Vivanco JM, 2002. Factors affecting growth of suspension culture of *Hypericum perforatum* and production of hypericin. *In vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 38: 58-65.
- Barnes J, Anderson LA, Phillipson JD, 2001. St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): A review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. *Journal of Pharm Pharmacology*, 53: 583–600.
- Bertoli A, Cirak C, Teixeira da Silva J.A, 2011. *Hypericum* species as source of valuable essential oils. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 5: 29–47.
- Butterweck V, Bockers T, Korte B, 2002. Long-term effects of St. John's wort and hypericin on monoamine levels in rat hypothalamus and hippocampus. *Brain Research*, 930: 21–9.
- Coste A, Vlase L, Halmagyi A, Deliu C, Coldea G, 2011. Effects of plant growth regulators and elicitors on production of secondary metabolites in shoot cultures of *Hypericum hirsutum* and *Hypericum maculatum*. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 106: 279–288.
- Crockett SL, 2010. Essential oil and volatile components of the genus *Hypericum* (Hypericaceae). *Natural Product Communications*, 5: 1493–506.
- Cui X H, Murthy HN, Wu CH, Paek KY, 2010. Sucrose-induced osmotic stress affects biomass, metabolite, and antioxidant levels in root suspension cultures of *Hypericum perforatum*. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 103:7–14.
- Çakır Ö, 2004. Kimyasal kültürleme koşullarının *Astragalus chrysochlorus* hücre süspansiyon kültürleri üzerindeki çeşitli etkilerinin incelenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s.
- Çetin ES, 2010. Asmada hücre süspansiyon kültürleri ile sekonder metabolit üretimi üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 128s.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesine maddi destek sağlayan Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP-Proje No: 13-FF-110) Birimi'ne teşekkür ederiz.

- Dall'Agno R, Ferraz A, Bernardi AP, 2003. Antimicrobial activity of some *Hypericum* species. *Phytomedicine*, 10: 511–16.
- Davis PH, 1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Press
- Dias ACP, Seabra RM, Andrade PB, Ferreres F, Fernandes M, 2000. Xanthone biosynthesis and accumulation in calli and suspended cells of *Hypericum androsaemum*. *Plant Science*, 150: 93–101.
- Elliältioğlu Ş, Üstün A S, Mehmetoğlu Ü, 1998. Hücre süspansiyon kültüründe fitoaleksinin üretimi. *Bitkilerde Stres Fizyolojisinin Moleküler Temelleri*. E.Ü.Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, 22-26 Haziran 1998, Bornova-İZMİR, S: 82- 96.
- Ertas A, Boga M, Yılmaz MA, Yesil Y, Hasimi N, Kaya MS, Kolak U, 2014. Chemical compositions by using LC-MS/MS and GC-MS and biological activities of *Sedum sediforme*, Jacq. Pau. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 62: 4601-4609.
- Gaspar T, Penel C, Greppin H, 1982. Peroxidases 1970–1980. A Survey of Their Biochemical and Physiological Roles in Higher Plants. University of Geneva, Geneva
- Glick BR, Pasternak JJ, 2003. *Molecular Biotechnology, Principles and Applications of Recombinant DNA 3rd Edition, Large Scale Production of Proteins from Recombinant Microorganisms*, ASM Press, Washington, 481-509. ISBN: 1-55581-269-4.
- Hahlbrock K, Scheel D, 1989. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol. Molecular Biology*, 40: 347–369.
- Iranbakhsh AR, Oshagi MA, Ebadi M, 2007. Growth and production optimization of tropane alkaloids in *Datura stramonium* cell suspension culture. *Pakistan journal of Biological Sciences*, 10: 1236-1242.
- Isikalan C, Karakus P, Kuru IS, Celik KS, 2013. The Effect Of Uv-B On Fatty Acid Content And Radical Scavenging Activity Of Methanolic Extracts From *Hypericum Retusum* Aucher Grown Under In Vitro Conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22: 1184 – 1188.
- İlker R, 1987. *In vitro* pigment production: an alternative to color synthesis. *Food Technology*, 41: 70-72.
- Kızıllı G, Kızıllı M, Çeken B, Yavuz M, Demir H, 2011. Protective Ability of Ethanol Extracts of *Hypericum Scabrum* L. and *Hypericum Retusum* Aucher Against the Protein Oxidation and DNA Damage. *International Journal of Food Properties*, 14: 926-940.

- Kitanov GM, 2001. Hypericin and pseudohypericin in some *Hypericum* species. *Biochemical Systematics And Ecology*, 29: 171-178.
- Liu XN, Zhang Q, Zhang SX, Sun JS, 2007. Effects of cytokinins and elicitors on the production of hypericins and hyperforin metabolites in *Hypericum sampsonii* and *Hypericum perforatum*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 9: 1-7.
- Meruelo D, Lavie G, Lavie D, 1988. Therapeutic agents with dramatic antiretroviral activity and little toxicity at effective doses: Aromatic polycyclic diones hypericin and pseudohypericin. *Proceeding of The National Academy of Science of USA*, 85: 5230-4.
- Namlı S, Akbaş F, Işıkalın Ç, Ayaz Tilkat E, Başaran D, 2010. The effect of different plant hormones (PGRs) on multiple shoots of *Hypericum retusum* Aucher. *Plant Omics Journal*, 3: 12-17.
- Namlı S, Işıkalın C, Akbaş F, Toker Z, Ayaz Tilkat E, 2014. Effects of UV-B radiation on total phenolic, flavonoid and hypericin contents in *Hypericum retusum* Aucher grown under *in vitro* conditions. *Natural Product Research*, 28: 2286-2292.
- Poutaraud A, Gregorio FD, Fook VC, Girardin P, 2001. Effect of light on hypericin content in fresh flowering top parts and in extract of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.). *Planta Medica*, 67: 254-259.
- Praveen N, Murthy HN, 2010. Establishment of cell suspension cultures of *Withania somnifera* for the production of withanolide. *Bioresource Technology*, 101: 6735-6739.
- Romulo MLZ, Studart-Guimarães C, Landsmann J, Campos FAP, 1999. Establishment of callus and cell suspension cultures of *Opuntia ficus-indica*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 58: 155-157.
- Sakuta M, Takagi T, Komamine A, 1986. Growth related accumulation of betacyanin in suspension cultures of *Phytolacca americana* L. *Journal of Plant Physiology*, 125: 337-343.
- Sökmen A, Gürel E, 2001. Sekonder Metabolit Üretimi, 211-261, Bitki Biyoteknolojisi, Doku Kültürü ve Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, ISBN: 975-6652-04-7.
- Verpoorte R, Contin A, Memelink J, 2002. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochemistry Reviews*, 1: 13-25.
- Walker TS, Bais HP, Vivanco JM, 2002. Jasmonic acid-induced hypericin production in cell suspension cultures of *Hypericum perforatum* L. (St. John's wort). *Phytochemistry*, 60: 289-293.
- Westwood MN, 1993. Hormones and growth regulators, temperate zone pomology: physiology and culture. Timber Press, Inc. S.W. Wilshire, 124, Portland, Oregon.
- Yeoman MM, Holden MA, Corchet P, Holden PR, Goy JG, Hobbs MC, 1990. Exploitation of Disorganized Plant Cultures for the Production of Secondary Metabolites, 139-166, Secondary Products from Plant Tissue Culture, Oxford University Press, New York, ISBN: 0-19-857717-6.
- Zhang W, Furusaki S, 1997. Regulation of Anthocyanin Synthesis in Suspension Cultures of Strawberry Cell by pH. *Biotechnology Letters*, 11: 1057-1061.
- Zhang YH, Zhong JJ, Yu JT, 1996. Enhancement of ginseng saponin production in suspension cultures of *Panax notoginseng*: manipulation of medium sucrose. *J Biotechnol*, 51: 49-56. Zhong JJ, Yoshida T, 1995. High-density cultivation of *Perilla frutescens* cell suspensions for anthocyanin production: effects of sucrose concentration and inoculum size. *Enzyme Microbiology Technology*, 17: 1073-1079.

Farklı Standartlara Göre Silo Yüzeyindeki Dış Basınç Katsayılarının Belirlenmesi

Hakan KİBAR¹

ÖZET: Bu çalışmada 14 m yüksekliğinde ve 6 m çapa sahip çelik silindirik bir siloda farklı yükseklik/çap (h/d_c) ve silo yüzeyine farklı rüzgar geliş açılarına (θ_w) göre rüzgar dış basınç katsayısı (C_p) değerleri araştırılmıştır. Araştırmada dış basınç katsayıları için Eurocode (EN), Avustralya standardı (AS) ve İngiliz standardı (BS) kullanılmıştır. Araştırmada EN ve AS standartlarına göre hesaplamalar yapılarak katsayı değerleri elde edilmiş olup BS standardı için verilen çizelge değerleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. EN ve AS standartlarına bağlı olarak farklı h/d_c oranlarında silo yüzeyine 20° lik rüzgar geliş açısına kadar pozitif C_p katsayıları elde edilmiştir. Silo yüzeyine 20° lik rüzgar geliş açısından sonraki açı değerlerinde ise negatif C_p katsayıları belirlenmiştir. İstatistik analiz sonucunda EN, AS ve BS standartları arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Sonuç olarak silo tasarımında önemli bir çevresel yük grubundan olan rüzgar yükünün hesaplanmasında rüzgar hızı, ve yörenin topoğrafik koşullarına bağlı olarak değişim gösterebilen C_p katsayılarının dikkate alınarak tasarım yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Avustralya standardı, dış basınç katsayısı, Eurocode, İngiliz standardı, silo

The Determination of External Pressure Coefficients on The Silo Surface According to Different Standards

ABSTRACT: In this study, wind external pressure coefficient (C_p) values were investigated according to different height/diameter (h/d_c) and different wind arrival angles (θ_w) to the silo surface in a steel cylindrical silo with 14 m height and 6 m diameter. Eurocode (EN), Australian standard (AS) and British standard (BS) were used for the external pressure coefficients in the study. In the study, coefficient values were obtained calculating according to EN and AS standards and compared with the table values given for the BS standard. Depending on the EN and AS standards, positive C_p coefficients were obtained at different h/d_c ratios up to a 20° wind arrival angle to the silo surface. Negative C_p coefficients were determined at higher values of the 20° wind arrival angle to the silo surface. Statistically significant differences ($P<0.05$) were found among the EN, AS and BS standards. As a result, design must be made considering the C_p coefficients which can vary depending on the wind speed and the topographic conditions of the area in the calculation of the wind load which is one of the important environmental load groups in the silo design.

Keywords: Australian standard, external pressure coefficient, Eurocode, British standard, silo

¹ Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi, Bolu, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hakan KİBAR, hakan.kibar@ibu.edu.tr

GİRİŞ

İnsan beslenmesinde ihtiyaç duyulan gıda ürünlerinin yıl boyunca sürekliliğinin sağlanabilmesi için bu ürünlerin kalitelerinin bozulmadan uzun bir süre muhafaza edilmesi gerekmektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan nüfus nedeniyle depolama yapılarına olan ihtiyaçta artış göstermektedir. Hasattan sonra bu ürünlerin muhafazaları amacıyla farklı depolama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu depolama sistemlerinden günümüzde yaygın olarak kullanılanları yatay ve düşey depolar (silolar) ile kontrollü atmosfer, modifiye atmosfer, hiperbarik ve hipobarik depolama sistemleridir. Bu depolama yapılarından bir tanesi olan silolarda günümüzde ticari faaliyetlere yönelik olarak depolama amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşey depolardan olan siloların cidarında; çelik, betonarme, ahşap, fiberglas, alüminyum, ferroçimento gibi çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Silolar genellikle büyük depolama kapasitelerine sahip ticari amaçlı ve küçük depolama kapasitesine sahip çiftçi depolama sistemleri olarak tasarlanabilmektedir. Ancak ticari ve çiftçi depolaması için silolarda en yaygın kullanılan cidar malzemesi çeliktir.

Yüksek yapılardan olan siloların tasarımında statik ve dinamik yükler dikkate alınarak tasarım yapılmaktadır. Siloda göz önüne alınması gereken önemli statik ve dinamik yükler; ürünün depoya doldurulmasında ortaya çıkan doldurma yükleri, boşaltma esnasında oluşan boşaltma yükleri, sıcaklık farkından oluşan yükler, rüzgar yükleri, kar yükleri ve deprem yükleridir. Günümüzde bu yüklerin hesaplanmasında AS 3774, (1996), ACI 313-97, (1998), EN 1990, (2002), EN 1991-4, (2006), EN 1993-4-1, (2007), BS 5502-74: 1991, (2009) ve ASAE 1995, (2010) gibi çok farklı standartlar geliştirilmiştir.

Yüksek yapı özelliğine sahip bir siloda tasarım esnasında çevresel yüklerden bir tanesi olan rüzgar yükü etkisi mutlaka göz önüne alınması gereken bir önemli koşuldur. Rüzgar yükü etkisinin siloda hesaplanabilmesi için farklı ülkeler tarafından farklı standartlar geliştirilmiştir. Bu amaçla Avrupa

ülkelerinin birçoğunda EN 1991-1-4, (2005), Avustralya'da AS 1170.2:1997, (2002) ve Birleşik Krallık ülkelerinde ise yaygın olarak BS 6399-2: 1997, (2002) standartları günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Düşey (silo) ve yatay depo gibi depolama yapılarının dış yüzeyi üzerindeki rüzgar basınçları, pek çok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda hem dış basınç katsayıları hemde rüzgar tünel testleri ile basınçlar hesaplanılmaya çalışılmıştır (Purdy, 1967; Sabransky, 1987; Macdonald et al., 1988; Portela, 2005a, b).

Rüzgar özellikle boş durumdaki yüksek siloların stabilitesini etkileyebilmekte, bu durumda kolonlarda ve temellerde oluşan gerilmeler dolu durumda meydana gelen etkilerden daha büyük olabilmektedir. Özellikle silindirik silolar herhangi bir ürünle dolu olmadığı durumlarda rüzgar etkisinin oluşturacağı ovalleşme gibi etkilerin de denetlenmesi zorunlu olmaktadır (Greiner, 1998). Rüzgar yüklerinin hesaplanmasında önemli bir faktör, silo yüksekliği boyunca önemli bir değişkenlik gösteren dış basınç katsayılarıdır (C_p).

Bu çalışmanın amacı Bolu ilinde 14 m yüksekliğe ve 6 m çapa sahip düz tabanlı buğday depolanan çelik silindirik bir siloda Eurocode ve AS standardına göre C_p katsayılarını hesaplamak ve hesaplanan bu değerleri BS standardına göre verilen Çizelge değerleri karşılaştırılmasıdır. Karşılaştırma sonucunda yöntemler arasında fark olup olmadığı, ülkemizde çevirisi yapılarak kullanılan Eurocode standardının diğer standartlardan farkı ortaya konulacaktır. Ayrıca bu çalışma sonucunda silo tasarımında kullanılan rüzgar yükü eşitliklerine temel veri sağlanacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanı olan Bolu ili 40° 44' kuzey enlemi ile 31° 37' doğu boylamı arasında yer almaktadır. Bolu ilinin 2004-2016 yılları arası iklim verilerinin aylık ortalaması Çizelge 1'de verilmiştir (TÜMAS, 2017).

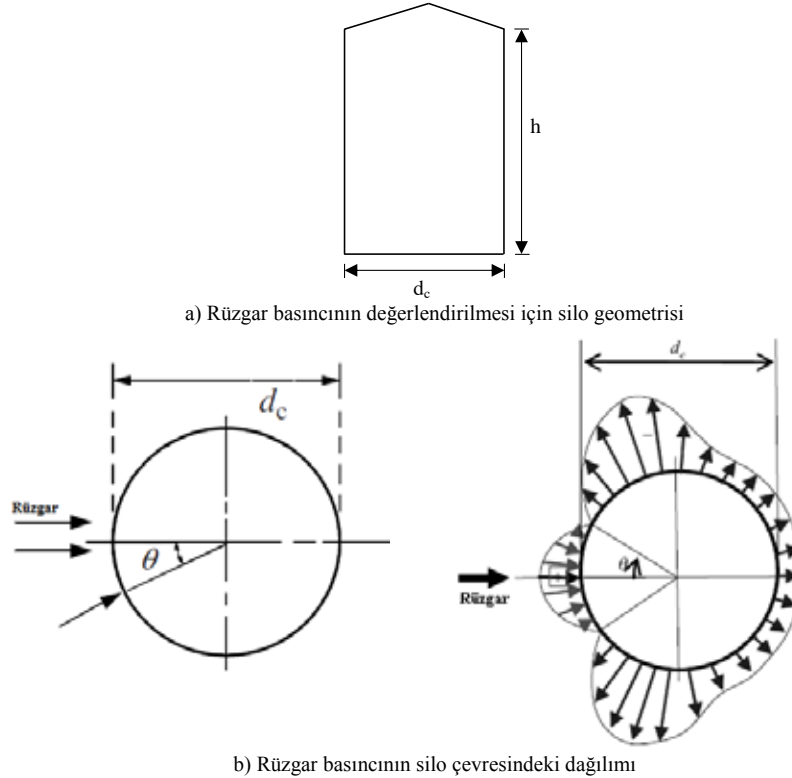
Çizelge 1. Bolu ilinin aylık ortalama iklim parametreleri

Aylar	Ortalama rüzgar hızı, $m\ sn^{-1}$	Ortalama sıcaklık, $^{\circ}C$	Ortalama bağıl nem, %
Ocak	1.3	1.6	82.1
Şubat	1.5	3.6	76.9
Mart	1.6	6.4	73.1
Nisan	1.6	10.6	69.7
Mayıs	1.5	15.1	72.5
Haziran	1.5	18.6	71.1
Temmuz	1.7	21.0	67.7
Ağustos	1.6	21.1	66.9
Eylül	1.4	16.7	71.9
Ekim	1.3	11.8	77.6
Kasım	1.2	7.1	76.4
Aralık	1.2	2.8	81.5

Çalışmada ele alınan düz yüzeyle çelik silonun yapısal özellikleri $h = 14\ m$, $d_c = 6\ m$, cidar kalınlığı $(t) = 6\ mm$, Elastisite modülü $= 2.1 \times 10^8\ kPa$ ve poisson oranı $= 0.3$ tür. Ayrıca siloda buğday ürününün depolandığı kabul edilmiştir. Araştırmada buğday birim ağırlığı ortalama $0.77\ t\ m^{-3}$ olarak alınmıştır (Kibar,

2016). Seçilen parametrelere göre silo hacmi $396\ m^3$ olup depolama kapas

itesi ise 296 ton olarak bulunmuştur. Çalışmada ele alınan düz yüzeyle silindirik silo geometrisi ve rüzgar yükü basınç dağılımı Şekil 1’ de verilmiştir.



Şekil 1. Silindirik silo üzerindeki rüzgar basınçları

EN 1993-1-1, (2005) ve EN 1991-4, (2006)' ya göre yapılan sınıflandırmada h/d_c oranı, $14/6 = 2.33$ olduğundan çalışmada kullanılan silo tipi narin silodur. Silo kapasitesi 296 ton olduğundan ilgili standarda göre silonun Etki Değer Sınıfı AAC1 ve önemlilik sınıfı CC3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca cidar yüzeyi olarak D1 malzemesinin kullanılacağı kabulü yapılmıştır (EN 1991-4, 2006).

EN 1991-1-4, (2005)'e göre silindirik silolara etki eden rüzgarın oluşturduğu dış basınç katsayıları (C_p) eşitlik 1 ile belirlenmektedir. Bu formül, altı farklı rüzgar modunun süperpozisyonunu temsil etmektedir. Ayrıca eşitlik 1' de verilen rüzgar basıncı harmonik katsayı değerleri ise Çizelge 2' de verilen eşitlikler ile belirlenmiştir. Bu eşitlik rüzgarın tüm yönleri için de kullanılabilir.

$$C_p = a_0 + a_1 \cos \theta_w + a_2 \cos 2\theta_w + a_3 \cos 3\theta_w + a_4 \cos 4\theta_w + a_5 \cos 5\theta_w \quad (1)$$

Eşitlikte;

C_p : Dış basınç katsayısı

a : Silindirik silo üzerindeki rüzgar basıncı harmonik katsayısı

θ_w : Silindirik silo cidarı üzerine etki eden rüzgar açısı, radyan

d_c : Silonun çapı, m

h : Silo yüksekliği, m

Çizelge 2. Silindirik silo üzerindeki rüzgar yükü için harmonik katsayılar (EN 1991-1-4, 2005)

Katsayı	Değer
a_0	$-0.70 + 0.20 (d_c/h)$
a_1	$+0.40$
a_2	$+1.10 - 0.25 (d_c/h)$
a_3	$+0.42 - 0.06 (d_c/h)$
a_4	$-0.14 + 0.04 (d_c/h)$
a_5	-0.08

AS 1170.2:1997, (2002) standardına göre ele alınan 14 m yüksekliğe ve 6 m çapa sahip silindirik silonun kesit şekli G1 sınıfında yer almaktadır. Standarda göre $h/d_c = 14/6 = 2.33$ olduğundan bu değer $1.0 \leq h/d_c \leq 3.0$ sınır değerleri arasında yer aldığından silo, A2 tipi orta derecede uzun silodur. Bu çalışmada dinamik yüklerden rüzgar yükü için dış basınç katsayıları (C_p)

belirlendiğinden yük grubu açısından C grubunda yer almaktadır. Ayrıca cidar yüzeyi olarak D1 malzemesinin kullanılacağı kabulü yapılmıştır. Çalışmada düz tabanlı silo kullanıldığı için ilgili standarda göre akış koşulları yönünden boru tipi akış seçilmiştir. AS 1170.2:1997, (2002)' ye göre silindirik silo üzerindeki C_p dış basınç katsayıları eşitlik 2 ile belirlenmiştir.

$$C_p = k_b C_{p1}(\theta_w) \quad (2)$$

Eşitlikte;

k_b : Silindirik silo faktörü

$C_{p1}(\theta_w)$: θ_w fonksiyonu olarak silonun cidarı üzerindeki dış basınç katsayısı

Eşitlikte verilen k_b faktörü, h/d_c değeri 0.25 - 4.0 hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada da $h/d_c = 2.33$ değerleri arasında ise aşağıdaki verilen eşitlik 3 ile olduğundan aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir.

$$k_b = \begin{cases} 1.0 & C_{p1} \geq -0.15 \text{ olduğunda} \\ 1.0 - 0.55(C_{p1}(\theta_w) + 0.15) \log_{10} \left(\frac{h}{d_c} \right) & C_{p1} < -0.15 \text{ olduğunda} \end{cases} \quad (3)$$

Yukarıda verilen eşitlikte C_{p1} katsayısı ise eşitlik 4 ile hesaplanmıştır.

$$C_{p1}(\theta_w) = -0.5 + 0.4\cos\theta_w + 0.8\cos2\theta_w + 0.3\cos3\theta_w - 0.1\cos4\theta_w - 0.05\cos5\theta_w \quad (4)$$

BS 6399-2:1997, (2002) standardına göre silo dış basınç katsayısının (C_p) hesaplanmasında eşitlik kullanılmadan Çizelge değerlerinden yararlanılmaktadır. Bu standarda göre geliştirilmiş olan C_p katsayıları Çizelge 3'te verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada EN ve AS standartlarına göre Bolu ili için rüzgar yükünün belirlenmesinde kullanılacak model bir silo yüzeyinde dış basınç katsayı değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen bu değerlerin BS standardı ile de karşılaştırması yapılmıştır. C_p katsayıları silonun farklı h/d_c yüksekliklerinde ve rüzgar geliş açılara göre hesaplanmıştır. Farklı h/d_c oranlarına göre belirlenmesindeki amaç, özellikle silonun boş

olduğu koşullarda rüzgarın farklı yüksekliklerde farklı etkilere neden olabilmesidir. Rüzgar yapılar üzerinde her zaman aynı açı ile gelmemekte, doğa koşullarına bağlı olduğu için daima yapı yüzeyine farklı açı değerleri ile etki etmektedir. Buna bağlı olarak rüzgar, yükseklikleri fazla olan silo yüzeyinde diğer yapılarda olduğu gibi farklı açılara göre eki ettiğinden, farklı katsayıların ortaya çıkabileceği çalışmada ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3. Silo yapısı için dış basınç katsayıları

Silo yüzeyine etki eden rüzgar açısı, θ_w	Dalgalı yüzeyler		Düz yüzeyler	
	$h/d_c \geq 10$	$h/d_c \leq 2.5$	$h/d_c \geq 10$	$h/d_c \leq 2.5$
0°	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0
10°	+0.9	+0.9	+0.9	+0.9
20°	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7
30°	+0.4	+0.4	+0.35	+0.35
40°	0	0	0	0
50°	-0.5	-0.4	-0.7	-0.5
60°	-0.95	-0.8	-1.2	-1.05
70°	-1.25	-1.1	-1.4	-1.25
80°	-1.2	-1.05	-1.45	-1.3
90°	-1.0	-0.85	-1.4	-1.2
100°	-0.8	-0.65	-1.1	-0.85
120°	-0.5	-0.35	-0.6	-0.4
140°	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25
160°	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25
180°	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25

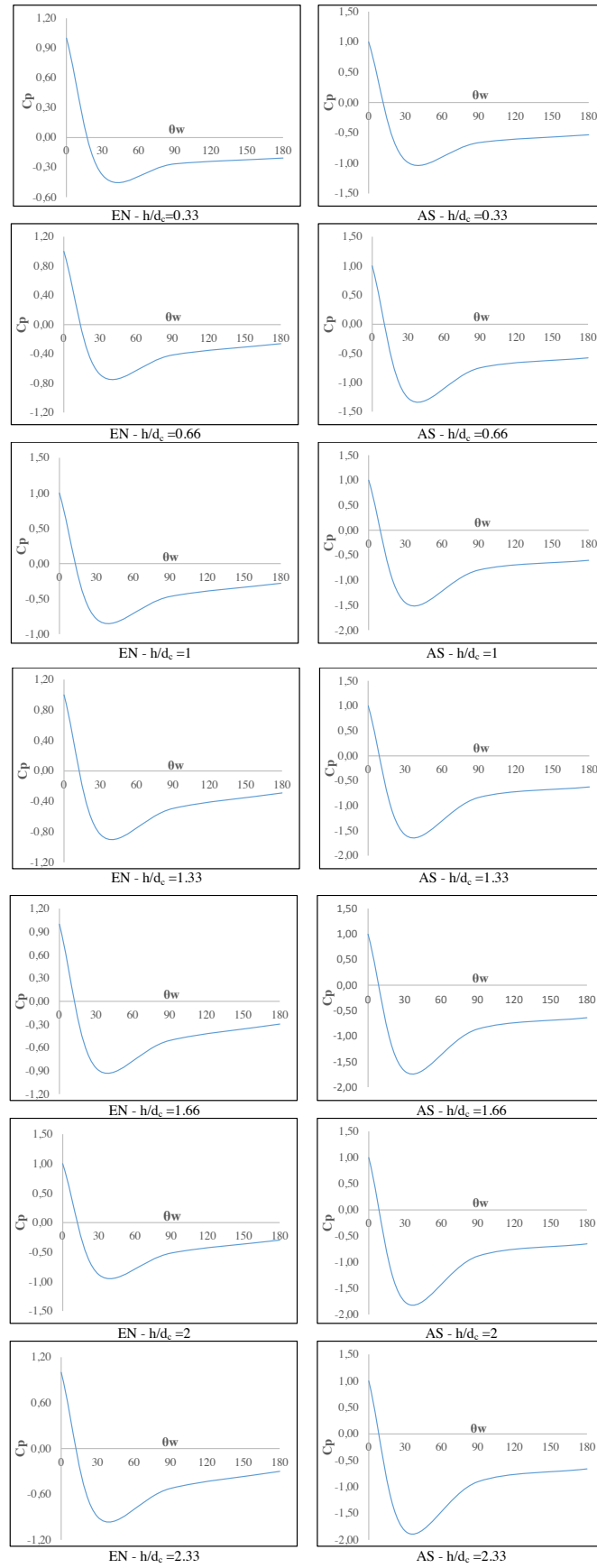
Not 1: $2.5 < h/d_c < 10$ için enterpolasyon kullanılabilir.
2: $d = 1$ m'den daha büyük çaplar için geçerlidir.

Farklı yükseklik ve rüzgar geliş açıları için EN standardına göre belirlenen C_p dış basınç katsayı değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’den görüldüğü gibi silo yüzeyine etki eden rüzgar geliş açısı yaklaşık 20° ’ye kadar tüm yüksekliklerde pozitif katsayı, 20° ’den sonraki tüm açı değerleri ve yüksekliklerde ise negatif katsayılar ortaya çıkarmaktadır. EN standardına göre C_p katsayısının maksimum, ortalama ve minimum değerleri sırasıyla 1.00, -0.11 ve -0.91 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Rüzgarın silo yüzeyine farklı açı değerlerinde etki etmesinde silonun kurulduğu yerin topoğrafik özellikleri de etkili olmaktadır. Dolayısıyla dış basınç katsayı değerleri değişkenlik gösterdiğinden rüzgar yükü hesaplamalarında mutlaka rüzgar geliş açısı dikkate alınarak farklı yükseklikler için hesaplama yapılması gerekmektedir. Silolar için farklı yüksekliklerdeki dış basınç katsayı değerleri bulunduktan sonra tüm yükseklikler için ortalama değer alınarak sabit bir dış basınç katsayısının kullanılacağı araştırmacılar ve ilgili standartlarca bildirilmiştir (ACI 334, 1991; Greiner, 1995; Portela, 2005a, b; EN 1993-4-1, 2007). İstatistik analizi sonuçlarına göre farklı yükseklikler ve θ_w açıları için C_p katsayıları arasındaki farklılık $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Macdonald et al., (1988), h/d_c oranları ve silo yüzeyine farklı rüzgar geliş açılarının 30° ’ye kadar olduğu koşulda pozitif bu değerden sonra ise negatif C_p katsayılarının meydana geldiğini bildirmiştir. Chen and Rotter (2012), EN standardına göre C_p katsayılarını üç farklı silo tipinde farklı h/d_c oranları için araştırmışlardır. Araştırma sonucunda yaklaşık 20° ’lik θ_w açısına kadar pozitif bu değerden sonraki θ_w açıları için negatif C_p katsayıları elde etmişlerdir. Zhao et al., (2013) çelik silindirik düz tabanlı siloda farklı θ_w açıları ve h/d_c oranları için C_p katsayılarını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, elde etmiş oldukları C_p katsayı değerleri bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Zhao and Lin (2014a) çalışmalarında 6 farklı silo tipinde (yüksekliği ve çapı sırasıyla, 21.8-80 m; 19.35-60 m; 15.85-40.5 m; 15.85-28.5 m; 14.27-22 m; ve 12.69-14.5 m) C_p katsayılarını EN standardına göre araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda silo yüzeyinde farklı rüzgar geliş açılarına bağlı olarak C_p değişimi yaklaşık olarak 22.5° ’lik rüzgar geliş açısına kadar pozitif basınç katsayılarını, bu açı değerinden sonra ise negatif basınç katsayılarını elde etmişlerdir.

AS standardına göre C_p dış basınç katsayılarının değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde tüm yükseklikler ve yaklaşık 20° ’lik rüzgar geliş açısına kadar pozitif ve 20° ’den sonraki açı değerlerinde negatif basınç katsayıları belirlenmiştir. Pozitif veya negatif basınç katsayılarının ortaya çıkmasında rüzgarın hız dağılımı, silonun kurulduğu yönenin topoğrafik özellikleri ve çevresel koşullar gibi faktörler etkili olmaktadır. Şekil 2’den de görüldüğü gibi AS standardına göre C_p katsayısının maksimum ortalama ve minimum değerleri sırasıyla 1.00, -0.48 ve -1.83 olarak saptanmıştır. h/d_c oranları için belirlenen C_p katsayı değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Yine θ_w açıları yönünden yapılan istatistik analizi sonucunda C_p katsayıları arasındaki istatistiksel farklılık $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Flores and Godoy (1998), $h/d_c=0.4$ olan çelik siloda yaptığı çalışmada farklı θ_w açılarında bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar tespit etmiştir. Zhao et al., (2014b) $h/d_c=1.5, 2.0$ ve 2.5 oranlarına sahip çelik siloda C_p katsayılarını incelemişler ve θ_w açısının değişimi ile C_p katsayılarının değiştiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca en büyük C_p değerlerini $h/d_c=1.5$ oranında saptamışlardır.

BS standardı için C_p katsayısının belirlenmesine yönelik standartta Çizelge değerleri verildiğinden herhangi bir hesaplama yapılmadan direkt alınabilmektedir. Bu standart için Çizelge 3 incelendiğinde silo yüzeyine rüzgar geliş açısının 30° ’ye kadar olduğu durumda pozitif C_p katsayıları, 40° ’de ise C_p katsayısının 0 ve 40° ’den daha büyük açı değerlerinde ise negatif C_p katsayılarının olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışmada ise hem EN hemde AS standardına göre yaklaşık $0 - 20^\circ$ ’ye kadar pozitif 20° ’den sonra negatif C_p katsayıları elde edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada 2 farklı standarda göre belirlenen C_p katsayıları ile BS standardında verilen Çizelge değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda her üç standarda göre C_p katsayıları arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli bir farklılık saptanmıştır.



Şekil 2. Farklı h/d_c oranları için Eurocode (EN) ve Avustralya standardına (AS) bağlı dış basınç katsayı (C_p) değişimleri

SONUÇ

Kompleks bir yapıya sahip olan çelik silolar büyük hacimli depolama kapasitelerine sahip olduklarından tasarımları diğer mühendislik yapılarına göre daha karmaşık bir sisteme sahiptir. Bu karmaşık sisteme sahip silonun tasarımında çevresel yüklerden olan rüzgar yükü dikkate alınmadan yapılan tasarımda özellikle silonun boş olduğu durumda devrilmesi diğer bir ifadeyle yıkılması ile karşılaşılabılır. Böyle bir durumla karşılaşmamak için büyük bir maliyetle inşa edilen silolarda rüzgar yüküne etki eden faktörlerden bir tanesi olan C_p katsayıları dikkate alınmalıdır. Bu

çalışma sonucunda elde edilen farklı h/d_c oranlarından en yüksek C_p katsayıları 30 - 45°'lik rüzgar geliş açılarında belirlenmiştir. Ele alınan bu değer silonun inşa edileceği yörenin topoğrafik özellikleri ve rüzgar hızı gibi faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Çalışma sonucunda üç farklı yöntemle göre C_p katsayılarına yönelik olarak elde edilen değerler, Bolu ilinde tasarımı yapılacak olan buğday silolarında rüzgar yükünün hesaplanmasında tasarımcılara önemli bir veri sağlamaktadır. Bu üç yöntem içerisinde Avrupa Birliğine aday ülke olmamız nedeniyle Eurocode değerlerinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ACI 313-97, 1998. Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials. American Concrete Institute.
- ACI 334, 1991. Reinforced Concrete Cooling Tower Shells-Practice and Commentary. American Concrete Institute, 334-2R.
- AS 3774, 1996. Loads on Bulk Containers. Sydney: Australian Standard.
- AS 1170.2: 1997, 2002. Structural Design Actions Part 2: Wind Actions. Sydney: Australian Standard.
- ASAE 1995, 2010. ANSI/ASAE EP545, Loads Exerted by Free-Flowing Grain on Shallow Storage Structures. American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE, St. Joseph, MI 49085-9659, USA.
- BS 6399-2: 1997, 2002. Loading for Buildings - Part 2: Code of Practice for Wind Loads. British Standard.
- BS 5502-74: 1991, 2009. Buildings and Structures for Agriculture - Part 74: Code of Practice for Design and Construction of Bins and Silos for Combinable Crops. British Standard.
- Chen L, Rotter JM, 2012. Buckling of anchored cylindrical shells of uniform thickness under wind load. *Engineering Structures*, 41: 199-208.
- EN 1990, 2002. Basis of Structural Design. European Standard.
- EN 1991-1-4, 2005. Actions on Structures - Part 1-4: general Actions - Part 1-4, Wind Actions. European Standard.
- EN 1993-1-1, 2005. Design of Steel Structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. European Standard.
- EN 1991-4, 2006. Actions on Structures - Part 4: Silos and Tanks. European Standard.
- EN 1993-4-1, 2007. Design of Steel Structures - Part 4-1: Silos. European Standard.
- Flores FG, Godoy LA, 1998. Buckling of short tanks due to hurricanes. *Engineering Structures*, 20(8): 752-760.
- Greiner R, Derler P, 1995. Effect of imperfections on wind-loaded cylindrical shells. *Thin-Walled Structures*, 23: 271-81.
- Greiner R, 1998. *Cylindrical Shells: Wind Loading. Silos: Fundamentals of Theory, Behaviour, and Design*. Taylor & Francis.
- Kibar H, 2016. Determining the functional characteristics of wheat and corn grains depending on storage time and temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4): 749-759.
- Macdonald PA, Kwok KCS, Holmes JD, 1988. Wind loads on circular storage bins, silos and tanks: I. Point pressure measurements on isolated structures. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 31: 165-88.
- Portela G, Godoy LA, 2005a. Wind pressure sand buckling of cylindrical steel tanks with a conical roof. *Journal of Construction Steel Research*, 61(6): 786-807.
- Portela G, Godoy LA, 2005b. Wind pressure sand buckling of cylindrical steel tanks with a dome roof. *Journal of Construction Steel Research*, 61(6): 808-24.
- Purdy DM, Maher PE, Frederick D, 1967. Model studies of wind loads on flat-top cylinders. *Journal of the Structural Division, ASCE*, 93: 379-95.
- Sabransky IJ, Melbourne WH, 1987. Design pressure distribution on circular silos with conical roofs. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 26: 65-84.
- TÜMAS, 2017. Meteorolojik veri arşiv sistemi. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://tumas.dmi.gov.tr/wps/portal/>. Erişim tarihi: 10 Nisan, 2017.
- Zhao Y, Cao OS, Su L, 2013. Buckling design of large circular steel silos subject to wind pressure. *Thin-Walled Structures*, 73: 337-349.
- Zhao Y, Lin Y, 2014a. Buckling of cylindrical open-topped steel tanks under wind load. *Thin-Walled Structures*, 79: 83-94.
- Zhao Y, Lin Y, Shen YB, 2014b. Wind loads on large cylindrical open-topped tanks in group. *Thin-Walled Structures*, 78: 108-120.

Biyolojik – Ekolojik Risk İndeksleri Kullanılarak Seydisuyu Havzası Sediment Kalitesini Değerlendirilmesi

Cem TOKATLI¹, Arzu ÇİÇEK², Esengül KÖSE³

ÖZET: Sedimette birikim gösteren toksik metallerin çevresel risklerini değerlendirmek için birçok indeksler geliştirilmiştir. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi çevresel riskleri değerlendirmek için kullanılan en yaygın sediment indekslerinden ikisidir. Eskişehir’de yer alan ve Sakarya Nehri’nin en önemli kollarından olan Seydisuyu Çayı, yoğun bir tarımsal, evsel ve endüstriyel kirliliğe maruz kalmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi kullanılarak, Seydisuyu Çayı Havzası’nın sediment kalitesinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla, 2012 yılının yaz mevsiminde, havza üzerinde belirlenen 15 istasyondan (2 istasyon Kunduzlar Baraj Gölü’nden ve 3 istasyon Çatören Baraj Gölü’nden) sediment örnekleri alınmış ve bazı toksik element içerikleri tespit edilmiştir (arsenik, krom, bakır, kurşun, çinko, kadmiyum ve nikel). Bölgede ağır metallerin çevresel riskleri değerlendirmek için elde edilen veriler kullanılarak, Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ) ve Biyolojik Risk İndeksi (BRİ) hesaplanmıştır. Elde edilen PERİ verilerine göre, krom ve kadmiyum, elde edilen BRİ verilerine göre ise, krom, nikel ve kurşun, Seydisuyu Çayı Havzası için en riskli ağır metaller olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyo – ekolojik risk indeksleri, Sediment kalitesi, Seydisuyu havzası

Use of Bio – Ecological Risk Indices to Evaluate the Sediment Quality of Seydisuyu Stream Basin

ABSTRACT: Many indices have been developed to evaluate the environmental risks of toxic elements in sediments. Potential Ecological Risk Index and Biological Risk Index are two of the most widely used sediment indices used to evaluate the environmental risks. Seydisuyu Stream that is one of the most important branches of Sakarya River is located on the Eskişehir Province and exposed to an intensive agricultural, domestic and industrial pollution. The aim of the present study is to evaluate the sediment quality of Seydisuyu Stream Basin by using Potential Ecological Risk Index and Biological Risk Index. For this purpose, sediment samples were collected in summer season of 2012 from 15 stations selected on Seydisuyu Stream Basin (2 of them from the Kunduzlar Dam Lake and 3 of them from the Çatören Dam Lake) and some toxic element accumulations (arsenic, chromium, copper, lead, zinc, cadmium and nickel) in sediment samples were investigated. The Potential Ecological Risk Index (PERI) and Biological Risk Index (BRI) applied to the results to assess the environmental risks of heavy metals in the region. According to the results of PERI, chromium and cadmium, and according to the results of BRI, chromium, nickel and lead are the most risky elements for the Seydisuyu Stream Basin.

Keywords: Bio – ecological risk indices, Sediment quality, Seydisuyu stream basin

¹ Trakya Üniversitesi, İpsala MYO, Laboratuvar Teknolojisi, Edirne, Türkiye

² Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Eskişehir, Türkiye

³ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir MYO, Çevre Koruma ve Kontrol, Eskişehir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Cem TOKATLI, tokatlicem@gmail.com

GİRİŞ

Bazı pestisitlerin ve endüstriyel atıkların ihtiva ettiği en önemli inorganik kirleticiler ağır metallerdir.

Kontamine oldukları ortamda uzun süre kalabilen, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirebilen ve sucul ekosistemlerin yanı sıra besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını da tehdit eden ağır metaller, çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenememektedir (Tokatlı et al., 2014a; Köse et al., 2015). Ağır metaller organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler ve çeşitli kompleks yapılar şeklinde sedimentte akümüle olmakta ve çok uzun yıllar burada bağlı kalabilmektedir (Shrivasta et al., 2003).

Ağır metal içeriği bakımından doygun hale gelen sediment tabakası, bir süre sonra barındırdığı iyonları tekrar suya bırakma eğilimine geçer ve bu durumda sediment, sucul sistem için potansiyel kirletici kaynağı haline gelebilmektedir (Şener ve Şener, 2015).

Özellikle yüksek toksisiteye sahip ağır metallerce kirlenmiş sucul sistemler, sedimentin içinde ve üzerinde yaşayan sucul canlılar için büyük risk oluşturmakta ve ekosistem sağlığını tehdit eden en büyük stres kaynaklarından birini teşkil etmektedir (Del Valls et al., 1998).

Türkiye'nin en önemli borat yataklarının yer aldığı Seydisuyu Havzası, İç Anadolu Bölgesi'nde, Eskişehir İl sınırları içerisinde yer alır ve Türkiye'nin üçüncü en uzun akarsuyu olan Sakarya Nehri'nin en önemli kollarındandır.

Havzanın, zengin bor ve arsenik içerdiği bilinen jeolojik yapısına ek olarak, bölgede yürütülen yoğun madencilik faaliyetleri, tarımsal uygulamalar ve evsel deşarjlar, sistem üzerindeki en önemli kirlilik kaynaklarını teşkil eder (Çiçek et al., 2013a; Tokatlı et al., 2013; Tokatlı et al., 2014b; Köse et al., 2014).

Ağır metallerin sucul sistemler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde, Potansiyel

Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi gibi, genellikle metallerin toksisitesine dayanan çeşitli sediment indeksleri geliştirilmiştir.

Birçok ülkede sucul ekosistemlerin kalitesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bu indeksler, son yıllarda ülkemizde de kullanılmaya başlanmıştır (Caeiro et al., 2005; Bakan et al., 2010; Yi et al., 2011; Çiçek et al., 2013b; Maanan et al., 2015).

Bu çalışmada, Seydisuyu Havzası'ndan toplanan sediment örneklerinde bazı ağır metal içerikleri tespit edilmiş ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi kullanılarak, havzanın sediment kalitesi değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOD

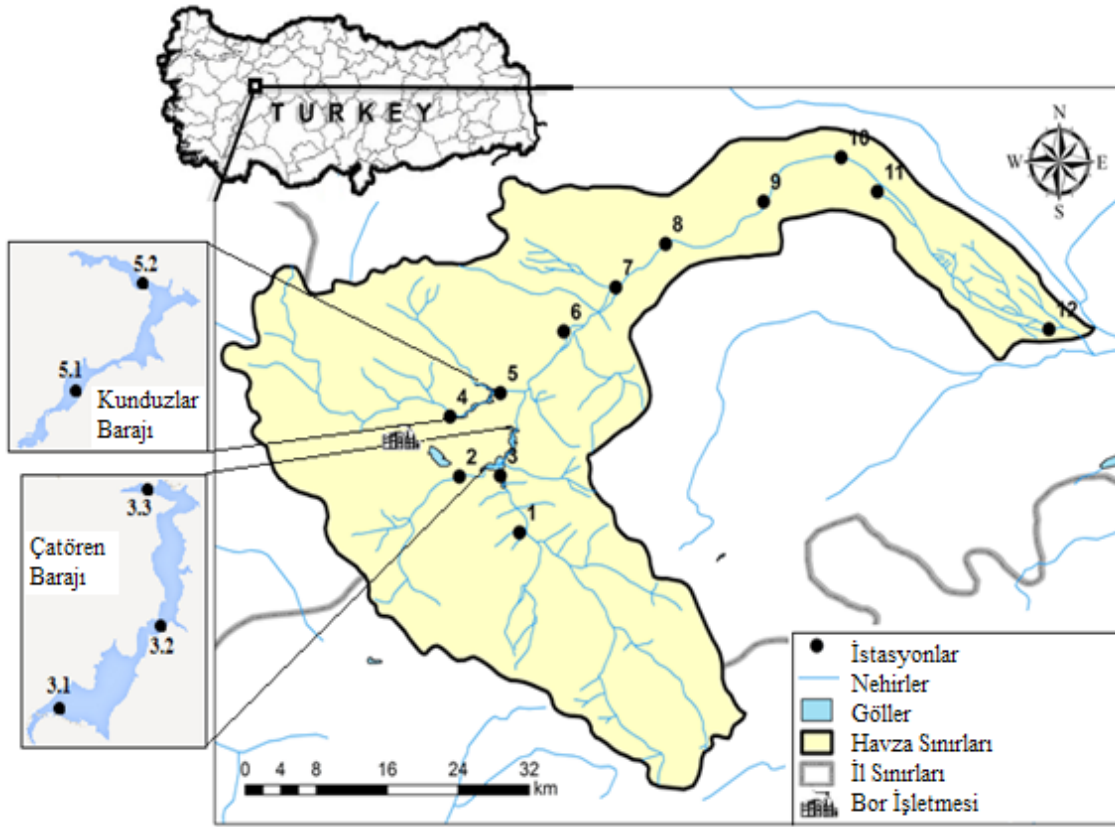
Çalışma Alanı ve Örneklerin Toplanması

Seydisuyu Havzası, İç Anadolu Bölgesinde yer alır ve sularını Seydisuyu tarafından Sakarya Nehrine boşaltan alanı kapsar. Seydisuyu Havzası; kuzeyde Sakarya – Sarısu, Porsuk – Sarısu, Porsuk – Kalabak, güneybatıda Büyük Menderes, Gediz, Porsuk – Sarısu, güneydoğuda ise Sakarya – Bardakçı ve Akarçay Havzaları ile sınırlanmaktadır.

Büyük bölümü Eskişehir İlinde, bir kısmı da Afyon ve Kütahya İlleri sınırları içerisinde yer alan havzada, Eskişehir İline bağlı Seyitgazi ve Mahmudiye ilçeleri ile Kırka Bucağı yer alır. Seydisuyu Havzasının alanı 180.571 hektar olup, Eskişehir İli yüzölçümünün yaklaşık %13'ünü kaplamaktadır.

Seydisuyu Çayı'ndan 10, havza üzerinde yer alan Çatören Baraj Gölü'nden 3, Kunduzlar Baraj Gölü'nden 2 olmak üzere toplam 15 istasyondan, 2012 yılı yaz mevsiminde, sediment örnekleri toplanmıştır.

Havza üzerinde örnekleme yapılan istasyonlar Şekil 1'de ve tespit edilen istasyonların koordinatları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Seydisuyu Çayı Havzası ve seçilen istasyonlar

Çizelge 1. İstasyonların coğrafi konumları

İstasyonlar	Lokaliteler	Koordinatlar	
		x	y
S1	Karaören	291678	4344723
S2	Kırka	286648	4350639
S3.1	Çatören Barajı	289800	4351019
S3.2	Çatören Barajı	288880	4351531
S3.3	Çatören Barajı	290654	4355433
S4	Akin	285940	4356774
S5.1	Kunduzlar Barajı	287229	4357142
S5.2	Kunduzlar Barajı	288269	4358041
S6	Kesenler	296117	4365244
S7	Seyitgazi	300751	4369651
S8	Yazıdere	320690	4382501
S9	Doğançayır	320686	4382502
S10	Hamidiye	324123	4378834
S11	Mesudiye	329283	4369106
S12	Saithalimpaşa	338431	4364451

Sediment örnekleri, arazi çalışmaları sırasında uygun şekilde toplanıp etiketlenerek, arsenik, krom, bakır, kurşun, çinko, kadmiyum ve nikel konsantrasyonlarının tespit edilmesi için Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarına götürülmüştür. Sediment örneklerinin alınmasında ekman kepçesi kullanılmış ve alınan sediment örnekleri etiketli cam kaplarla araç tipi buzdolabına yerleştirilerek laboratuvara getirilmiştir.

Sedimentte Element Analizleri

İstasyonlara ait sediment numuneleri cam kaplara alınmıştır. Numunelerden homojen bir karışım şeklinde saat camına alınarak, tamamen kuruyana kadar 105 (± 5) °C’de etüvde tutulmuştur. Nemi giderilen numuneler karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Daha sonra analitik terazi ile tartım yapılarak her sediment numunesinden 0.5’er gram alınmıştır. Numunelere 10 (± 0.1) mililitre konsantr nitrik asit ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra sediment numuneleri CEM

Mars Xpress markalı mikrodalga yakma ünitesinde sindirme (digestion) işlemine tabi tutulmuştur. Organik yıkımları biten örnekler soğutulup, santrifüjlendikten sonra filtre kağıdından süzülerek, hacimleri ultra saf su ile 100 mililitreye tamamlanmıştır. Daha sonra ICP-OES cihazı kullanılarak, sediment numunelerinde gerekli element konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm işlemler hesaplamalarda kullanılan kör numuneler için de aynı şekilde uygulanmıştır (EPA 3051, 1998).

Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ)

Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi, sucul sistemlerin kontrolünde ekolojik değerlendirmeler yapabilmek için geliştirilmiştir.

İndekste kullanılan yöntem, sucul sistemin duyarlılığına ve verimliliğine bağlı varsayımlara dayanır. Sedimentlerdeki ağır metal akümülyasyonlarına ve metallerin toksisitesine göre aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmaktadır (Hakanson, 1980);

$$R_i = \sum E_r^i$$

$$E_r^i = T_r^i C_f^i$$

$$C_f^i = C_0^i / C_n^i$$

Bu eşitlikteki “ R_i ”, sedimentlerdeki ağır metaller için tek tek hesaplanan tüm risk faktörlerinin toplamını ifade eder. “ E_r^i ”, her bir metal için hesaplanan potansiyel ekolojik risk faktörünü ifade eder. “ T_r^i ”, Çizelge 2’de verilen toksik tepki faktörünü ifade eder. “ C_f^i ”, kirlenme faktörünü ifade eder. “ C_0^i ”, sedimentte tespit edilen metallerin konsantrasyonunu ifade eder. “ C_n^i ” ise Çizelge 2’de verilen referans değeridir. “ R_i ” değerinin kirlilik skalası Çizelge 3’de verilmiştir.

Biyolojik Risk İndeksi (BRİ)

Sediment kalite yönergeleri (SQGs), sucul bentik organizmaların toksisite testlerine dayanılarak

geliştirilmiştir ve sistemleri sediment ağır metal içeriklerine göre “Etki Aralığı Düşük (ERL)” ve “Etki Aralığı Orta (ERM)” sınır değerlerini kullanarak üç sınıfa ayırmaktadır; seyrek (<ERL), orta sıklıkta (ERL - ERM) ve (>ERM) sık olumsuz biyolojik etkiler (EPA, 2005).

Ortalama ERM katsayısı (mERM-Q), toksik metallerin muhtemel çoklu etkilerini değerlendirmek için ve birden fazla ağır metal kirliliğinin muhtemel etkilerini ortaya koyabilmek için hesaplanmaktadır. mERM-Q değeri hesaplama eşitliği aşağıda verilmiştir (Long et al., 2005);

$$mERM - Q = \left(\sum_{i=1}^n ERM - Q_i \right) / n$$

$$ERM - Q_i = C_i / ERM_i$$

Yukarıdaki eşitlikte verilen “mERM-Q”, çoklu metal kirliliği muhtemel etki katsayısını ifade eder. “C_i”, sedimentte tespit edilen element konsantrasyonunu ifade eder. “ERM_i”, Çizelge 2’de

verilen seçilen metale ait ERM değerini ifade eder. ‘n’ ise çalışmada araştırılan tüm metallerin sayısını ifade eder. “mERM-Q” değerinin kirlilik skalası Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. İncelenen metallerin referans değer (C_nⁱ), toksisite katsayısı (T_rⁱ), düşük etki aralığı (ERL) ve orta etki aralığı (ERM) değerleri (Hilton et al., 1985; EPA, 2005)

Elementler	R _i		mERM-Q	
	C _n ⁱ	T _r ⁱ	ERL	ERM
As	15.00	10.00	33.00	85.00
Cr	60.00	2.00	80.00	145.00
Cu	30.00	5.00	70.00	390.00
Pb	25.00	5.00	35.00	110.00
Zn	80.00	1.00	120.00	270.00

Çizelge 3. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi ve Biyolojik Risk İndeksi skalası (Hakanson, 1980; Long et al., 2005)

Ekolojik Risk Değerlendirmesi				Biyolojik Risk Değerlendirmesi	
E _r ⁱ	Tekli faktörler için PERI	R _i	Çoklu faktörler için PERI	ERM-Q _i ve mERM-Q	Tekli ve çoklu faktörler için BRI
<40	Düşük ekolojik risk	<95	Düşük ekolojik risk	<0.1	Düşük öncelik sahası
40-80	Orta ekolojik risk	95- 190	Orta ekolojik risk	0.1- 0.5	Orta-düşük öncelik sahası
80-160	Önemli ekolojik risk	190- 380	Önemli ekolojik risk	0.5-1.5	Yüksek-orta öncelik sahası
160-320	Yüksek ekolojik risk	>380	Çok yüksek ekolojik risk	>1.5	Yüksek öncelik sahası
>320	Çok yüksek ekolojik risk				

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, tespit edilen tüm istasyonların monomial ve multinomial Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ) değerleri hesaplanmış ve elde edilen verilerin tümü Çizelge 4 ve Şekil 2’de verilmiştir.

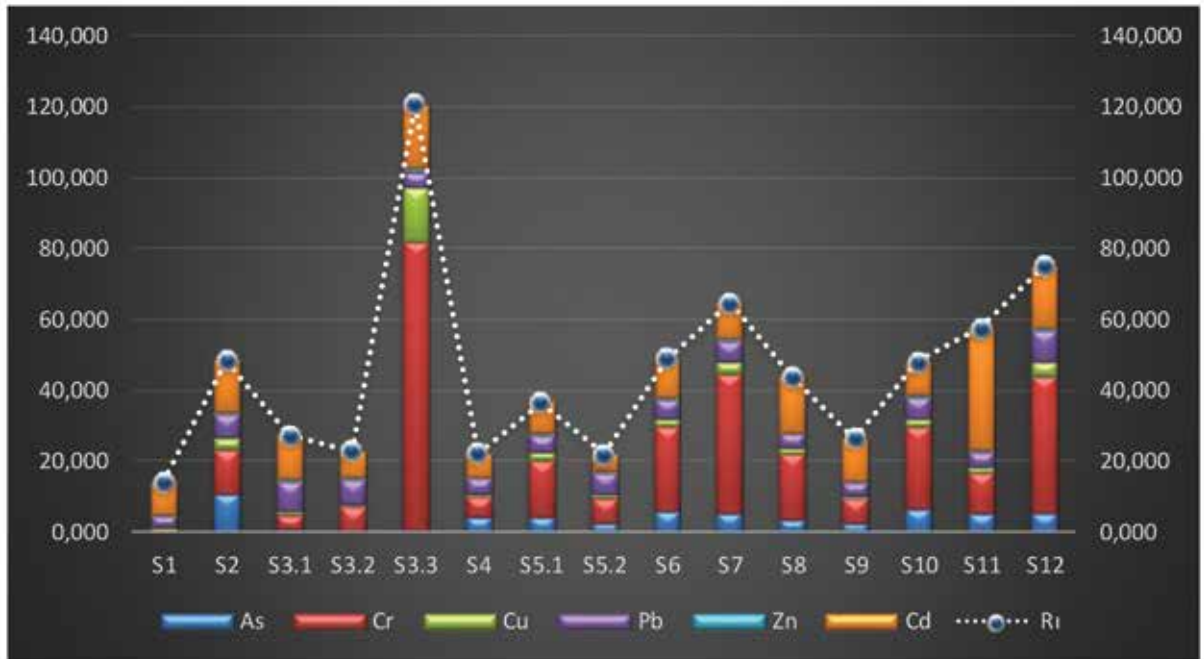
Elde edilen PERİ verilerine göre, monomial değerlendirme sonucunda, Seydisuyu Havzası’nın, S3.3, S7 ve S12 istasyonlarında tespit edilen krom değerleri (S3.3: 81,4; S7: 39,1; S12: 38,1) ve S11 istasyonunda tespit edilen kadmiyum değeri (34.3) hariç

tamamının, tüm toksik elementler açısından “düşük ekolojik risk” alanı olduğu tespit edilmiştir. Multiomial değerlendirme sonucunda ise, S3.3 istasyonu hariç

havzanın tamamının, toksik elementlerin çoklu etkileri açısından “düşük ekolojik risk” alanı olduğu tespit edilmiştir (S3.3 istasyonu, “orta ekolojik risk” alanı).

Çizelge 4. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi verileri

İstasyonlar	E_r^i						R_i
	As	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	
S1	0.267	0.627	0.661	3.325	0.215	9.180	14.276
S2	11.115	12.524	3.072	6.848	0.691	14.400	48.651
S3.1	1.105	4.023	0.941	8.519	0.401	12.420	27.409
S3.2	0.414	6.861	0.900	7.161	0.395	7.200	22.932
S3.3	0.633	81.400	15.489	4.503	0.895	18.000	120.919
S4	4.503	5.591	0.926	4.467	0.243	6.780	22.510
S5.1	4.675	15.542	2.479	4.808	0.454	8.820	36.778
S5.2	2.901	6.952	1.008	6.041	0.345	4.800	22.046
S6	6.194	23.876	2.041	5.700	0.482	10.800	49.092
S7	5.847	39.140	3.345	5.676	0.593	10.380	64.981
S8	3.689	18.740	1.527	4.099	0.379	15.600	44.033
S9	2.681	6.942	1.000	3.645	0.204	12.000	26.472
S10	6.949	22.711	2.455	6.319	0.524	9.180	48.138
S11	5.355	11.800	1.679	4.245	0.385	34.380	57.844
S12	5.778	38.140	4.275	9.024	0.893	17.220	75.329



Şekil 2. Multinomial Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi grafiği

Bu çalışmada, tespit edilen tüm istasyonların monomial ve multinomial Biyolojik Risk İndeksi değerleri hesaplanmış ve elde edilen verilerin tümü Çizelge 5 ve Şekil 3’de verilmiştir.

Elde edilen BRİ verilerine göre, monomial değerlendirme sonucunda, Seydisuyu Havzası’nın, kadmiyum ve bakır değerleri açısından S3.3 istasyonunda tespit edilen bakır değeri hariç (0.23), tamamının “düşük öncelik sahası” olduğu; arsenik açısından S1, S3.1, S3.2, S3.3, S4, S5.1, S5.2, S8, S9 ve S11 istasyonlarının “düşük öncelik sahası” olduğu, diğer istasyonların ise “orta – düşük öncelik sahası” olduğu; kurşun ve çinko değerleri açısından S1, S4

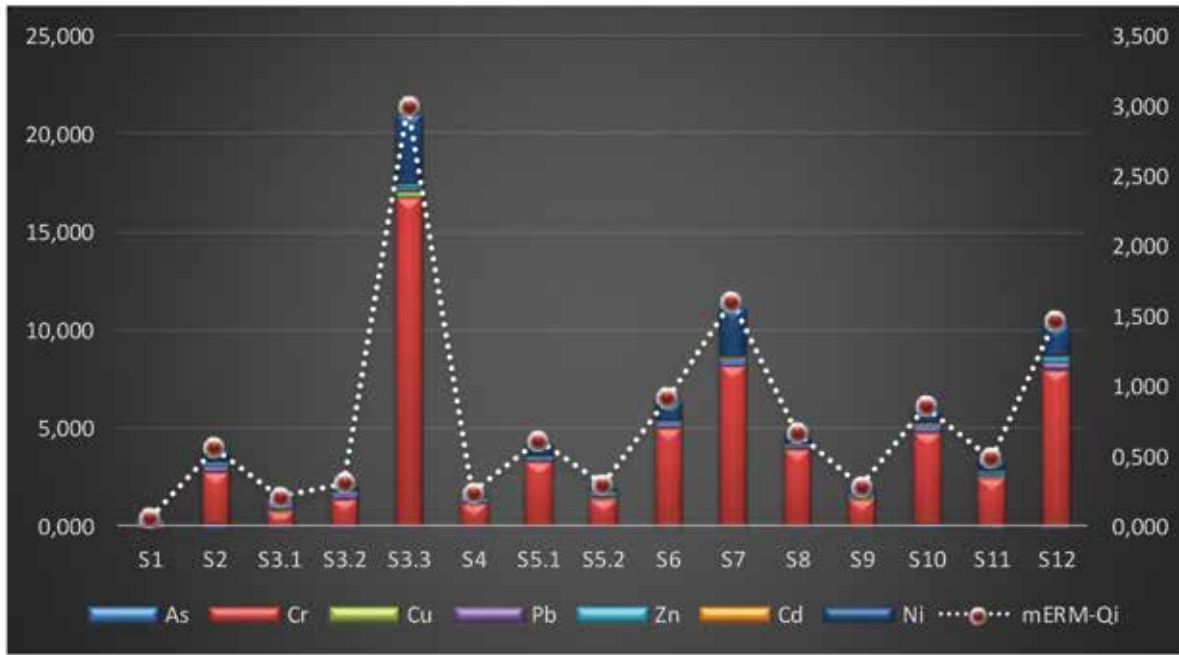
ve S9 istasyonunda tespit edilen çinko değerleri hariç (S1: 0.06; S4: 0.07; S9: 0.06), tamamının “orta – düşük öncelik sahası” olduğu; nikel ve krom değerleri açısından ise genel olarak “yüksek – orta öncelik sahası” ve “yüksek öncelik sahası” olduğu tespit edilmiştir. Multiomial değerlendirme sonucunda ise, toksik elementlerin çoklu etkileri açısından S1 istasyonunun “düşük öncelik sahası” olduğu; S3.1, S3.2, S4, S5.2, S9 ve S11 istasyonlarının “orta – düşük öncelik sahası” olduğu; S2, S5.1, S6, S8, S10 ve S12 istasyonlarının “yüksek – orta öncelik sahası” olduğu; S3.3 ve S7 istasyonlarının ise “yüksek öncelik sahası” olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Biyolojik Risk İndeksi verileri

İstasyonlar	ERM-Qi							mERM-Qi
	As	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	
S1	0.005	0.130	0.010	0.151	0.064	0.017	0.056	0.062
S2	0.196	2.591	0.047	0.311	0.205	0.027	0.573	0.564
S3.1	0.019	0.832	0.014	0.387	0.119	0.023	0.105	0.214
S3.2	0.007	1.420	0.014	0.326	0.117	0.013	0.272	0.310
S3.3	0.011	16.841	0.238	0.205	0.265	0.033	3.421	3.002
S4	0.079	1.157	0.014	0.203	0.072	0.013	0.145	0.240
S5.1	0.082	3.216	0.038	0.219	0.135	0.016	0.564	0.610
S5.2	0.051	1.438	0.016	0.275	0.102	0.009	0.212	0.300
S6	0.109	4.940	0.031	0.259	0.143	0.020	0.906	0.916
S7	0.103	8.098	0.051	0.258	0.176	0.019	2.532	1.605
S8	0.065	3.877	0.023	0.186	0.112	0.029	0.408	0.672
S9	0.047	1.436	0.015	0.166	0.060	0.022	0.251	0.285
S10	0.123	4.699	0.038	0.287	0.155	0.017	0.698	0.860
S11	0.095	2.441	0.026	0.193	0.114	0.064	0.500	0.490
S12	0.102	7.891	0.066	0.410	0.265	0.032	1.550	1.474

Seydisuyu Havzası’nda gerçekleştirilen yoğun tarımsal uygulamalar, toprağı bazı mineraller açısından fakirleştirmektedir. Mineral açığını gidermek için ise, neredeyse tüm tarımsal üretim yapılan sahalarda inorganik ve fosfatlı gübreler yoğun şekilde

kullanılmaktadır. Havzada PERİ açısından riskli olduğu tespit edilen kadmiyum ve BRİ açısından riskli olduğu tespit edilen kurşun değerlerinin en önemli kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde kullanılan fosforlu gübreler ve pestisitler olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Multinomial Biyolojik Risk İndeks grafiği

Tarımsal uygulamalarda kullanılan pestisitler önemli miktarda kurşun içerir ve kullanılan fosfat gübrelere oldukça yüksek miktarlarda kadmiyum içerdiği bilinmektedir (ATSDR, 2007a, 2007b; Çiçek et al., 2013b). Türkiye'nin farklı gübre fabrikalarından alınan, farklı gübre numunelerinin kadmiyum içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada, kullanılan birçok gübrenin kadmiyum içeriklerinin gübreler için onaylanmış sınır değerlerinin oldukça üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Köleli ve Kantar, 2005). Fosfat gübrelere ana hammadde olan fosfat kayalarının çoğu ülkemize ithal edilir ve bu hammaddenin hem ithal, hem yerli olanların kadmiyum içerikleri olması gerekenden oldukça yüksektir (Emiroğlu ve ark. 2013). Tarımsal uygulamalarda bu fosfatlı gübrelere kullanımı sonucunda, oldukça önemli miktarlarda kadmiyum, sulama faaliyetleri ve yağışlarla birlikte nehirlere, göllere ve yeraltı sularına taşınmaktadır.

Nikel ve krom yer kabuğunda doğal olarak bulunmaktadır ve bunlar çevreye ve doğal kaynaklara, bazı doğal süreçler ve çoğunlukla da insan faaliyetleri sonucunda girmektedir. Bilindiği gibi yüzey suları ve sedimentlerinde krom ve nikelin en önemli antropojenik kaynakları ise, endüstriyel faaliyetler sonucu ortama bırakılan atık sulardır (ATSDR, 2005; ATSDR, 2008). Bu çalışmada uygulanan her iki indeks açısından da riskli olduğu tespit edilen nikel ve krom

değerlerinin en önemli kaynağının, havzada faaliyet gösteren endüstriyel kuruluşlardan kaynaklanan inorganik atıklar olduğu düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma sonucunda, sedimentte tespit edilen toksik element akümülyasyon verileri kullanılarak hesaplanan Potansiyel Ekolojik Risk İndeksine (PERİ) göre, en yüksek risk teşkil eden toksik metallerin kadmiyum ve krom olduğu, Biyolojik Risk İndeksine (BRİ) göre ise, en yüksek risk teşkil eden toksik metallerin kurşun, nikel ve krom olduğu ortaya konulmuştur.

Hem karasal hem sucul ekosistemler dinamik yapılarıdır. İster organik olsun ister inorganik olsun yapılacak herhangi bir antropojenik baskı, bizler fark edemesek de ekosistemde olumsuz etkiler meydana getirebilir ve baskıyı mümkün olduğunca en aza indirmenin, çok önemli uzun vadeli getiriler sağlayacağı unutulmamalıdır.

Çevremizin ve su kaynaklarımızın korunmasında hepimize çeşitli sorumluluklar düşer. Suları israf etmek sadece musluklarımızdan boşa akıtmak değildir, kullanılabilir su kaynaklarımızı kirleterek ve bu kirlenmeye göz yumarak ta sular israf edilmiş olur.

İlgili resmi kurum ve kuruluşlar, su kaynaklarının ve çevrenin korunması için gereken tedbirleri zaten almakta ve çeşitli yaptırımlar ile çevre duyarlılığını, özellikle sanayi ve tarım alanında artırmaktadır. Ancak bu konuda hepimize görev düşer. Kuzey Kenya'daki

kadınların birçoğunun, günlerinin yaklaşık beş saatlerini evlerine bir bidon bulanık su getirebilmek için yürümekle geçirdiğini düşünerek elimizdeki kıymetini bilmeli ve kaybetmemek için elimizden gelen gayreti ve özveriği göstermeliyiz.

KAYNAKLAR

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2005. Toxicological Profile for Nickel. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2007a. Toxicological Profile for Cadmium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2007b. Toxicological Profile for Lead. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2008. Toxicological Profile for Chromium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- Bakan G, Özkoç HB, Tülek S, Cüce H, 2015. Integrated Environmental Quality Assessment of Kızılırmak River and its Coastal Environment. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 453-462.
- Caeiro S, Costa MH, Ramos TB, Fernandes F, Silveira N, Coimbra A, Medeiros G, Painho M, 2005. Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. Ecological Indicators, 5: 151-169.
- Çiçek A, Bakış R, Uğurluoğlu A, Köse E, Tokatlı C, 2013a. The Effects Of Large Borate Deposits On Groundwater Quality Of Seydisuyu Basin (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 22 (4): 1031-1037.
- Çiçek A, Tokatlı C, Köse E, 2013b. Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of Felent Stream (Sakarya River Basin, Turkey). Pakisan Journal of Zoology, 45 (5): 1335-1341.
- Del Valls TA, Blasco J, Sarasquete MC, Forja JM, Gomez-Parra A, 1998. Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish Sparus aurata. Ecotoxicology and Environmental Safety, 41: 157-167.
- Emiroğlu Ö, Uyanoğlu M, Başkurt S, Sülün Ş, Köse E, Tokatlı C, Uysal K, Arslan N, Çiçek A, 2013. Erythrocyte Deformations in *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) Provided From Porsuk Dam (Turkey). Biological Diversity and Conservation, 6 (1): 13-17.
- EPA 3051, 1998. Environmental Protection Agency, Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils.
- EPA, 2005. Environmental Protection Agency, Predicting Toxicity to Amphipods from Sediment Chemistry. EPA/600/R-04/030, Washington, DC.
- Håkanson L, 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control of sediment ecological approach. Water Research 14, 975e1000.
- Hilton J, Davison W, Ochsenein U, 1985. A mathematical model for analysis of sediment coke data. Chemical Geology 48, 281-291.
- Köleli N, Kantar Ç, 2005. Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu, Ekoloji 14, 55, 1-5.
- Köse E, Tokatlı C, Çiçek A, 2014. Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation. Polish Journal of Environmental Studies, 23 (5): 1637-1647.
- Köse E, Çiçek A, Uysal K, Tokatlı C, Emiroğlu, Ö., Arslan, N., 2015. Heavy Metal Accumulations In Water, Sediment And Some Cyprinidae Fish Species From Porsuk Stream (Turkey). Water Environment Research, 87 (3): 195-204.
- Long ER, Ingersoll CG, MacDonald DD, 2005. Calculation and uses of mean sediment quality guideline quotients: a critical review. Environ. Sci. Technol. 40, 1726-1736.
- Maanan M, Saddik M, Maanan M, Chaibi M, Assobhei O, Zourarah B, 2015. Environmental and ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Nador lagoon, Morocco. Ecological Indicators, 48: 616-626.
- Shrivastava P, Saxena A, Swarup A, 2003. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal. Lakes & Reservoirs: Research and Management, 8:1-4.
- Şener Ş, Şener E, 2015. Kovada Gölü (Isparta) Dip Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (2): 86-96.
- Tokatlı C, Çiçek A, Köse E, 2013. Groundwater Quality Of Türkmen Mountain (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 22 (4): 1197-1208.
- Tokatlı C, Çiçek A, Emiroğlu Ö, Arslan N, Köse E, Dayıoğlu H, 2014a. Statistical Approaches To Evaluate The Aquatic Ecosystem Qualities of a Significant Mining Area: Emet Stream Basin (Turkey). Environmental Earth Sciences, 71 (5): 2185-2197.
- Tokatlı C, Köse E, Çiçek A, 2014b. Assessment Of The Effects Of Large Borate DEPOSITS On Surface Water Quality By Multi Statistical Approaches: A Case Study Of The Seydisuyu Stream (Turkey). Polish Journal of Environmental Studies, 23 (5): 1741-1751.
- Yi Y, Yang Z, Zhang S, 2015. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution, 159: 2575-2585.

Tunnelling Magnetoresistance at Low Magnetic Fields in LSMO/STO/LSMO Magnetic Tunnel Junction

Ramazan TOPKAYA¹

ABSTRACT: $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ magnetic tunnel junction was grown on (001)-oriented SrTiO_3 substrate by using pulsed laser deposition technique. $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) was used as ferromagnetic (FM) electrodes and SrTiO_3 (STO) was used as a tunnel barrier. The effect of temperature and magnetic field on electrical transport properties has been investigated. Bottom electrode and junction resistances were observed to strongly depend on temperature. Large magnetoresistance of almost 300 % was observed at 77.3 K at low magnetic fields of a few tens of Oe. The large magnetoresistance was explained by the nearly half-metallic band structure of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$. The asymmetry of TMR curves was attributed to the ferromagnetic electrodes with different thickness and the differences in the electronic states of the upper and lower STO/LSMO interfaces.

Keywords: $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, magnetic tunnel junction, spintronics, tunnelling magnetoresistance

LSMO/STO/LSMO Manyetik Tünel Eklemının Zayıf Manyetik Alanlarda Tünelleme Manyetodirenci

ÖZET: Darbeli lazer biriktirme tekniği kullanılarak $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ manyetik tünel eklemi SrTiO_3 alttaşı üzerinde büyütüldü. Ferromanyetik elektrot için $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) ve tünelleme bariyeri için SrTiO_3 (STO) kullanıldı. Sıcaklığın ve manyetik alanın elektriksel özelliklere etkisi araştırıldı. Alt elektrot ve eklem dirençlerinin çok güçlü bir şekilde sıcaklığa bağlı olduğu gözlemlendi. 77.3 K sıcaklık ve zayıf manyetik alanlarda yaklaşık % 300'lük yüksek manyetodirenç gözlemlendi. Gözlemlenen yüksek manyetodirenç $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ 'ün yarımetalik band yapısından kaynaklanır. TMR eğrilerinin asimetric yapısı, farklı kalınlıktaki elektrotlar ile üst ve alt STO/LSMO ara yüzeylerin elektronik yapılarının farklılığına atfedildi.

Anahtar Kelimeler: $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, manyetik tünel eklemi, spintronik, tünelleme manyetodirenci

¹ İğdir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İğdir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ramazan TOPKAYA, ramazan.topkaya@igdir.edu.tr

INTRODUCTION

In recent years magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of two ferromagnetic layer separated by a thin insulating tunnel barrier have been actively studied due to their potential applications in magnetoelectronics and spintronics such as magnetic random access memory (MRAM), GMR or TMR read heads and magnetic field sensors (Wolf et al., 2001; Wolf et al., 2006; Natarajathinam et al., 2012; Boyraz et al., 2016; Sahin, 2016). The large TMR ratio arises from the ferromagnetic electrodes with high effective spin polarization values (Tsymbal et al., 2003). If two ferromagnetic layers are fully spin-polarized, i.e. they have 100 % spin polarization, TMR ratio theoretically becomes infinite.

Recently there has been a great deal of attention on manganese perovskites, $\text{La}_{1-x}\text{D}_x\text{MnO}_3$ (D=Ca, Sr, Ba, etc.), which exhibit a large change in resistance when subject to a high magnetic field (an order of a few Tesla). The effect is called “colossal” magnetoresistance because of very large scale of the effect (~ thousand percent). However, the high magnetic field (one Tesla or more) used to obtain the resistance changing has limited the prospects of this class of materials for potential applications in magnetoelectronics. A required magnetic field on the order of several Tesla should be reduced in order to obtain high sensitivity magnetic field sensor. On the other hand, it is known that the manganese perovskites, $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) is a half-metallic ferromagnetic material with the spin polarization of 95 % at the Fermi level (Park et al., 1998). Therefore, a possible approach to decrease the required large magnetic field is to incorporate the LSMO into magnetic tunnel junction (Miyazaki and Tezuka, 1995; Moodera et al., 1995). Sun et al., (1996) observed a factor of 2 change in resistance in an applied magnetic field of less than 200 Oe for doped manganese perovskites by using SrTiO_3 barrier. Lu et al., (1996) obtained a large magnetoresistance ratio of 83 % in a low magnetic field of the order of few tens of Oe at $T=4.2$ K for epitaxial LSMO/STO/LSMO magnetic tunnel junctions.

In this study, the magnetic tunnel junction with the structure LSMO/STO/LSMO was grown on (001)-oriented STO substrate by using pulsed laser deposition technique. Due to a good lattice match

between LSMO and STO, STO was used as the insulating barrier. The large magnetoresistance ratio of about 300 % was obtained at a relatively low field of almost 80 Oe at 77.3 K.

MATERIAL AND METHODS

$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) film was grown on (001)-oriented SrTiO_3 (STO) substrate by using pulsed laser deposition with a base pressure of about 2×10^{-6} Torr. The deposition was carried out in an UHV-chamber using a KrF excimer laser (2 Hz repetition rate and 248 nm wavelength) with an energy density of 1.2 J cm^{-2} at a substrate temperature of 700 °C. For the LSMO and STO depositions an oxygen atmosphere has been used as 200 mTorr and 100 mTorr, respectively. After the deposition the sample was cooled down to room temperature. The thicknesses of the top and bottom LSMO electrodes are 50 and 30 nm, respectively. The thickness of the STO barrier is 6 nm. Total thickness of the MTJ structure is about 86 nm. Magnetic tunnel junction with a cross section of $6 \times 2.5 \mu\text{m}^2$ was fabricated by photolithography and Ar ion milling as detailed in Ref. (Lu et al., 1996). The electrical measurements were performed by using PPMS-Dynacool (Quantum Design Inc.), Agilent HP voltmeter and Keithley 428 current amplifier. The resistivity of the sample was measured using a standard dc four-probe technique as a function of field and temperature.

RESULTS AND DISCUSSION

The temperature dependence of the resistance of the bottom electrode (LSMO) is shown in Figure 1. The resistance strongly depends on temperature and increases almost 12 times with increasing temperature between 82-294 K. The bottom LSMO electrode shows a metallic behaviour. The temperature dependence of the bottom electrode resistance is attributed to a reduced effective ordering temperature at LSMO/insulator interface (Viret et al., 1997). The same results were observed in manganite tunnel spin valves (Viret et al., 1997), nanocrystalline $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ synthesized on MgO nanowires (Zhang et al., 2010) and LSMO/AlO/CoFeB magnetic tunnel junction (Rizwan et al., 2010).

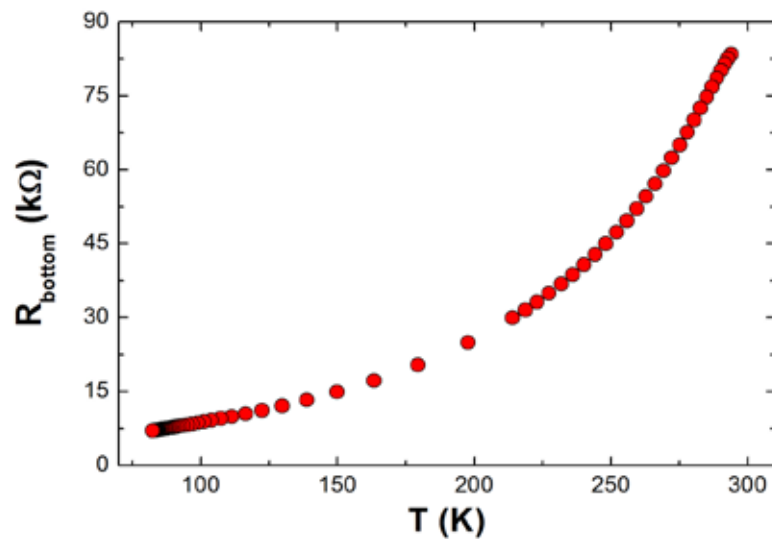


Figure 1. Bottom electrode resistance versus temperature plot for LSMO(50 nm)/STO(6 nm)/LSMO(30 nm) junction

Figure 2 indicates the resistivity versus temperature for the LSMO(50 nm)/STO(6 nm)/LSMO(30 nm) junction. From the transport measurement, the transition temperature is determined to be about 109 K for the junction. With decreasing temperature, the resistance of the junction first slowly increases up to 109 K and later rapidly increases between 109-78 K, indicating a semiconductor or insulator-type behaviour. This result

has also been reported previously by Gupta et al., (1995), Gong et al., (1997) and Zhang et al., (2010). In semiconductors and insulators, if the temperature increases, electrons generally get energy, go to the conduction band and become free to carry the current. In this case, the conductance increases. Therefore, the resistance decreases with rise in temperature (Wikipedia, 2017).

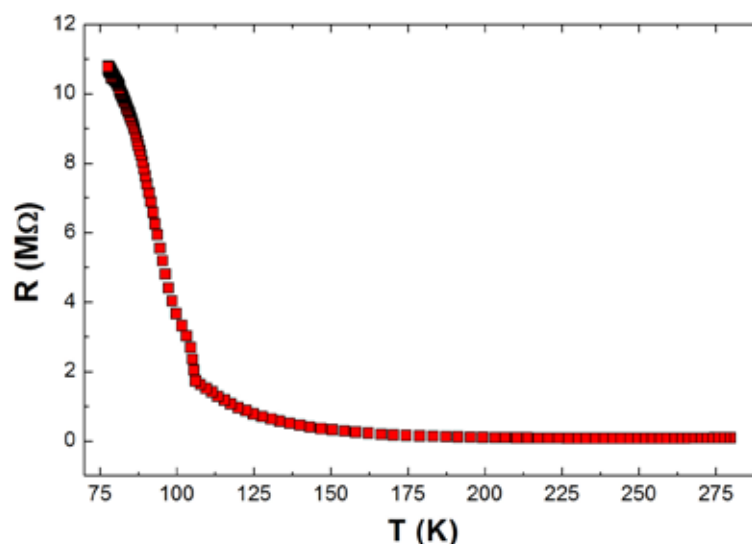


Figure 2. Temperature dependence of resistance of LSMO/STO/LSMO junction

The variation of the tunnelling magnetoresistance is examined by applying different bias currents on the junction. Figure 3 shows the field dependence

of the tunnelling resistance magnetoresistance of the LSMO(50 nm)/STO(6 nm)/LSMO(30 nm) MTJ junction with area $6 \times 2.5 \mu\text{m}^2$ measured at $T=77.3$

K for the bias current range of 100 pA-100 nA. The external magnetic field was applied along in-plane geometry. The observed maximum TMR ratios for each bias current are obtained at the relatively low magnetic fields like as ~ 80 Oe. It is seen from Figure 3 that with increasing the bias current (voltage), TMR ratio decreases. The increasing of the bias give rise to increase the Fermi level of emitter electrode and gives more energy to the emitted electrons, causing them to access further to empty states in the collector electrode especially in the antiparallel orientation. Therefore, the resistance decreases with increase in bias.

It was observed the asymmetric TMR peaks in terms of position and magnitude with respect to applied magnetic field for each bias current. There are the different reasons of the asymmetry in the MTJ structures. The different thickness of the two ferromagnetic electrodes (LSMO) can be responsible for the asymmetric position and magnitude of TMR peaks (Miao et. al., 2009). This asymmetry can be also caused by differences in the electronic states of the upper and lower STO/LSMO interfaces. The same result has been reported for CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junctions by Feng et. al (2009). The barrier height and thickness can result in the asymmetry in TMR peaks. For example, double barrier magnetic tunnel junctions exhibit high asymmetry with respect to the single barrier magnetic tunnel junctions (Feng et. al., 2009). The oxidized layer at the two interfaces or interface oxidation (Liu et. al., 2007), growth conditions, impurities, annealing regimes (Useinov and Kosel, 2011) and interface quality can

give rise to the asymmetry in the TMR peaks. As the oxidized layer gets thicker, the degree of asymmetry increases in the work of Liu et. al. (2007). On the other hand, the annealing almost removes the bias asymmetry (Feng et. al., 2009).

The maximum change in magnetoresistance was observed as ~ 300 % at $T = 77.3$ K between the parallel and antiparallel orientations of the magnetization of the two electrodes. Table 1 compares the experimental TMR values obtained for LSMO/STO/LSMO MTJ junctions at different temperatures. The observed magnetoresistance ratio in a relatively low magnetic field of ~ 80 Oe is larger than the values observed for $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ tunnel junctions (Lu et al., 1996), $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ and $\text{La}_{0.67}\text{CaO}_{0.33}\text{MnO}_3$ thin films (Li et al., 1997). On the other hand, this value is smaller than that of observed in work of Bowen et al. (1800 % TMR in LSMO/SrTiO₃/LSMO junctions, 2003) and Werner et. al. (2011). TMR ratio decreases with increase in temperature (Wu et al., 2015). The magnetoresistance ratios of 1800 and 1400 % were obtained at 4 K respectively by Bowen et al., (2003) and Werner et. al. (2011). In this study, the TMR ratio was obtained at 77.3 K. One of the reasons why the TMR ratio is smaller than that of observed in work of Bowen et al. (2003) and Werner et. al. (2011) is that the measurement temperature is higher than 4 K. The large magnetoresistance value is due to the half-metallic behaviour of the LSMO manganite (Lu et al., 1996; Bowen et al., 2003) and LSMO/STO interface.

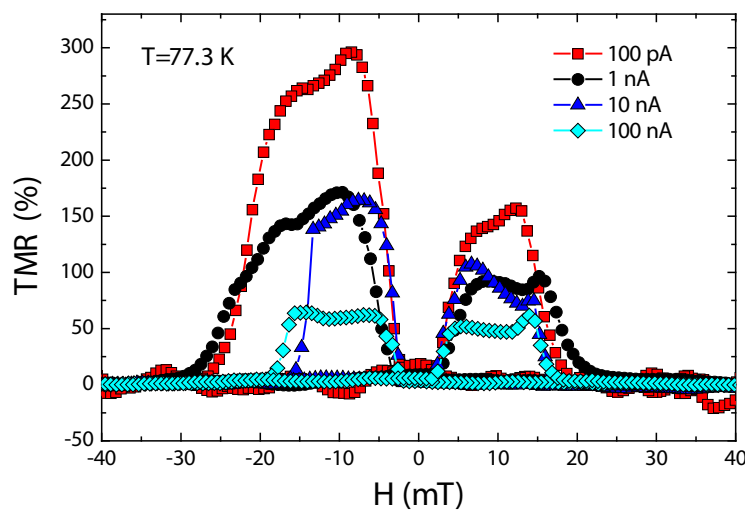


Figure 3. Tunnelling magnetoresistance of LSMO/STO/LSMO MTJ junction as a function of magnetic field at different bias currents range from 100 pA to 100 nA.

Table 1. Comparison of TMR values of the magnetic tunnel junction with structure of LSMO/STO/LSMO

Structure	TMR Ratio (%)	Temperature (K)	References
$\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$	1800	4	(Bowen et. al., 2003)
$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$	83	4.2	(Lu et. al., 1996)
$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$	15	4.2	(Li et. al., 1997)
$\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$	1400	4	(Werner et. al., 2011)
$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$	100	13	(Noh et. al., 2001)
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$	300	77.3	This work

CONCLUSION

In conclusion, the magnetic tunnel junction with the structure LSMO/STO/LSMO was fabricated by using pulsed laser deposition. The electrical properties of the MTJ were investigated. It is shown that the LSMO electrode resistance decreases, whereas the LSMO/STO/LSMO junction resistance increases with decreasing temperature. The maximum tunnelling magnetoresistance (TMR) ratio measured at 77.3 K was found to be almost 300 % in the magnetic field of about 80 Oe, proving a half-metallic ferromagnetic property

of LSMO electrodes. The magnetoresistance shows an asymmetry with respect to applied magnetic field for each bias current. This behaviour was explained by the differences in the electronic states of the upper and lower STO/LSMO interfaces.

ACKNOWLEDGMENT

The author R. Topkaya gratefully thanks M. K. Yurtisigi for providing the samples and helpful discussions.

REFERENCES

- Bowen M, Bibes M, Barthélémy A, Contour JP, Anane A, Lemaître Y, Fert A, 2003. Nearly total spin polarization in $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ from tunneling experiments. *Applied Physics Letters*, 82: 233-235.
- Boyraz C, Guler A, Ozdemir M, Oner Y, 2015. Structural and Superconductivity Properties of $\text{BaFe}_{2-x}\text{Pt}_x\text{As}_2$. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 30: 1145–1151.
- Feng G, Dijken SV, Feng JF, Coey JMD, Leo T, Smith DJ, 2009. Annealing of CoFeB/MgO based single and double barrier magnetic tunnel junctions: Tunnel magnetoresistance, bias dependence, and output voltage. *Journal of Applied Physics*, 105: 1-7.
- Gong G, Gupta A, Xiao G, Qian W, Dravid V, 1997. Magnetoresistance and magnetic properties of epitaxial magnetite thin films. *Physical Review B*, 56: 5096-5099.
- Gupta A, McGuire T, Duncombe P, Rupp M, Sun J, Gallagher W, Xiao G, 1995. Growth and giant magnetoresistance properties of La-deficient La_xMnO_3 ($0.67 \leq x \leq 1$) films. *Applied Physics Letters*, 67: 3494-3496.
- Li X, Gupta A, Xiao G, Gong G, 1997. Low-field magnetoresistive properties of polycrystalline and epitaxial perovskite manganite films. *Applied Physics Letters*, 71: 1124-1126.
- Liu Y-Z, Wang W, Moriyama GT, Xiao JQ, Zhang Z, 2007. Direct measurement of barrier asymmetry in AlOx/ZrOy magnetic tunnel junctions using off-axis electron holography. *Physical Review B*, 75:1-5.
- Lu Y, Li X, Gong G, Xiao G, Gupta A, Lecoeur P, Sun J, Wang Y, Dravid V, 1996. Large magnetotunneling effect at low magnetic fields in micrometer-scale epitaxial $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ tunnel junctions. *Physical Review B*, 54: R8357-R8360.
- Miao G-X, Müller M, Moodera JS, 2009. Magnetoresistance in Double Spin Filter Tunnel Junctions with Nonmagnetic Electrodes and its Unconventional Bias Dependence. *Physical Review Letters*, 102: 1-4.
- Miyazaki T, Tezuka N, 1995. Giant magnetic tunneling effect in Fe/Al₂O₃/Fe junction. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 139: L231-L234.
- Moodera JS, Kinder LR, Wong TM, Meservey R, 1995. Large magnetoresistance at room temperature in ferromagnetic thin film tunnel junctions. *Physical Review Letters*, 74: 3273-3276.
- Natarajarathinam A, Zhu R, Visscher P, Gupta S, 2012. Perpendicular magnetic tunnel junctions based on thin CoFeB free layer and Co-based multilayer synthetic antiferromagnet pinned layers. *Journal of Applied Physics*, 111: 1-3.

- Noh JS, Nath TK, Eom CB, Sun JZ, Tian W, Pan X, 2001. Magnetotransport in manganite trilayer junctions grown by 90 off-axis sputtering. *Applied Physics Letters*, 79: 233-235.
- Park JH, Vescovo E, Kim HJ, Kwon C, Ramesh R, Venkatesan T, 1998. Direct evidence for a half-metallic ferromagnet. *Nature*, 392: 794-796.
- Rizwan S, Guo S, Wang Y, Wen Z, Zhang S, Zhao Y, Zou J, Han X, 2010. Temperature and Bias-Assisted Transport Properties of LSMO/AIO/CoFeB Magnetic Tunnel Junction. *IEEE Transactions on Magnetics*, 46: 2383-2386.
- Sahin G, 2016. Effect of wavelength on the electrical parameters of a vertical parallel junction silicon solar cell illuminated by its rear side in frequency domain. *Results in Physics*, 6: 107-111.
- Sun J, Gallagher W, Duncombe P, Krusin Elbaum L, Altman R, Gupta A, Lu Y, Gong G, Xiao G, 1996. Observation of large low field magnetoresistance in trilayer perpendicular transport devices made using doped manganate perovskites. *Applied Physics Letters*, 69: 3266-3268.
- Useinov A, Kosel J, 2011. Spin Asymmetry Calculations of the TMR-V Curves in Single and Double-Barrier Magnetic Tunnel Junctions. *IEEE Transactions on Magnetics*, 47: 2724-2727.
- Viret M, Drouet M, Nassar J, Contour J, Fermon C, Fert A, 1997. Low-field colossal magnetoresistance in manganite tunnel spin valves. *Europhysics Letters*, 39: 545-550.
- Werner R, Petrov AY, Miño LA, Kleiner R, Koelle D, Davidson BA, 2011. Improved tunneling magnetoresistance at low temperature in manganite junctions grown by molecular beam epitaxy. *Applied Physics Letters*, 98: 1-3.
- Wikipedia, 2017. Electrical resistivity and conductivity. <https://en.wikipedia.org/wiki/04.02.2017>
- Wolf SA, Awschalom DD, Buhrman RA, Daughton JM, von Molnár S, Roukes ML, Chtchelkanova AY, Treger DM, 2001. Spintronics: A Spin-Based Electronics Vision for the Future. *Science*, 294: 1488-1495.
- Wolf SA, Chtchelkanova AY, Treger DM, 2006. Spintronics: a retrospective and perspective. *IBM Journal of Research and Development*, 50: 101-110.
- Wu H-C, Coileáin CÓ, Abid M, Mauit O, Syrlybekov A, Khalid A, Xu H, Gatensby R, Wang JJ, Liu H, Yang L, Duesberg GS., Zhang H-Z, Abid M, Shvets IV, 2015. Spin-dependent transport properties of Fe₃O₄/MoS₂/Fe₃O₄ junctions. *Scientific Reports*, 5:1-8.
- Zhang Z, Ranjith R, Xie B, You L, Wong L, Wang S, Wang J, Prellier W, Zhao Y, Wu T, 2010. Enhanced low field magnetoresistance in nanocrystalline La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ synthesized on MgO nanowires. *Applied Physics Letters*, 96: 1-3.

İğdır Yöresinde Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi

Gülçin BİLGİCİ CENGİZ¹, Volkan GÖKSU², Hüseyin ERTAP¹

ÖZET: Bu çalışmada İğdır yöresine ait toprak ve sudaki radyoaktivite incelenmiştir. Bu amaçla İğdır ilinin değişik noktalarından alınan toprak ve su örneklerinin radyoaktif çekirdek konsantrasyonları ve ev içi radon konsantrasyonları belirlendi. İğdır ili sınırları içerisinde 11 farklı noktadan alınan toprak örneklerinin gamma spektrometrik analizi Canberra marka HPGe dedektörü kullanılarak yapılmıştır. İlgilenilen alanlarda topraktaki ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla, ²³⁸U, ²³²Th ve ⁴⁰K için 15.7, 18.3 ve 332.6 Bq kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bunlara ek olarak, fisyon ürünü olan ¹³⁷Cs konsantrasyonu 17.7 Bq kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Aras nehrinden alınan su örnekleri, Berthold LB770 marka düşük doğal fonlu bir alfa/beta sayım sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları için belirtilmiş olduğu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmüştür. İğdır ili ev içi ortalama radon konsantrasyonu ise pasif CR-39 nükleer iz dedektörleri kullanılarak 105.62 Bq m⁻³ olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alfa, beta, İğdır, radon, su, toprak

Determination of Environmental Radioactivity in the Iğdır Region

ABSTRACT: In this study, radioactivity existing in soil and water is analyzed in the region of Iğdır. For this purpose, the radioactivity concentrations of soil and water samples collected from different points along the Armenia boundary of Iğdır and indoor radon concentrations were determined. Gamma spectrometric analysis of soil samples collected from different points of Iğdır was performed by using the Canberra and an HPGe detector. The radionuclide activity concentrations in 11 soil samples collected from the study area were measured through gamma-ray spectrometry. The average activity concentration of soil samples in the investigated area were determined as 15.7, 18.3 and 332.6 Bq kg⁻¹ for the natural radionuclides ²³⁸U, ²³²Th and ⁴⁰K, respectively. In addition to these, the fission product of ¹³⁷Cs concentration was determined 17.7 Bq kg⁻¹. The radioactivity levels of 12 water samples taken from Aras River were analyzed. The gross-alpha and gross-beta activities were determined using a Berthold LB770 an alpha/beta counter of low background multiple detector type system. According to the data collected, it is found that maximum levels which are determined by the World Health Organization not achieved. In this study, track etch film (CR-39) was used to determine the distribution of radon levels in dwellings. The average indoor radon concentration was obtained as 105.62 Bq m⁻³.

Keywords: Alpha, beta, Iğdır, radon, soil, water

¹ Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kars, Türkiye

² Kafkas Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği, Kars, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gülçin BİLGİCİ CENGİZ, gulcincengiz@kafkas.edu.tr

GİRİŞ

İnsanlar ve diğer canlılar yaşamları süresince uzaydan gelen ve yeryüzünden yayınlanan radyasyonlar nedeniyle iyonlaştırıcı bir radyasyon ortamı içinde yaşamaktadırlar. İçinde yaşadığımız dünyada her şey az miktarda da olsa radyoaktif atomlar içermektedir; yer kabuğu, solunan hava, gıdalar ve güneş sistemi doğal radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Çevresel doğal radyoaktivite dünyanın yapısında bulunan ve çok uzun yarı ömürlü radyoaktif çekirdeklerden (Uranyum, Toryum ve Radyum gibi) meydana gelir veya kozmik radyasyonların etkileşimi sonucunda oluşur.

Dünya, daima dış uzaydan gelen kozmik radyasyonların etkisindedir. Diğer taraftan, insanlar yapay radyoaktif maddelerin endüstriyel ya da tıbbi amaçlı uygulamalarından dolayı radyasyona maruz kalmaktadırlar. Bunun yanında nükleer denemeler ve nükleer reaktör kazaları sonucunda atmosfere yayılan radyoaktif maddeler kuru serpinti ve yağışlarla toprağa, suya ve bitki örtüsüne bulaşmaktadır. Toprak, su ve bitkilerde biriken radyoaktif maddeler yerel ve bölgesel radyoaktiviteyi önemli oranda etkilemektedir.

Çevresel ışımalara maruz kalma bölgeden bölgeye değişebilmekte, birbirlerine yakın yerler arasında da farklılıklar gösterebilmektedir. Sulardaki radyoaktivite iki şekilde meydana gelmektedir. Birincisi, suların geçtikleri bölgelerdeki kaya veya toprak ile temasıyla bunlarda bulunan radyoizotopları çözerek bünyelerine almaları veya yağmur suları tarafından çözülerek içme sularına taşınmasıdır.

İkincisi ise, atıklar veya kazalar sonucunda radyoizotopların suya karışmasıdır. Yer altı suları alt tabakalarda fazlaca bulunan volkanik ve granit kayalarla etkileşimleri sebebiyle yüzey sularına nazaran daha fazla aktiftirler (Gelir, 2001). Radon; eser miktarda uranyum içeren toprak, kum, kaya veya bunlardan yapılan yapı malzemeleri

ve yapay gübreler gibi daha birçok maddeden yayınlanan, doğal bir radyoaktif gaz olup çok küçük konsantrasyonlarda olmak üzere hemen her yerde bulunmaktadır. Bu nedenle radon ve radonun bozunma ürünleri olan radyoaktif katı taneciklerin solunması, insanların maruz kaldıkları iç radyasyon dozlarının başlıca kaynağını oluşturmaktadır (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR, 1982).

UNSCEAR 2000 raporunda dünya insanların maksimum alacakları ortalama yıllık ev içi gamma ışınlamaları 1.2 mSv olarak belirtilmiştir (UNSCEAR, 2000).

Alınan radyasyon dozu arttıkça kanser olma riskinin de arttığı bilinmektedir. Kanser riskinin azaltılması veya kontrol altında tutulabilmesi için insanların maruz kaldıkları radyasyonun sınırlandırılması ve dozun tespit edilmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada Iğdır ili çevresel radyoaktivite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Iğdır ilinin coğrafi konumu ve sınır komşusunda bulunan METSAMOR Nükleer Santralinin varlığı, bu çalışmanın yapılmasında önemli bir faktördür.

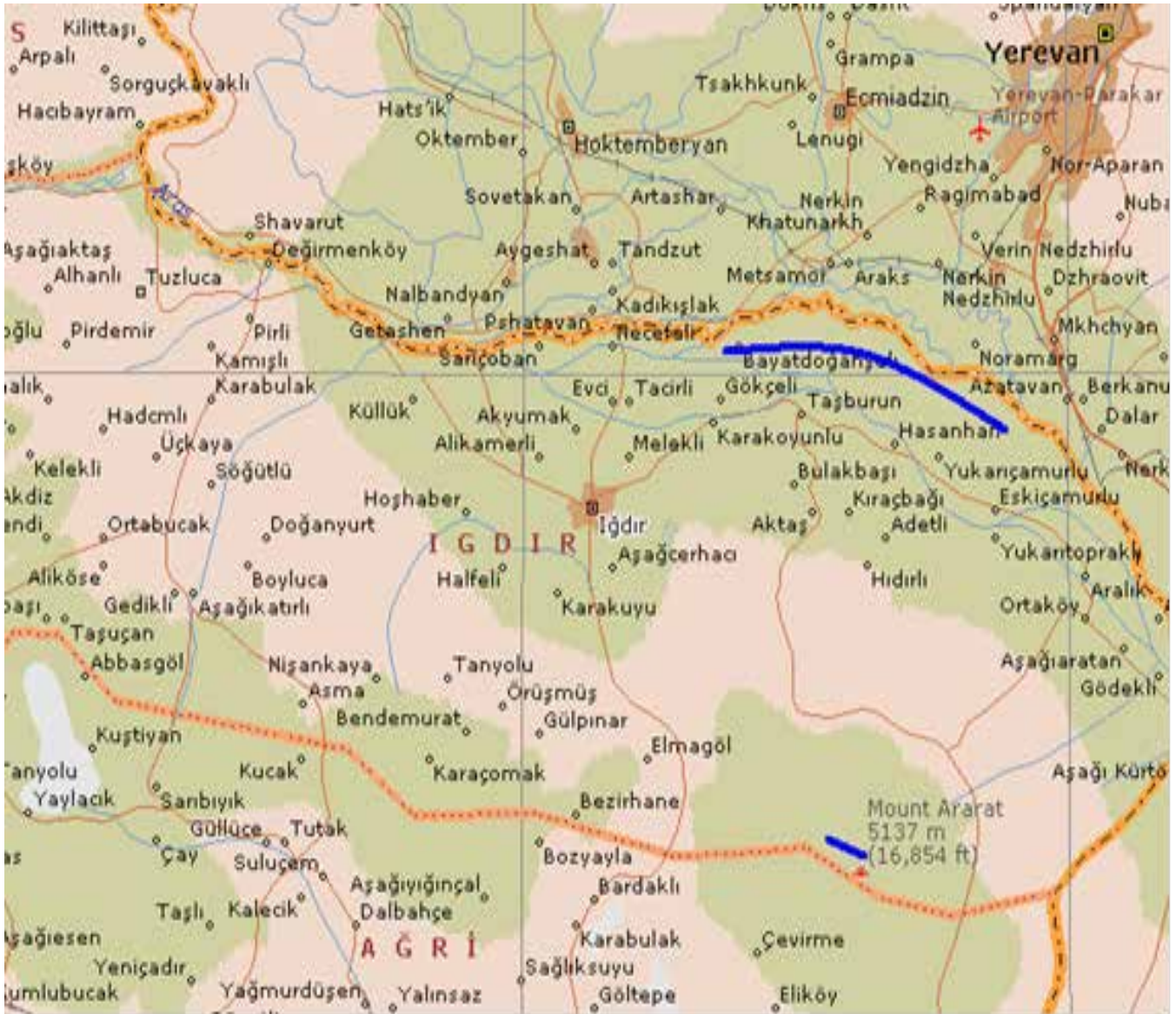
Ayrıca bu çalışmada, Iğdır ili toprak numunelerinin içerdiği radyoaktif çekirdeklerin konsantrasyonları ve Aras nehrinden alınan su örneklerinin toplam alfa ve beta radyoaktivitesi belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı

Bu çalışmada ölçüm sahası olarak seçilen Iğdır ili sınırları içinde bulunan Aras nehri kıyısı boyunca çeşitli noktalardan alınan toprak ve su örneklerinin içerdiği radyoaktif çekirdek konsantrasyonları ve ev içi radon konsantrasyonları belirlenmiştir.

Örneklerin toplandığı bölge Şekil 1’de Iğdır ili haritası üzerinde mavi çizgi ile gösterilen bölgedir.



Şekil 1. İğdir ili su ve toprak örneklerinin alındığı noktalar

Topraktaki Doğal Radyoaktivitenin Ölçümü

Toprak örneklerinin içermiş olduğu doğal radyoaktif çekirdek konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla, 11 değişik noktadan toprak örnekleri alınarak gamma spektrometrik analizleri yapılmıştır. Toprak örneği alınırken yüzeyde bulunan taş, ot, çimen, çöp gibi yabancı maddelerden temizlenmiş ve numune toplama amacıyla 25 cm çaplı ve 5 cm yükseklikli bir numune toplama kabı ile 1 m² lik çalışma alanının dört köşesinden örnekler alınıp poşetlere konularak numaralandırılmışlardır. Toplanan örnekler laboratuvar ortamında kâğıt altlıklar üzerine serilerek yaklaşık 1 hafta süresince

oda şartlarında kurutulup karıştırıcı yardımı ile öğütülerek toz haline getirilmiştir. Öğütülmüş örnekler homojenliğin sağlanması amacıyla 10 mesh'lik elekten geçirilerek ve darası alınmış numune kaplarına doldurularak tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir.

Örnekleri gamma spektrometrik ölçme işlemine hazır hale getirilebilmek için kapak kısımları parafilm ile kapatılarak sızdırmazlığı sağlanmıştır. Daha sonra sızdırmazlığı sağlanmış bu numuneler 45 gün süreyle bekletilmişlerdir. Böylece hazırlanan örneklerin içlerinde bulunan radyoaktif çekirdeklerin kendi bozunum ürünleriyle dengeye gelmeleri

sağlanmıştır. Bu süre sonunda her bir örnek gamma spektrometre cihazına konularak 50.000 s sayılmıştır. Bu çalışmadaki gamma spektrometrik ölçümlerinde Canberre marka HPGe dedektörü kullanılmıştır. Topraktaki radyoaktivite değerlerinin belirlenmesi süresince kullanılan gama spektrometrik analiz sistemi; etrafı kurşunla zırhlanmış yüksek ayırma gücündeki germanyum dedektör, ön yükseltici, yüksek voltaj filtresine sahip güç kaynağı, yükseltici, analog dijital dönüştürücü, çok kanallı analizör ve bilgisayar sisteminden oluşmaktadır.

HPGe dikey eksenli, 30 litrelik sıvı azot kabına monte edilmiş, dedektör etrafına 1 litrelik marinelli kaplarının sığabileceği ve 40 cm iç boşluk bırakılmış şekilde kurşun zırhlama yapılmıştır. Bilgisayar hafızasında toplanan spektrumların Accuspec yazılımı ile analiz edilebilmesi için önceden dedektörün önüne konulan enerjileri bilinen çekirdeklerden oluşmuş Cs-137 ve Co-60 radyoaktif standart kaynakları (IAEA-375) ile 0-2000 keV enerji spektrumu aralığında enerji kalibrasyonu yapılmıştır. Yapılan bu enerji kalibrasyonu sayesinde numunenin gamma spektrumunda bulunan radyoaktif çekirdek türleri enerjilerine bakılarak belirlenmiştir.

Sudaki Doğal Radyoaktivitenin Ölçümü

Su örnekleri hazırlanırken 20 ile 500 ml arasında numune alınmıştır. Alınan numune bir behere aktarılır ve 50-60 °C'lik ısıda buharlaştırılmaya bırakılmıştır. Buharlaştırma işlemine numunenin % 10' u kalıncaya kadar devam edilmiştir. Buharlaşma esnasında beherin duvarlarına yapışan maddeleri önlemek için beherin içine birkaç damla %1'lik HCl veya HNO₃ ilave edilmiştir.

Buharlaşma işlemi, beherde kalan su önceden darası ve boş sayımı alınmış planşet içine taşmayacak şekilde azar azar aktarılarak kuruluk kalacak şekilde devam edilmiştir (bu işlem düşük ısıda sıcak plaka üzerinde yapılır). Buharlaşma bittikten sonra planşet içinde kalan tortu (kalıntı) tartıldıktan sonra 105 °C'deki etüv içerisine konularak iyice kurutulmuştur. Böylece numune sayıma hazır bir duruma gelmiştir. Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken husus planşet içindeki tortunun homojen bir şekilde dağıtılmış olmasıdır.

Ev İçi Radon Ölçümü

Bu çalışma süresince Iğdır yöresindeki evlerde ²²²Rn konsantrasyonlarını ölçmek için, Türkiye Atom Enerjisi Kurumun (TAEK)'dan temin edilen CR-39 dedektörleri kullanıldı. Bu dedektörler, camın optik özellikleri ile mekanik ve fiziksel özellikleri birleştirilerek yapılmış ve ısı altında sertleştirilmiş bir tür plastik kullanılarak üretilmiştir.

CR-39 plastiği, (20x20x0.25) mm boyutlarında kesilerek 50-100 cm³'lük plastik kapların içine yerleştirilmiştir. Radon ve bozunma ürünlerinin yayınladıkları alfa tanecikleri, difüzyon kaplarının içine girerek dedektörle etkileşmekte ve dedektör yüzeyinde gözle görülemeyecek büyüklüklerde izler oluşturmaktadır. 223 günlük bekleme sürecinin sonunda toplanan dedektör üzerindeki alfa izlerinin görülebilir hale getirilebilmesi için kimyasal iz kazıma işlemine başvurulmuştur. Bu işlem esnasında dedektör %30'luk NaOH çözeltisinde, 70 °C sıcaklıkta, bir etüv içinde 17 saat tutulmuştur. Daha sonra saf su ile iyice temizlenen dedektör üzerinde alfa izleri, 500 büyütmeli bir mikroskopla rahatça gözlenerek TAEK'te sayılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprakta Radyoaktivite

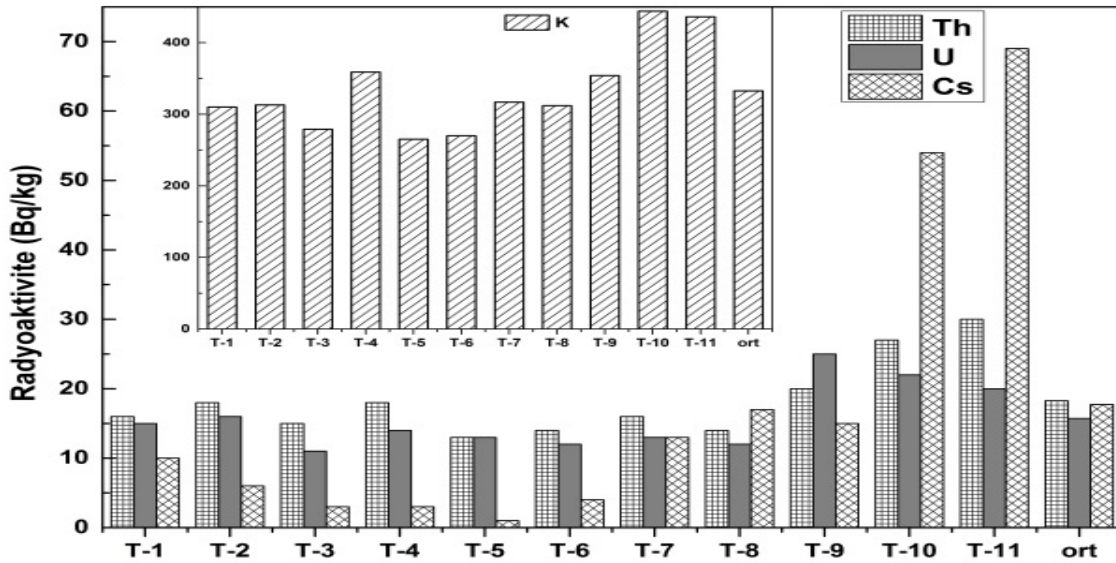
Toprak örneklerinin analizinde ²³⁸U aktivitesi için; ²¹⁴Pb'nin 295 keV'lik fotopiki, ²¹⁴Pb'nin 352 keV'lik fotopiki ve ²¹⁴Bi'nin 609.3 keV'lik fotopiki kullanılmıştır. ²³²Th aktivitesi için; ²⁰⁸Tl'in 583 keV'lik fotopiki ve ²²⁸Ac'nin 911 keV'lik fotopiki, ⁴⁰K aktivitesi için 1461 keV'lik fotopik ve ¹³⁷Cs aktivitesi için 662 keV'lik fotopik kullanılmıştır.

Iğdır ili toprak örneklerinde tespit edilen radyoizotopların aktivite konsantrasyon değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. T-9, T-10 ve T-11 istasyonları Ağrı dağında bulunan Meteor çukuru ve etrafından alınan toprak örnekleri bu bölgedeki volkanik yapılardan oluşmaktadır. Bundan dolayı, bu istasyonlara ait olan toprak örneklerinin ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs doğal radyoaktivite konsantrasyonları diğer istasyonlara oranla daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 1. İğdır ili toprak örneklerindeki radyoaktif çekirdeklerin aktivite konsantrasyonları (Bq kg⁻¹)

Örnek Adı	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
T-1	15±3	16±2	310±29	10±4
T-2	16±4	18±3	313±32	6±3
T-3	11±2	15±4	279±28	3±2
T-4	14±3	18±3	359±35	3±1
T-5	13±4	13±4	265±28	1±1
T-6	12±4	14±3	270±29	4±2
T-7	13±3	16±2	317±33	13±3
T-8	12±4	14±2	312±32	17±3
T-9	25±5	20±4	354±31	15±4
T-10	22±3	27±5	444±46	54±8
T-11	20±4	30±6	436±45	69±9

Şekil 2’de alınan toprak örneklerindeki ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs radyoizotoplarının dağılımı gösterilmiştir.

Şekil 2. İğdır toprak örneklerindeki ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs radyoizotoplarının dağılımı

Dünyanın değişik yerlerinde yapılan ölçümlerde toprakta doğal olarak bulunan ⁴⁰K’in aktivite konsantrasyonu, ²³⁸U ve ²³²Th aktivite konsantrasyonlarından önemli ölçüde yüksek olarak elde edilmiştir (UNSCEAR, 2000). İğdır ili toprak örneklerinden de görülebileceği gibi, ⁴⁰K’in aktivite konsantrasyonu diğer radyoizotop

konsantrasyonlarından oldukça yüksektir. ⁴⁰K için, UNSCEAR 1982 ve 2000 raporlarında sırasıyla 370 ve 400 Bq kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen ⁴⁰K’in ortalama aktivite konsantrasyonu 333 Bq kg⁻¹ olarak belirlenmiştir ve bu değer buradaki raporlarda verilen değerlerin altındadır. ²³²Th ve ²³⁸U radyoizotoplarının bulunan aktivite konsantrasyonları ise, UNSCEAR

2000 raporunda verilen dünya ortalamalarının altında bulunmuştur. ^{137}Cs nükleer denemeler veya nükleer santrallerde meydana gelen kazalar sonucu atmosfere atılmaktadır. Havadan gelen radyoaktivitenin önemli bir kısmının toprakta biriktiği bilinmektedir (OECD Nuclear Energy, 1979). Bilindiği gibi 1986 yılında Rusya'nın Çernobil yerleşim bölgesinde meydana gelen reaktör kazası nedeniyle, birçok ülke gibi, Türkiye de Çernobil'den yayılan radyoaktif maddelerin meydana getirdiği kirlilikten etkilenmiştir.

Kestanbol toprak örneklerindeki ^{137}Cs ortalama değeri 18 Bq kg^{-1} , ^{40}K ortalama değeri 1207 Bq kg^{-1} , ^{238}U ortalama değeri 107 Bq kg^{-1} , ^{226}Ra ortalama değeri

153 Bq kg^{-1} , ^{232}Th ortalama değeri 192 Bq kg^{-1} olarak bulunmuştur (Merdanoğlu, 2004).

Tekirdağ toprak örneklerindeki ^{137}Cs ortalama değeri 4.54 Bq kg^{-1} , ^{40}K ortalama değeri 579 Bq kg^{-1} , ^{238}U ortalama değeri 25 Bq kg^{-1} , ^{226}Ra ortalama değeri 36 Bq kg^{-1} , ^{232}Th ortalama değeri 39 Bq kg^{-1} olarak bulunmuştur (Kam v.d, 2004). Amerika'daki toprak örneklerindeki ^{238}U ortalama değeri 37 Bq kg^{-1} , ^{226}Ra ortalama değeri 41 Bq kg^{-1} , ^{232}Th ortalama değeri 37 Bq kg^{-1} olarak bulunmuştur (Myrick v.d, 1983). Dünyanın değişik bölgelerinde incelenen toprak örneklerinden elde edilen gamma spektrometrik analiz sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Dünyanın değişik bölgelerinde ölçülen topraktaki radyonüklid içerikleri (UNSCEAR, 2000)

Ülke Adı	Topraktaki Konsantrasyon (Bq kg^{-1})			
	^{40}K	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th
U.S.A	370	35	40	35
Cin	440	33	32	41
Japonya	310	29	33	28
Kazakistan	300	37	35	60
Ermenistan	360	46	51	30
İran	640		28	22
Almanya	40-1340	11-330	5-200	7-134
İngiltere			37	
Bulgaristan	400	40	45	30
Rusya Fed.	520	19	27	30
Kıbrıs	140		17	
Yunanistan	360	25	25	21
Portekiz	840	49	44	51
İspanya	470		32	33
Ortalama Değer	400	35	35	30
İğdır İli	333	16	19	18

Sudaki Radyoaktivite Değeri

Canlıların doğal ihtiyacı olan su, hayatın devamı için ne kadar gerekli ise sağlık açısından da sulardaki radyasyon miktarını ölçmek, radyasyon seviyesini belirlemek ve bir standart getirmek de o kadar

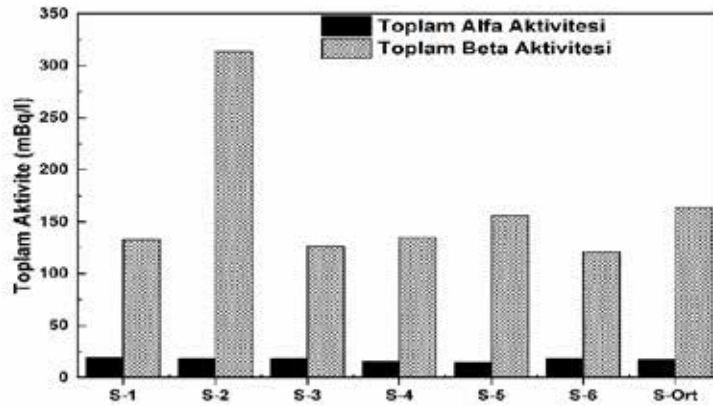
önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ABD Çevre Korunma Ajansı (EPA) tarafından tavsiye edilen içme suları için radyoaktivite sınırları, toplam alfa için 0.1 Bq l^{-1} ve toplam beta için 1 Bq l^{-1} olarak kabul edilmiştir. İçme suları için WHO ve EPA'nın bu tavsiyeleri Türk Standartlar Enstitüsü (TSE)'nin 1984

yılında yayınladığı TS-226 nolu raporunda ve İSKİ'nin 1984 yılında yayınladığı içme suyu standardına da uygun bulunmuş ve içme suyu için tavsiye edilen radyoaktivite sınırları belirlenmiştir. WHO'nun içme suları için tavsiye ettiği sınır değerler suyun, ömür boyu tüketilmesi durumunda insanın alacağı radyasyon

dozunun sağlık yönünden herhangi bir hasarın oluşturmayacağı fikrinden hareketle tespit edilmiştir. İğdır ili Aras Nehri sularından alınmış numunelerin sayım sonuçları Çizelge 3'te verilmiş ve Aras Nehri sularına ait toplam alfa ve beta aktiviteleri Şekil 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. İğdır ili Aras nehri sularının toplam alfa ve beta radyoaktivite konsantrasyonları

Örnek Adı	Toplam Alfa Aktivitesi (Bq l ⁻¹)	Toplam Beta Aktivitesi (Bq l ⁻¹)
S-1	0.0190±0.0023	0.1328±0.0038
S-2	0.0180±0.0027	0.3135±0.0049
S-3	0.0181±0.0035	0.1263±0.0048
S-4	0.0155±0.0024	0.1349±0.0047
S-5	0.0151±0.0023	0.1564±0.0043
S-6	0.0179±0.0034	0.1206±0.0044



Şekil 3. Aras Nehri sularına ait toplam alfa ve beta aktiviteleri.

Toplam alfa aktifliğinin 0.0151±0.0023 Bq l⁻¹ ile 0.0190±0.0023 Bq l⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama alfa aktifliği 0.0173±0.0028 Bq l⁻¹ değerini aldığı bulunmuştur. Toplam beta aktifliği değeri ise 0.1206±0.0044 Bq l⁻¹ ile 0.3135±0.0049 Bq l⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama beta aktifliği değeri de 0.1641±0.0045 Bq l⁻¹ olarak bulunmuştur. Fırtına deresinde yapılan çalışmada toplanan su örneklerinin toplam alfa ve beta aktiviteleri sırasıyla 0.0124 ile 0.0662 Bq l⁻¹ ve 0.0279 ve 0.1333 Bq l⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür (Keser, 2004). Malatya ve ilçelerinin içme sularında yapılan bir çalışmada, toplam alfa ve beta aktiviteleri sırası ile 0.1185±0.0100 Bq l⁻¹ ve 0.2078±0.0122 Bq l⁻¹ olarak hesaplanmıştır

(Yalçın, 2002). Tekirdağ ili içme sularında yapılan bir çalışmada toplam alfa aktivitesi 0.0037±0.0025 Bq l⁻¹ ile 0.1392±0.0059 Bq l⁻¹ arasında değişmektedir. Toplam beta aktivitesi ise 0.0218±0.0032 Bq l⁻¹ ile 0.2174±0.0040 Bq l⁻¹ arasında değişmektedir (Kam v.d, 2004). Batı Anadolu'daki Emendere termal kaplıcalarında yapılan çalışmada, ortalama toplam alfa aktifliği 0.168 Bq l⁻¹, ortalama toplam beta aktifliği ise 0.144 Bq l⁻¹ olarak bulunmuştur (Topçuoğlu v.d, 2003). Elde ettiğimiz sonuçların Fırtına deresinin sonuçları ile yaklaşık olarak örtüştüğü fakat Malatya içme sularına ait değerlerden fazla olduğu görülmektedir. Aras nehrinin toplam alfa ve beta değerlerinin içme sularının olması gereken standartların altındadır.

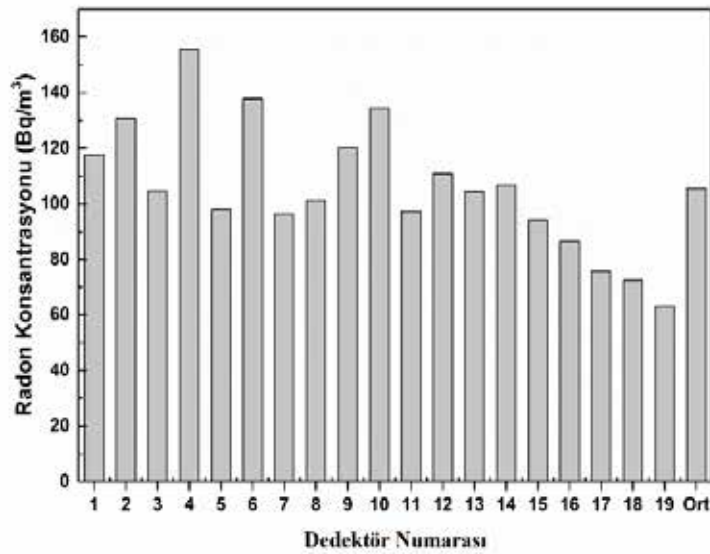
Ev İçi Radon Konsantrasyonu

İnsanların doğal radyasyon kaynaklarından aldığı eşdeğer doza en büyük katkıyı radon solunumu yapmaktadır. ^{222}Rn 'nin asıl kaynağı uranyum olduğu için, radon konsantrasyonu yer kabuğu üzerinde bölgeden bölgeye değişiklikler göstermektedir. Kalibrasyon için 30 tane dedektör hazırlanmıştır. Hazırlanan bu dedektörler ikili gruplar halinde 1 ile 5 gün süreler ile radon kalibrasyon odasına konulup ışlandıktan sonra alınarak kimyasal iz kazıma işlemine maruz bırakılmıştır. Bu işlemler sonucunda,

CR-39 dedektörlerindeki iz sayılarına karşı gelen radon konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılacak olan kalibrasyon faktörü $4 \text{ kBq m}^{-3} \text{ izsayısı}^{-1} \text{ saat}$ olarak bulunmuştur. Evlere dağıtılan toplam 30 dedektörden 11 tanesi, hasar görmeleri ya da iade edilmemeleri nedeniyle değerlendirilememiştir. Hasarsız olarak elde edilen ve iz sayıları belirlenen 19 dedektörün iz sayılarına karşı gelen radon konsantrasyonu, kalibrasyon faktörü kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Ayrıca Iğdır ili ev içi radon konsantrasyon dağılımı Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Iğdır İli Ev içi Radon Konsantrasyonları (Bq m^{-3}).

Dedektör Numarası	Radon Konsantrasyonu	Dedektör Numarası	Radon Konsantrasyonu
1	117.35	11	97.11
2	130.70	12	110.90
3	104.60	13	104.50
4	155.30	14	106.80
5	97.80	15	93.97
6	137.80	16	86.65
7	96.30	17	75.67
8	101.20	18	72.46
9	120.2	19	63.10
10	134.46		



Şekil 4. Iğdır ili evlerinde ölçülen radon konsantrasyonları

Türkiye’de evlerde gerçekleştirilen radon ölçümlerine ait bazı ortalama değerler İstanbul için 73 Bq m⁻³ (Köksal v.d, 1993), Şanlıurfa için 73 Bq m⁻³, Erzurum için 85 Bq m⁻³ (Özçınar v.d, 1996), Kestanbol, Çanakkale için 160 Bq m⁻³ (Çelebi ve Alkan, 1997), Antalya için 29 Bq m⁻³ (Çelebi v.d, 2000) olarak elde edilmiştir. UNSCEAR 2000 raporunda ev içi radon konsantrasyonunun tüm dünya aritmetik ortalaması 275 Bq m⁻³ olarak verilmiştir. İğdır ili ev içi radon konsantrasyon ölçüm sonuçları 63-155 Bq m⁻³ aralığında elde edilmiş ve ev içi ortalama radon konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması ise 105.62 Bq m⁻³ olarak hesaplanmıştır. Evlerin yapıldığı arazide bulunan doğal uranyum miktarı ve uranyum serisinin bir bozunma ürünü olan radonun, ev tabanında bulunan aralıklardan eve sızması ve evdeki yapı malzemesinden kaynaklanan radonun havaya karışması ev içi radon konsantrasyonunun artmasının önemli etkenlerindedir. Ev içi gamma radyasyonunun önemli bir kısmı, bina yapısında kullanılan malzemeden kaynaklanmaktadır. Birçok ülkede, iç ve dış doğal radyasyon etkilerini en aza indirmek amacıyla birtakım çalışmalar yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Gelir, A, 2001. İçme suyundaki radyoaktivitenin belirlenmesi ve yıllık doz eşdeğerinin hesaplanması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR, 1982. Report to the General Assembly, 88-90p.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR, 2000. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume I: Sources, United Nations, New York, 110-280p.
- OECD Nuclear Energy, Report of a Group of Expert 1979. No: 48761, .35-36p.
- Myrick TE, Berven BA, Haywood FF, 1983. Determination of concentrations of selected radionuclides in surface soil in the U.S. Healthy Physics, 45: 631 642.
- Kam E, Yarar Y, Karahan G, Çelebi N, 2004. Tekirdağ ili ve çevresinin doğal radyasyon seviyelerinin belirlenmesi. 22.Ulusal Fizik Kongresi, BODRUM.
- Keser R, 2004. Fırtına vadisinin Çamlıhemşin’den yukarı kısmının doğal radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

SONUÇLAR

Dünyanın genelinde yapılan ölçümlerde toprakta doğal olarak bulunan ⁴⁰K’in aktivite konsantrasyonu, ²²⁶Ra, ²³²Th ve ²³⁸U aktivite konsantrasyonlarından önemli ölçüde yüksek olarak elde edilmiştir ve İğdır ili toprak örneklerinde bulunan değerler UNSCEAR 2000 raporunda verilen dünya ortalamalarının altında olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada ¹³⁷Cs’nin ortalama aktivite değeri 18±4 Bq kg⁻¹ olarak bulunmuştur ve daha önceki çalışmalarla uyumludur. Daha önceki çalışmalarda ¹³⁷Cs’nin değeri Kestanbol’da 18 Bq kg⁻¹ (Merdanoğlu, 2004) ve Tekirdağ’da 4.54 Bq kg⁻¹ (Kam v.d, 2004) olarak bulunmuştur. Ayrıca, Aras nehrinden alınan su örneklerinin toplam alfa ve beta değerleri WHO’nun ve TSE’nin kabul ettiği toplam aktivite standartlarının altında olduğu belirlenmiştir. İğdır ili ev içi radon konsantrasyon ölçümlerinden elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasının ICRP, Avrupa Birliği ve WHO tarafından belirlenen referans değerleri ile kıyaslandığında, İğdır ilinde herhangi bir bireyin çevredeki doğal radyoaktivite açısından fazladan bir riske maruz kalmadığı anlaşılmaktadır.

- Yalçın M, 2002. Malatya şehir merkezi ile ilçe merkezlerinin içme sularının toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyelerinin tayini. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Topçuoğlu S, Karahan G, Güngör N, ve Kırbaşoğlu Ç, 2003. Natural and artificial radioactivity in Emendere thermal spring area in Western Anatolia. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 256: 395 398.
- Köksal M, Çelebi N, Özçınar B, 1993. Indoor radon concentration in İstanbul houses. Healthy Physics, 65: 87-88.
- Özçınar B, Köksal EM, Akar B, Kopuz G, Büyükkasap E, Çetin A, Küçükönder A, Ünlü Y, 1996. Erzurum ve Şanlıurfa illerinde radon gazı radyoaktivite konsantrasyonları. 7. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknoloji Kongresi, 538 543.
- Çelebi N, Alkan H, 1997. Evaluation of natural radiation in the Kestanbol spa region. Radiation Protection Dosimetry, Volume: 69, No: 3, 227 230.
- Çelebi N, Taşdelen M, Kopuz G, Uluğ A, 2000. Antalya evlerinde radon konsantrasyon ölçümleri. GAP-Çevre Kongresi, 2: 1053 1058.
- Merdanoğlu B, 2004. Kestanbol civarındaki su, toprak ve granit örneklerinde doğal radyoaktivitenin belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Investigations of *in vitro* Antioxidant Activities, Elemental Compositions and Lipid Constituents of *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L. as a Medicinal Plant

Cumali KESKİN¹

ABSTRACT: In our study, some *in vitro* biological activities of hexane (HEG), ethylacetate (EtOAc) and methanol (MeOH) extracts of *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L. aerial parts have been investigated in details. Plant extracts were tested in view of its *in vitro* antioxidant activities as total phenolic and total flavonoid contents, DPPH free radical-scavenging, metal chelating and reducing power activity. Total phenolic content of MeOH extract has been found as 71.18 µg GAE/mg. The highest amount of flavonoids has been detected in EtOAc extract. The highest DPPH radical-scavenging activity and reducing power activity has been determined in MeOH extract. HEG extracts of *Acanthus dioscoridis* has showed clearly higher metal chelating activity when compared to other extracts. ΣPUFA percentage was meaningfully higher than ΣMUFA and ΣSFA. By considering the high PUFA content and strong antioxidant activities it could be concluded that *A. dioscoridis* could be recommended to possible use in medical science, cosmetic and food industry.

Keywords: *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L., biological activity, fatty acids, medicinal plants, trace elements

Tıbbi Bir Bitki Olarak *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis*' in *in vitro* Antioksidan Aktiviteleri, Elementel Bileşimi ve Lipit Bileşenlerinin Araştırılması

ÖZET: Bu çalışmamızda *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L.' in toprak üstü kısımlarının hekzan (HEG), etilasetat (EtOAc) ve metanol özütlelerinin bazı *in vitro* biyolojik aktiviteleri detaylı olarak incelenmiştir. Bitki özütlelerinin *in vitro* antioksidan aktiviteleri total fenolik ve flavonoid içerikleri, DPPH serbest radikal söndürücü, metal şelatlama ve indirgeme gücü aktiviteleri bakımından test edildi. MeOH özütünün toplam fenolik madde içeriği 71.18 µg GAE/mg olarak tespit edilmiştir. En yüksek flavonoid miktarı EtOAc özütünde tespit edilmiştir. En yüksek DPPH radikalı söndürme aktivitesi ve indirgeme gücü aktivitesi MeOH özütünde belirlenmiştir. *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L.' nin HEG özütü diğer özütler ile karşılaştırıldığında açık bir şekilde daha yüksek metal şelatlama aktivitesi göstermiştir. ΣPUFA yüzdesi anlamlı olarak ΣMUFA ve ΣSFA' dan daha yüksekti. Yüksek PUFA içeriği ve güçlü antioksidan aktiviteleri göz önüne alındığında *A. dioscoridis*' in tıbbi bilimlerde, kozmetik ve gıda endüstrisinde olası kullanımı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Acanthus dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L., biyolojik aktivite, iz elementler, tıbbi bitkiler, yağ asitleri

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik, Mardin, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Cumali KESKİN,ckeskinoo@gmail.com

INTRODUCTION

Plants are rich sources of natural antioxidant and they play critical protective roles in human health. This protective effects are related to plant antioxidant compounds such as carotenoids, vitamins, and phenols found in different parts of plants (Pietta, 2000; Saura and Goni, 2006).

Plants synthesize a large range of fatty acids and most plants store the lipids in the form of triglycerides (Murphy, 1990). Recent studies show that polyunsaturated fatty acids, especially ω -3 fatty acids are very important for human health (Amiguet et al., 2012).

Metals like cobalt, magnesium, selenium, iron, zinc and copper are essential nutrients for various biochemical and physiological pathways. However, excessive intake of these micronutrients results in a variety of deficiency diseases or syndromes in organisms, and they limit the use of medicinal plants. It is a known fact that metals accumulate in plants through their root system and demonstrate their dispersion in the different parts of plants such as root, leaf, and fruit. So, plants can also be used as bio-accumulator (WHO, 1996).

Acanthus is a genus of about 30 species of flowering plants in the family *Acanthaceae*. It is represented by eight taxa in Turkey. *Acanthus* and Bear's breeches (Davis, 1993) are the most common names of the genus.

Acanthus species are widely used as folk medicines for treatments of rheumatism, lymph node inflammations, snakebite, palsy, hepatic disorders, asthma attack, and bellyache in different countries (Hai et al., 2009). Moreover, studies show that many species of genus *Acanthus* include different secondary metabolites, especially benzoxazinoides, phenylethanoides (protocatechuic acid), lignans (shikimic acid, pinoselinol), flavonoglycoside (linaroside, homoplantagenin, acetocide, homoplantagonenin), megastigmanes, fatty acids (palmitic acid) and aliphatic alcohol and sterol glycosides (sitosterol-3-O- β -Dglucoside) (Elham et al., 2014; Huang et al., 2014).

According to various medical studies, some *Acanthus* species show different pharmacological and biological activities such as antioxidant,

hepatoprotective, antimicrobial, antiulcer, osteoblastic, antileishmanial, anti-inflammatory and anticancer activity (Singh and Aeri, 2013).

This study aims to evaluate the antioxidant ability, trace metals contents and lipid constituents of aerial parts of *A. dioscoridis* L. var. *dioscoridis* L.

MATERIAL AND METHODS

Instrumentation

Concentrations of Cd, Ni, Cu, Pb, Cr, Fe, B and Al were measured by a inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) with instrumental conditions reported in literature (Keskin et al., 2014).

Fatty acid methylesters (FAMES) were separated and quantified by capillary GC using a Hewlett Packard (Wilmington, DE) GC (model 6890), a BPX-70 capillary column (30 m x 320 μ m (i.d) x 0.250 μ m film thickness and bonded 70% cyanopropyl) (J & W Scientific, Folsom, CA), a flame ionization detector (FID) and Hewlett-Packard ChemStation software. The injection port temperature was 270°C, the detector temperature 280°C. The split ratio was 1:20. The flow rates of compressed air and hydrogen were 300 mL/min, 30 mL/min, respectively. Helium was used as the carrier gas (1.0 mL/min). The initial oven temperature was set to 130 °C and the oven was kept in this temperature for a minute. Later on, the temperature was increased to 170 °C at a rate of 6.5 °C/min, then again, it was increased to 215 °C at a rate of 2.75 °C/min and the oven was kept in this temperature as well for 12 minutes. Finally, the oven was heated to 230 °C at a rate of 40 °C/min and it was kept at 230 °C for 3 minutes. Thus, total amount of time spent for analysis was 38.8 minutes

Collection of plant samples

Plant materials were collected from Mardin city, located in the South East region of Turkey, in the period of April and May, and stored in polyethylene bags according to their species and transferred to the laboratory for preparation and experiment. The aerial parts (the flower, leaf, and stem) of the plants were used in the experiments. Subspecies of the collected plant was identified by Prof. Dr. Selçuk Ertekin from Biology Department of Faculty of Science of Dicle University.

Transmethylation of lipids and extraction of methyl derivatives

The samples were analysed according to the procedure described by Garches and Mancha (1993). TLC (0.25 mm silica gel 60 F254, Merck) was used to separate phospholipids (PL) and triacylglycerol (TG) by the help of a mixture of petroleum ether, diethyl ether and acetic acid (80:20:1; v/v) as the mobile phase. TLC plates were air-dried and sprayed with a solution of 0.2% (w/v) 2,7-dichlorofluorescein (Supelco, Supelco Park, Bellefonte, PA, USA) in methanol and bands were visualised under UV light (254 and 366 nm). PL and TG fractions were recovered from the TLC plates by scraping off the appropriate bands. Acidified methanol was used to transesterified to samples and the FAMES were extracted by hexane.

Statistical analysis

SPSS 15.0 was used for statistical calculations. Statistical comparisons of the fatty acid percentages were carried out by an analysis of variance (ANOVA) and comparisons between means were performed by using Tukey's test. *P* values less than 0.05 were considered statistically significant.

Digestion of plant species

Firstly, plants were washed under running water to remove foreign substances, and then washed again with deionised water. The samples were cleaned twice by distilled water to remove contaminants and finally dried at room temperature for 48 hours. Plant samples were also dried in an oven at 75 °C for 48 hours before the digestion procedure. Then, they were grounded in a porcelain mortar to obtain a fine powder. Approximately, 3.0 g of powdered plant samples were inserted in porcelain crucible. It was kept at 100°C in an oven for a day. They were heated at 525 °C for 5 hours. A 3.0 mL portion of concentrated HNO₃ was added to the samples and heated on a heater until dried, and then it was left at 525 °C for 2 hours to complete the ashing residues. Finally, a 3.0 mL mixture of HNO₃ and HCl (3:1, v/v) was added to crucibles and heated until dried. The ashed samples were acidified by adding 10.0 mL portion of 1.0 M of HNO₃ before transferred to PTFE tubes. Concentrations of metal ions were measured by ICP-OES. Certified tea sample (NCSZC 73014) was also digested in same procedure to check the accuracy of the method.

In vitro activity measurement methods

Total phenolic contents of samples were determined by the well-known Folin-Ciocalteu colorimetric method using gallic acid as a standard at 765 nm by UV-VIS (Slinkard and Singleton, 1997). Gallic acid was used as standard to construct a linear calibration curve. The equation was $A = 0.002 \times [\text{GAE}] - 0.051$, $R^2 = 0.995$. Total flavonoid content of extracts were determined based on the formation of flavonoid-aluminium complex by using quercetin as the standard described by Moreno et al., 2000. The equation was as $A = 0.010 \times [\text{QE}] - 0.009$, $R^2 = 0.999$. Absorbances were measured as 415 nm by UV-VIS. The free radical scavenging activities were quantitatively tested using a 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) based on Shimada et al., (1992) method. UV-VIS measurements were performed at 515 nm and results were calculated from the equation given in literature (Dorman and Hiltunen, 2004). Ferric reducing antioxidant powers for different extracts were investigated according to the method of Oyaizu (1988). BHA and BHT were used as the standard for free radical scavenging and reducing power activities respectively. Metal chelating activities of extracts were determined by modified Dinis method (Singh et al., 2007).

RESULTS AND DISCUSSION

In vitro biological activities

HEG, EtOAc and MeOH extracts were prepared to examine the total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity. The yields of solid residue after extraction and evaporation from 30 grams dried plant parts for HEG, EtOAc and MeOH extracts were 0.687, 0.539 and 10.816 gr respectively.

The highest total phenolics were determined in MeOH extracts as 71.18 µg GAE/mg extract, whereas the lowest was determined for HEG extracts as 28.16 µg GAE/mg extract (Table 1). The high contents of phenolic compounds indicated that these compounds contribute to the antioxidant activity (Stankovic', 2011).

Total flavonoid content of HEG extract was found as two times higher than MeOH extract. The highest amount of flavonoid was detected in EtOAc (153.54 µg QE/mg extract) extract which was 9.11

higher than MeOH and 4.45 times higher than HEG extracts (Table 1).

It is reported that flavonoids and phenolics are biosynthesized through several pathways (Gharibi et al., 2015). It was highlighted that, content of flavonoid in

plants depends on the type of solvents (Tohidi et al. 2017).

In addition, the amount and composition of them is highly affected by composition of soil, climatic and environmental factors (Rahimmalek et al., 2009).

Table 1: Total phenolic and flavonoid contents of hexane, ethyl acetate and methanol extracts of *Acanthus dioscoridis* var. *dioscoridis*.

Plant	Total phenolic content ($\mu\text{g GAE/mg extract}$)			Total flavonoid content ($\mu\text{g QE/mg extract}$)		
	HEG	EtOAc	MeOH	HEG	EtOAc	MeOH
<i>A. dioscoridis</i>	28.16 \pm 1.15*	33.89 \pm 0.35	71.18 \pm 2.71	34.45 \pm 0.53	153.54 \pm 1.02	16.85 \pm 0.23

*Data are presented as mean values; \pm standard deviation (SD) of triplicate values.

The radical-scavenging activities of the extracts were investigated in the ranges of 25-500 $\mu\text{g/mL}$ of extract while BHA and BHT are at standard level. Results show that DPPH radical-scavenging activity (Table 2) of HEG extract increased when concentration of extract increased. The highest activity was observed for EtOAc extract as 60.06% while 350 $\mu\text{g/mL}$ of the extract was used. A plateau was observed for MeOH extract over the concentration of 150 $\mu\text{g/mL}$ extract (87.57%). The measured DPPH radical-scavenging

activity of MeOH at this concentration was higher than BHT (63.64%) while it was lower than BHA (95.99%).

The highest DPPH radical-scavenging activity was determined for MeOH extract whereas the lowest activity was observed for the HEG extract. Our study establishes that the crude methanol extract of *A. dioscoridis* have strong anti-oxidant activity. These activities of plant extracts are mainly attributed to the presence of phenolic compounds.

Table 2: Effect of different solvent extract of *Acanthus dioscoridis* var. *dioscoridis* on the inhibition of DPPH free radical.

		% Inhibition of DPPH free radical (Concentration $\mu\text{g/mL}$)					
		25	50	150	250	350	500
Standards	BHA	74.98 \pm 0.08*	89.95 \pm 0.53	95.99 \pm 0.38	96.60 \pm 0.08	96.67 \pm 0.00	96.67 \pm 0.00
	BHT	20.71 \pm 1.59	39.53 \pm 2.57	63.64 \pm 2.04	80.57 \pm 1.44	90.10 \pm 0.08	94.10 \pm 0.45
Extract of <i>A. dioscoridis</i>	HEG	0.23 \pm 0.78	1.17 \pm 0.16	4.97 \pm 0.54	8.62 \pm 0.62	9.32 \pm 0.23	14.37 \pm 0.16
	EtOAc	4.58 \pm 1.09	4.90 \pm 0.47	34.19 \pm 0.23	51.90 \pm 0.08	60.06 \pm 0.00	52.06 \pm 0.08
	MeOH	20.59 \pm 0.31	45.07 \pm 2.25	87.57 \pm 0.00	86.25 \pm 0.23	85.86 \pm 0.00	85.08 \pm 0.16

*Data are presented as mean values; \pm standard deviation (SD) of triplicate values.

Figure 1, shows the data for the reducing power of the extract. The reducing power of the extract increased with increase in extract concentration from 25 to 350 $\mu\text{g/mL}$ and exhibited lower reducing power than BHA and BHT as standards. No activity

was observed for 12.5 $\mu\text{g/mL}$ concentration for all extracts.

The highest reducing activity was determined for MeOH extract whereas the lowest activity was observed for HEG extract.

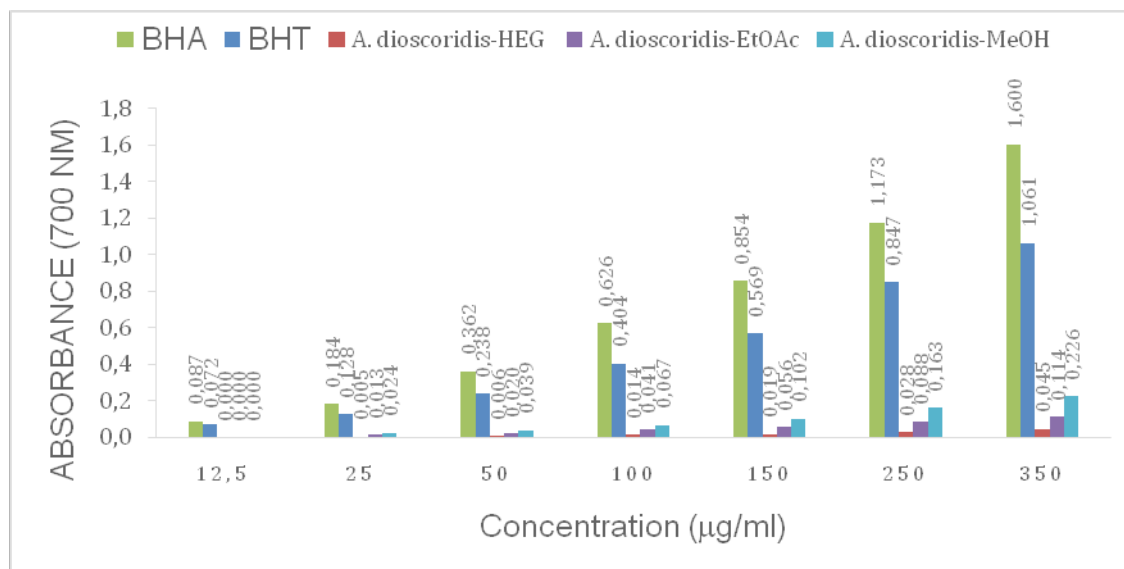


Figure 1. Reducing power activity of different solvent extract of *Acanthus dioscoridis* var. *dioscoridis* as compared to standards BHA and BHT. The values are the mean for set of tree values.

Metal chelating capacities of HEG, EtoAc, MeOH extracts of *A. dioscoridis* in the range of 12.5-300 µg/mL extract were investigated and results were presented in Figure 2, and EDTA was used as standard. The chelating effect of EDTA over 50 µg/mL concentration was approximately 100%. No activity was observed for 12.5 µg/mL extract for all extracts. As shown in Figure 2, HEG extracts of *Acanthus dioscoridis* L. showed

clearly higher activity when compared to MeOH and EtOAc extracts.

The chelating capacity of HEG extract was found concentration-dependent. Linear increasing in the metal chelating capacity was observed with increase in concentration of extract. Metal chelating capacities of MeOH and EtOAc were found close to each other.

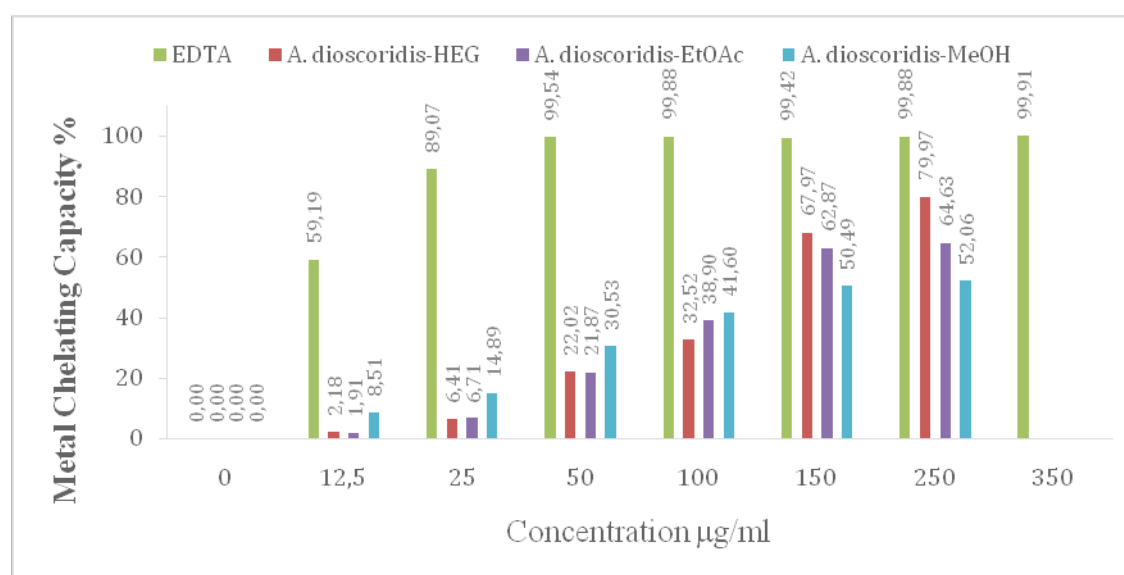


Figure 2. Metal chelating capacity of different solvent extract of *Acanthus dioscoridis* var. *dioscoridis* as compared to standard EDTA. The values are the mean for set of tree values.

Trace metals determinations by ICP-OES

Accuracy of the ICP-OES method was controlled by analysing certified reference tea leaves (NCSZC 73014) (Table 3). Certified value of Al was not given, because it was not approved by producer. As a result, it has been understood that approved values are in accordance with each other. As shown in Table 3, error values were in the ranges of 90-107%. Thus, high precision and accuracy values showed the applicability of the method to real plant samples too. Cd concentration in *A. dioscoridis* was found lower than LOQ. Concentrations of toxic metals; Ni, Cu, Pb and Cr were determined as 2.1 ± 0.061 , 16.0 ± 0.94 , 0.32 ± 0.031 and 1.45 ± 0.115 mg/kg, respectively. It was reported that plants require nickel (Ni) at lower (0.01–5.0 g/g dry weight) concentrations (da Silva et al., 2012). WHO recommends that nutrients should contain less than 150 µg Ni (FAO, 1996). A permitted daily exposure (PDE) of 50 µg Cu/kg/day in a 50 kg subject is considered suitable for both subchronic and chronic ingestion (Stern, 2010). In humans and animals, exposure to Pb

(above 5 µg/day) may create nervous system disorders, paralysis, developmental delay, sensitivity reactions, peripheral vascular disease, nephritic and reproductive system disorders (abnormal spermatogenesis) (Flora et al., 2012; Lisa et al., 2014). Low consumption of chromium causes changes in the metabolic pathway of glucose and lipids and it is possibly related with monogenic diabetes, circulatory system disorders, and nervous system disorders (Anderson, 1993; 1995). It has been recommended that daily consumption of Cr should not exceed 0.77 mg (FSA, 2003). Concentrations of Fe, B and Al elements were determined as 345 ± 15.8 , 27.9 ± 1.48 and 568 ± 27.4 mg/kg, respectively. Fe is an essential human and animal nutrient with different biochemical and physiological roles including those, which are associated with hemoglobin, myoglobin, ferritin, Fe-containing enzymes, and oxidation of macromolecules. Fe, B and Al concentrations were determined in the 59–689, 5.4–67.3 and 3–2087 mg/kg ranges in 18 different species of medicinal plants by Esetlili et al., 2014.

Table 3: Metal determinations in *Acanthus dioscoridis* var. *dioscoridis* and certified reference tea sample (NCS ZC 73014), n=3

Parameter	Cd µg g ⁻¹	Ni µg g ⁻¹	Cu µg g ⁻¹	Pb µg g ⁻¹	Cr µg g ⁻¹	Fe µg g ⁻¹	B µg g ⁻¹	Al µg g ⁻¹
Certified value	0.062	3.40	18.6	1.50	0.45	242	14.0	-
Founded value	0.060	3.52	19.9	1.53	0.44	235.5	12.6	597.2
SD ¹	0.005	0.152	0.028	0.007	0.014	24.6	0.155	22.7
RSD ² , %	8.4	4.3	0.14	0.46	3.2	10.4	2.0	3.8
Error, %	96.8	103	107	102	97.8	97.3	90.0	-
<i>A. dioscoridis</i>	<LOQ ³	2.1 ± 0.061 (2,9)	16.0 ± 0.94 (5,9)	0.32 ± 0.031 (9,7)	1.45 ± 0.115 (7,9)	345 ± 15.8 (4,6)	27.9 ± 1.48 (5,3)	568 ± 27.4 (4,8)

¹Standard deviation, ²Relative standard deviation, <LOQ: Under the limit of quantification, ³RSD values were given in parenthesis

FA, TG, PL determinations by GC

Total fatty acids (ΣFA), triacylglycerol (TG) and phospholipids (PL) concentrations as percentage were measured by GC. It is clear to see in tables that ΣPUFA percentages (51.51%) were meaningfully higher than ΣMUFA (10.25%) and ΣSFA (38.22%). In triacylglycerol fraction, the MUFA percentage (40.00%) was the highest whereas PUFA (25.06%) was

the lowest. The ΣSFA (42.66%) percentage was found higher than ΣMUFA (21.88%) and ΣPUFA (35.45%) in phospholipids fraction. Myristic acid is one of the saturated fatty acids. In ΣFA, TG and PL fractions were determined as 4.09%, 5.75% and 3.66%, respectively. Palmitic acid was the dominant fatty acid for ΣFA (26.04%), TG (22.27%) and PL (25.99%) in SFAs. In addition, a small amount of odd numbered fatty acids, namely pentadecyclic acid (from 0.45 to 0.82%)

and margaric acid (from 0.44 to 0.78%) were also detected in small quantities (<1%) in the Σ FAs, TG and PL fractions. Oleic acid was the major fatty acid for

MUFAs, ranging from 8.54% to 26.33%. Palmitoleic acid (13.67%) was prominently higher than Σ FAs (1.71%) and PL (2.66%).

Table 4: Σ FAs, TG and PL compositions of *Acanthus dioscoridis* var. *dioscoridis* (%), (Mean \pm SD, n=3).

Fatty Acids	Total fatty acids (Σ FAs)	Triacylglycerol (TG)	Phospholipids (PL)
C14:0 ^s	4.09 \pm 0.52 ^a	5.75 \pm 0.89 ^a	3.66 \pm 0.68 ^a
C15:0	0.47 \pm 0.14 ^a	0.82 \pm 0.20 ^b	0.45 \pm 0.21 ^a
C16:0	26.04 \pm 2.02 ^a	22.27 \pm 1.99 ^a	25.99 \pm 2.43 ^a
C17:0	0.78 \pm 0.20 ^a	0.44 \pm 0.50 ^b	0.71 \pm 0.16 ^a
C18:0	6.83 \pm 1.05 ^a	5.63 \pm 1.82 ^a	11.82 \pm 1.11 ^b
Σ SFA	38.22	34.93	42.66
C16:1 n-7	1.71 \pm 0.87 ^a	13.67 \pm 1.17 ^b	2.66 \pm 0.99 ^a
C18:1 n-9	8.54 \pm 1.16 ^a	26.33 \pm 2.33 ^c	19.22 \pm 1.98 ^b
Σ MUFA	10.25	40.00	21.88
C18:2 n-6	16.26 \pm 2.03 ^a	13.79 \pm 1.44 ^{ab}	10.82 \pm 1.00 ^b
C18:3 n-3	35.25 \pm 2.98 ^a	11.26 \pm 1.90 ^c	24.62 \pm 2.65 ^b
Σ PUFA	51.51	25.06	35.45

^{a, b, c} means followed by different letters in same line are significantly different ($P < 0.05$) by Tukey's test.

CONCLUSION

To sum up, the results presented here can be considered as the first information on the *in vitro* biological properties and FA, TG, PL contents of *A. dioscoridis* as a medicinal plant. The study provides the evidence that the methanolic extract of *A. dioscoridis* shows reducing potential and strong antioxidant activity. It may originate the high total phenolic contents. Therefore, further studies may recommend more such as anti-cancer, cytotoxic potential and industrial application of the *A. dioscoridis*.

ACKNOWLEDGEMENT

The present study has been conducted under the financial support of Scientific Research Project of Mardin Artuklu University (MAÜ/BAP/SYO/2011/11).

Special thanks to Ersin KILINÇ (Assoc Prof) and Semra Kaçar (Assoc Prof) from Mardin Artuklu University and Murat Yavuz (Assoc Prof) from Dicle University for their valuable contributions and comments on the manuscript.

REFERENCE

- Amiguet VT, Kramp KL, Mao J, McRae C, Goulah A, Kimpe LE, et al., 2012. Supercritical carbon dioxide extraction of polyunsaturated fatty acids from Northern shrimp (*Pandalus borealis* Kreyer) processing by-products. Food Chemistry, 130(4): 853-858.
- Anderson RA, 1995. Chromium and parenteral nutrition. Nutrition, 11(1): 83-86.
- Anderson RA, 1993. Recent advances in the clinical and biochemical effects of chromium deficiency. Progress in Clinical and Biological Research, 380: 221-234.
- da Silva JA, Naeem M, Idrees M, 2012. Beneficial and toxic effects of nickel in relation to medicinal and aromatic plants. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 6(1): 94-104.

- Davis P.H. Flora of Turkey and East Eagean Islands. 1993; Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Dorman, HJD, Hiltunen R, 2004. Fe(III) reductive and free radical-scavenging properties of summer savory (*Saturejahortensis* L.) extract and subfractions. Food Chemistry, 88: 193-199.
- Elham A, Mohammed MR, El-Hawary SS, Magda M.F, Rabab M, James J, et al., 2014. Potent insecticidal secondary metabolites from the medicinal plant *Acanthus montanus*. Records of Natural Products, 6(3): 301-305.
- Esetlili BÇ, Pekcan T, Çobanoğlu Ö, Aydoğdu E, Turan S, Anaç D, 2014. Essential plant nutrients and heavy metals concentrations of some medicinal and aromatic plants. Journal of Agricultural Science, 20: 239-247.
- FAO/WHO/IAEA, 1996. Trace elements in human nutrition and health. World health organization, Geneva, Switzerland.
- Flora G, Gupta D, Tiwari A, 2012. Toxicity of lead: a review with recent updates. Interdisciplinary Toxicology, 5: 47-58.
- FSA, 2003. Safe upper levels for vitamins and minerals. Expert group on vitamins and minerals. Food Standards Agency. ISBN 1-904026-11-7.
- Garces R, Mancha M, 1993. One step lipid extraction and fatty acid methylesters preparation from tree plant tissues. Analytical Biochemistry, 211: 139-143.
- Gharibi S, Tabatabaei BES, Saeidi G, 2015. Comparison of essential oil composition, flavonoid content and antioxidant activity in eight Achillea species. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 18: 1382-1394.
- Hai F, Xu-li T, Guo-qiang L, 2009. Sterols from the mangrove plant *Acanthus ilicifolius*. Chinese Journal of Marine Drugs, 28: 23-28.
- Huang MY, Zhong LJ, Quan-YuLiu FW, Zhang YH. Chemical Constituents from the Roots of *Acanthus ilicifolius* Biochemical Systematics and Ecology, 2014; 55: 145-147.
- Keskin C, Kışın E, Yavuz M, 2014. Trace metal determination in the medicinal plant *Hyoseyamus* (Solanaceae) by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Atomic Spectroscopy, 35(5): 193-199.
- Lisa HM, Jordan PH, Dong YH, 2014. Pb Neurotoxicity: Neuropsychological effects of lead toxicity. BioMed Research International, 1-9, doi:10.1155/2014/840547.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA, 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of argentina. Journal of Ethnopharmacology, 71: 109-114.
- Murphy DJ, 1990. Storage lipid bodies in plants and other organisms. Progress in Lipid Research, 29(4): 299-324.
- Oyaizu M, 1988. Antioxidative activities of browning products of glucosamine fractioned by organic solvent and thin-layer chromatography, Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 35: 771-775.
- Pietta PG, 2000. Flavonoids as antioxidants. Journal of Natural Products, 63: 1035-1042.
- Rahimmalek M, Bahreininejad B, Khorrami M, Tabatabaei BES, 2009. Genetic variability and geographic differentiation in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*, an endangered medicinal plant, as revealed by inter simple sequence repeat (ISSR) markers. Biochemical Genetics, 47: 831-842.
- Saura-Calixto F, Goni I, 2006. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. Food Chemistry, 94: 442-447.
- Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T, 1992. Antioxidative properties of xanthin and autooxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 945-948.
- Singh D, Aeri V, 2013. Phytochemical and pharmacological potential of *Acanthus ilicifolius*. Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 5: 17-20.
- Singh R, Singh S, Kumar S, Arora S, 2007. Studies on antioxidant potential of methanol extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Food Chemistry, 103: 505-511.
- Slinkard K, Singleton VL, 1997. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28(1): 49-55.
- Stankovic MS, 2011. Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. extracts. Kragujevac Journal of Science, 33: 63-72.
- Stern BR, 2010. Essentiality and toxicity in copper health risk assessment: overview, update and regulatory considerations. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 73(2): 114-127.
- Tohidi B, Rahimmalek M, Arzani A, 2017. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. Food Chemistry, 220: 153-161
- WHO/FAO/IAEA, 1996. World health organization. Trace elements in human nutrition and health, Switzerland: Geneva.

Tuz ile Balığın Buluşması: Tuzlu Balık

Hakan GÜNGÖRMEZ¹, Şenol GÜZEL², Abdullah ÖKSÜZ³, Sümeyye GÜZEL³

ÖZET: Tuz insanlık tarihi boyunca önemli bir yere sahip olmuştur. Özellikle bakteriyel bozulmalara karşı koruyucu olarak kullanılan geleneksel bir engelleyicidir. Ayrıca lezzet vermenin yanı sıra besinleri saklamada da sıkça kullanılmaktadır. Saklamanın yapıldığı besinlere örnek olan inci kefali balığında tuzlama işlemi çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu işlemlerde temiz, iyotsuz ve kalın tuz kullanılarak daha uygun ve daha uzun saklama süreci oluşturulur. Daha uzun süre saklamayı sağlayacak diğer bir faktör de balıkların üreme mevsimi dışında avlanmasıdır. Üreme mevsimi dışında avlanan balıkların dokularındaki su oranı daha azdır ve bu sayede daha az tuz kullanılarak daha uzun süre saklama koşulları elde edilebilir. Doğru tuzlama yöntemleriyle uzun süre bozulmadan kalan inci kefalinin yöre halkının beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Bu çalışmada tuzlanmış balığın tuzlanma süreçleri ve tüketimi hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnci kefali, tuz, tuzlanmış balık, yöresel lezzet

The Meeting of The Fish And Salt: Salted Fish

ABSTRACT: Throughout human history, salt has an important place and is also a conventional prohibitive used as a protective barrier especially against the bacterial spoilage. However, salt tastes to fish and is frequently used to store foods. Pearl mullet (*Chalcalburnus tarichi*) is one of the foods that can be stored, and the fish salted process is carried out in various ways. A longer and suitable storage is formed by used the clean, non-iodous and thick salt in the salting process. The other factor is hunting except the fish breeding season. The fish caught except the breeding season have less water ratio in their tissues and thus a longer storage time is provided by used less salt. The pearl mullet remaining without spoiling with the right salting method has an important place in feeding of local people. This study is aimed to give information about the salinization processes and the consumption of salted fish.

Keywords: pearl mullet, salt, salted fish, local flavour,

¹ İğdır Üniversitesi, İğdır Meslek Yüksek Okulu, Lojistik, İğdır, Türkiye

² Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Burdur, Türkiye

³ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Besleme ve Diyetetik Bölümü, Konya, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hakan GÜNGÖRMEZ, hakanunv76@hotmail.com

GİRİŞ

Tuzlu Balığın Tarihçesi

Mark Kurlansky, insanlığın binlerce yıllık tuz macerasını anlattığı “Tuz-İnsanlığın Tuzlu Tarihi” adlı eserinde; et ve balığı tuzlayarak saklayan ilk uygarlığın Mısırlılar olduğunu ve çok daha eski tarihlerden kalan Mısır mezarlarında ise tuzlanmış balık ve kuş etinin bulunduğunu bildirmiştir (Kurlansky, 2003).

Gıdaların tuzla muhafaza yöntemi en eski gıda saklama yöntemlerinden birisidir. Yunanistan’ın Korinthos şehri civarında yapılan arkeolojik kazılarda Milattan önce V. Yüzyılın ortalarına ait olduğu sanılan amforaların içerisinde çipura ve ton balıklarına ait kemik kalıntılara rastlanılmıştır. Ayrıca, Cádiz (İspanya)’den elde edilen arkeolojik bulgular Doğu Akdeniz’e tuzlanmış balık ihracatının yapıldığını göstermektedir. Karadeniz ve Akdeniz Bölgesine de tuzlanmış balık ihracatının yapıldığı bildirilmektedir. Tuzlamanın amacı ürünlerdeki suyun tuz tarafından bağlanarak su aktivitesini düşürmek ve böylece bozulmayı önlemektir (Çaklı, 2007; Gülyavuz ve Ünlüsayın, 2008). Buzdolabı ve konserve teknolojisi henüz icat edilmeden önce 15. ve 16. yüzyıllarda Akdeniz’li balıkçılar avladıkları balıkları tuzlamak suretiyle muhafaza etmişlerdir. Balıklar tuzlu su içerisinde, yağda, dumanlanmak suretiyle ve havada kurutulularak muhafaza edilmişleridir. Ama tuzla muhafaza etmek bunlardan en yaygın olanıdır. Yaygın olarak tuzlanarak muhafaza edilen balıklar şunlardır: hamsi, sardalya, çaça, ton balığı ve yumurtasıdır. İspanya’da ise daha çok mezgit, morina gibi beyaz etli balıklar, İskandinav ülkelerinde ise morina, mezgit gibi balıklar tuzlanarak muhafaza edilen balık türlerindedir.

Avrupa’daki yüz yıl savaşlarında ordunun yiyeceğini tuzlu ringa, somon ve yılan balığı oluşturmaktadır. 1429

yılında, tuzlanmış ringa yüklü 500 at arabası için Duke of Suttock ile Joan of Arc orduları arasında tarihe de Ringa Savaşı olarak geçen bir savaş meydana gelmiştir. (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 2008).

Balıkların tuzla muhafaza yöntemlerinde ülkeler arası ve aynı coğrafya içerisinde farklı bölgelerde farklı uygulama şekilleri vardır. İskandinav ülkelerinde tuzlanmış balıklar, doğal olarak soğuk hava şartlarında rüzgar esintisi ile kurutulup yüksek kalitede ürün elde edilir ve çiğ olarak tüketilir. Doğal olarak esen rüzgar kurutma için gerekli duyulan hava akımını sağlamaktadır. Aynı uygulama mevsimin ılıman olduğu ülkelerde yapılacak olursa balığın kalitesini muhafaza etmek çok zor olacaktır (Çaklı, 2007).

Ülkemizde balıkların tuzlanarak muhafazası daha çok sahil kesimlerinde balıkların marine edilmesi veya salamura edilmesi şeklinde yapılır. Karadeniz bölgesinde hamsi balığı üzerine yapılmış değişik tuzlama yöntemleri mevcuttur. Milattan önce Karadeniz çevresindeki balıkçı yerleşim yerlerinden Akdeniz’e tuzlanmış balık ticareti yapıldığı bilinmektedir. Günümüzde nakliye, soğutma ve işleme tekniklerinin de gelişmesi ile Karadeniz Bölgesi’nde eskiden bir ticari meta olan tuzlanmış balık artık cazibesini yitirmiş, sadece yöresel bir lezzet olarak kısmen devam etmektedir. Marmara Bölgesi’nde ise balıklar tuzlandıktan sonra kurutma işlemi gölgede ve rüzgar esintisinin bol olduğu yerlerde yapılmaktadır. Balık iri ise kelebek fileto şeklinde veya karın tarafı açık olacak şekilde kuyruk tarafından asılması ile iyi bir kurutma işlemi sağlanmaktadır. Balıkların bol olduğu yani furya zamanlarda ucuz olan balıklar bidonlar içerisine tuzla birlikte doldurularak salamura edilmektedir (Kılınççeker ve Küçüköner, 2003, Şekil 1).



Şekil 1. Hamsi tuzlama

Dünyada ise tuzlu balığın en yaygın olarak kullanıldığı ülkelerin başında İspanya, Kuzey ülkelerinde ise İzlanda ve Norveç gelmektedir. Ülkemizde istatistiklere bakıldığı zaman Türkiye'nin tuzlu balık tüketiminin yaygın olduğu ülkeler arasında yer almadığı görülmektedir. Ülkemizin 2013 yılında ihraç ettiği tuzlanmış balık miktarı 10 kg, ithalatı ise 450 kg'dır. (TUİK, 2013). Bu veriler tuzlanmış balığın Türkiye'de ticari etkinliğinin olmadığını göstermektedir. Tuzlu balığın yerel üretim ve tüketim miktarları ile ilgili de herhangi bir belgeye rastlanılmamıştır. Fakat bazı kaynaklarda, ülkemizde 1928 yılından itibaren Çanakkale'nin Gelibolu ilçesinde kurulu balık tuzlama fabrikasında balık sezonu başladığında günde yaklaşık 2 ton balığın tuzlandığı ve Kıbrıs, Suriye, Ürdün ve Bulgaristan'a

ihraç edildiği bildirilmektedir. (Anonim, 2016a). 2014 yılındaki 537 345 ton toplam su ürünleri üretimimiz içerisinde 115 381 ton su ürünleri ihracatımız (çoğunlukla taze, tütülenmiş ve konserve) olmasına rağmen 77 551 ton su ürünleri ithalatı gerçekleşmiştir (TUİK, 2016). Ülkemizde iç su balıkları içerisinde yoğun avcılığı yapılan balıklardan birisi Van Gölü'nün tek sakini ve endemik türü olan İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*) balığıdır.

Sodali, alkali ve tuzlu su özelliğine sahip olan Van Gölünde beslenmesini ve gelişimini sağlayan inci kefalleri, bahar aylarında üremek için göle dökülen tatlı sulara 93 yumurtlamak için üreme göçü yaparlar. (Şekil 2). Bu balığın çok eski tarihten beri 94 avcılığının ve ticaretinin yapıldığı bildirilmektedir.



Şekil 2. İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*)

Van Gölü çevresinde tuzlu balık tüketim alışkanlığının ne zaman başladığına ilişkin tam bir kayıt yoktur. Ancak Evliya Çelebi (17. yy) üreme dönüşü avlanan balıkların Defterdar Ağa tarafından tuzlatıldığını, tuzlu balıkların kış aylarında İran, Azerbaycan, Nahcivan taraflarına gönderilerek satıldığını ve tuzlu balıktan sağlanan gelirle göl etrafındaki kalelerde kalan askerlerin ihtiyaçlarının sağlandığını bildirmektedir. Bu kaydın dışında göl çevresinde tuzlu balık yapımının tarihçesi ile ilgili olarak her hangi bir kayda rastlanmamıştır. Yukarıda vurgulandığı gibi tuzlama, diğer muhafaza tekniklerinin gelişmediği dönemlerde başlamış olup yörede geleneksel bir hal almıştır. (Anonim, 2016b)

İnci Kefalinin Yöresel Olarak Tuzlanma Yöntemleri

Van Gölü'nden avlanan İnci Kefalı (*Chalcalburnus tarichi*) balığının yörede üç farklı geleneksel tuzlama yöntemi vardır:

Birinci yöntemde; genel bilinen şekliyle balık önce tuzlanır ve bir gün boyunca kendi suyunda bekletilir, sonra çıkarılır, suyu biri yerde süzdürülür ve yeniden kat kat 111 tuzlanarak sandığa dizilir.

İkinci yöntemde; tuzlanıp beklemeye bırakılan balıklar ertesi gün çıkarılır ve yarım saat ya da bir saat boyunca güneşe serilir. Bu şekilde suyu çekilen balıklar tuzlanarak 114 sandığa dizilir.

Üçüncü yöntemde de; tuzlanarak bir gün boyunca kendi suyunda bekleyen balıklar ipe dizilir, güneşte iyice kurutulur. (Anonim, 2016c)



Şekil 3. İnci Kefalinin Yöresel Tuzlanması (Orjinal).

Tuzlu balık yörede “Şor” balık diye adlandırılır. Balık iri tuza yatırılarak kurutulur ve genellikle sonbahar ve kış mevsiminde tüketilir. Kendine has özel bir lezzeti vardır. 122 Yöre halkının vazgeçilmezlerindedir (Şekil 3).

Üreme mevsimi dışında avlanmış balıkların dokularında daha az su olacağı için, balıkları daha az tuzla ama uzun süre saklamak mümkün olacaktır. Van Gölü çevresinde yaşayan halkımızın yakın zamanlara kadar yapmış olduğu yanlış uygulamalardan birisi de balıkların üreme göçü esnasında avlanarak tüketilmesi veya uzun süreli muhafaza için tuzlanmasıdır. Üreme göçüne çıkan balıkların etlerinin protein ve yağ oranları düşüktür.

Balıklar, vücutlarındaki protein ve yağları üremek için gonad gelişiminde kullandıklarından üreme dönemi ve hemen sonrası balıkların et kalitesi nispeten düşüktür. Bu yüzden tuzlu balık üretiminin üreme mevsimi dışında yapılması gerekmektedir.

Balıklar tuzlanmadan önce ham madde kalitesi çok önemlidir. Bozulma belirtileri gösteren balıkların tuzlanması daha düşük kalitede bir ürün elde edilmesine neden olmaktadır. Bozulma esnasında üretilen enzim, oksitlenme vb. bozulma sonucu oluşan ürünler, ürünün depolanması

esnasında yavaşta olsa ürünlerdeki etkilerini olumsuz yönde sürdürürler. Tuzlanacak balıklar taze olmalı ve tuzlamadan önce mutlaka iç organları çıkartılıp temizlenmelidir. Temizlenen balıklar tuzlanmadan önce sularının süzülmesi için soğuk bir ortamda bekletilmelidir.

Yıkama suyunun balıkların üzerinden iyice sızmış olması tuzlamanın etkisini artıracaktır. Oda sıcaklığında bekletme esnasında balıkta bozulma başlayacaktır. Tuzlama yapılırken temizlenmiş 3 kg balık için 1kg tuz kullanılmalıdır. Fazla tuzun sağlığa zararlı olduğu unutulmamalıdır.

Tuzlama işleminde kullanılacak olan tuzun temiz, iyotsuz ve kalın olması önemlidir. İnce tuzlar balığın dokusuna nüfuz edemeden eriyeceği için balık dokusundaki suyun dışarı çıkmasını sağlayacak ortam oluşturamaz. Bu yüzden ince tuz kullanılarak yapılan tuzlama işlemlerinde kısa sürede kokuşma veya kurtlanma meydana gelir.

Eğer kuru tuzlama yapılmayacak ise uygun kaplar kullanılmalıdır. Tahta kasa ve telis çuval gibi uygun olmayan malzemelerin kullanılması tuzlama ve depolama için olumsuz ortam oluşturacağından balığın bozulmasını hızlandırır. (Şekil.4-5).



Şekil.4. Tahta kasalarda tuzlanmış balıklar



Şekil.5. Telis çuvallarda tuzlanmış ve pazara sunulmuş inci kefalleri (Orjinal).

Hem kuru tuzlama yönteminde hem de salamura tuzlama yöntemlerinde tuzlanmış balıkların soğuk ortamlarda saklanması gerekmektedir (Anonim, 2016c).

Yapılan araştırmalarda tuzlanmış inci kefalli balığın fiziksel ve kimyasal analizleri sonucunda yüksek miktarda mineral madde ve protein içerdiği

belirlenmiştir. Kalpdamar hastalığı ve hipertansiyon sorunu olan kişiler için bu besinin içerdiği yüksek tuz oranı sağlık problemleri yaratacağından sınırlı tüketilmesi gerektiği düşünülmektedir.

(Küçüköner, 1990; Kılınççeker ve Küçüköner, 2003).

İnci kefali balığı uzun zamanlardan beri insanların yaşama yeri olan Van Gölü ve çevresinde bulunmakta olup bu insanların sofralarında sıkça yer almaktadır. Günümüze kadar, inci kefali çok farklı yöntemlerle yöre halkı tarafından tüketilmektedir.

Türkiye’de sadece Van Gölü’nde ve ona bağlı akarsularda yaşayan endemik balık türü olan İnci kefali (Van balığı) yöre mutfağının vazgeçilmez yiyecekleri arasındadır. Yöresel lezzetler arasında önemli bir yeri olan tuzlu inci kefalinin, gerek tuzlama teknikleri gerekse muhafaza yöntemlerinin gıda güvencesi çerçevesinde ele alınıp yeniden gözden geçirilmesi gerekir.

Tuzlu İnci Kefalinin Yöresel Tüketim Şekli

Tuzlu balıklar suda bekletilerek balık dokusunun su alması ve dokuda bulunan tuzun ise suya geçmesi sağlanır. Daha sonra balıkların suyu sızdırılır. Bir tabak içerisinde yoğurt ile un karıştırılarak yoğurt kıvamında balıkların bulanacağı bir karışım hazırlanır. Genellikle tandırda balıktan önce ekmeğ pişirildiği için tandır harlı durumdadır. Balıklar hazırlanmış olan yoğurtlu karışıma katılır, iki ya da üç tane balık alınarak tandırın kenarlarına sıra ile yapıştırılır. Balıklar ağzı sac yardımıyla kapatılmış tandırda kızarana kadar iyice pişirilir. Pişirilen balıklar ayran aşı, bulgur pilavı ve taze tandır ekmeği ile sevilerek tüketilir (Şekil 6).



Şekil.6. Tandırda tuzlu balık pişirilmesi ve servis edilmesi

SONUÇ

Tuz uygarlık tarihi boyunca para yerine kullanılacak kadar değerli bir maden olmuştur ve kullanımının en başından beri besinlerin saklanması ve muhafazasında önemli bir yer edinmiştir. Tuz, bakterilerin oluşması ve üremesi ile başlayacak besin zehirlenmesi ve gıdaların bozulmasını engelleyebilecek antiseptik özelliğindedir. Besin saklamada kullanılan tuz suyun ozmotik etkisiyle çekilmesini sağlayarak nem oranını düşürür ve bozulmaya neden olan bakterilerin gelişimini kontrol altında tutar. Böylece tuzlanmış

balıklarda bakteri ve enzim aktivitesi durdurulmakta ve daha uzun süre saklama olanağı oluşturulmaktadır.

Saklama yöntemi olmasının yanında tuzlanmış balıklar yöresel lezzetlerin içinde de yer almaktadır. Özellikle inci kefali Van Gölü'nden çıkması sebebiyle bölgede fazlaca kullanılmaktadır. Tuzlanmış haldeki balıklar kış boyu saklanabilmekte ve fırınlarda pişirilerek tüketilmektedir. Bölge halkı için fırında pişirilmiş tuzlu balık, ayran aşısı ve bulgur pilavı ile birlikte bölgeye dışardan gelen her misafire sunulacak kadar önemli ve özel bir yere sahiptir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2016a. <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/11696142.asp> (Erişim Tarihi:21.01.2016)
- Anonim, 2016b. <http://www.vantb.org.tr/projeler.php?id=4>. (Erişim Tarihi:19.01.2016)
- Anonim, 2016c. <http://www.incikefali.net>. (Erişim Tarihi:15.01.2016)
- Çaklı Ş, 2007. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 1. Ege üniversitesi yayınları Su ürünleri fakültesi yayın no: 76 ISBN: 978-975-483-761-2
- Gülyavuz H, Ünlüsayın M, 2008. Su Ürünleri İşleme teknolojisi. 2. Baskı. Onur Grafik,
- İstanbul Kılınççeker O, Küçüköner E, 2003. Tuzlanmış İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*) Balığında Fiziksel, Kimyasal ve Biyokimyasal Değişimlerin Saptanması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 13 (1): 55-59.
- Kurlansky M, 2003. Tuz-İnsanlığın Tuzlu Tarihi, Aykırı Yayınevi. Çeviren: Ali Çakıroğlu. ISBN No: 9758337572 407 s.
- Küçüköner E, 1990. Van-Erciş Yöresinde Farklı Salamura Metotlarıyla Hazırlanan İnci Kefali Balıklarının Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Duyusal Niteliklerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Basılmamış). YYÜ. Fen Bil. Enstitüsü, Van.
- TÜİK, 2013. Türkiye İstatistik Kurumu. Su Ürünleri İstatistikleri 2013.
- TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tarim.gov.tr/BSGM> (Erişim Tarihi:15.02.2016)

Betonarme Yapı Elemanlarında En Uygun Donatı Yerleşiminin Belirlenmesi: Konsol Kiriş Örneği

Fatih Mehmet ÖZKAL¹, Habib UYSAL²

ÖZET: Bu çalışma kapsamında, betonarme yapı elemanlarının kesme etkisinin hâkim olduğu bölgelerindeki hesap ve tasarım zorluklarının üstesinden gelmek için geleneksel yöntemler yerine çoğunlukla tercih edilen çubuk benzeşimi yöntemiyle donatı düzeninin belirlenmesi üzerine bir yaklaşım sunulmuştur. Çalışma dâhilinde kullanılan topoloji eniyilemesi algoritması, muhtelif yönlerden daha da iyileştirilmek ve çubuk benzeşimi yöntemiyle bütünleştirilmek suretiyle betonarme bir konsol kirişe uygulanmıştır. Deneysel aşamada hem geleneksel tasarım adımlarıyla ve hem de tümleşik tasarım yöntemiyle deney numunelerinin donatı düzenleri oluşturulmuş ve yapısal davranışlarının mukayesesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, topoloji eniyilemesi ve çubuk benzeşimi yöntemlerinin birlikte kullanılması halinde, betonarme yapı elemanlarının tasarımı için geleneksel yöntemlere nazaran daha başarılı sonuçlara ulaşıldığı ve önerilen yöntemin kullanılmasıyla tasarım mühendisleri için tecrübe gerektirmeden büyük kolaylıklar sağlanacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, çubuk benzeşimi, donatı yerleşimi, sonlu elemanlar yöntemi, topoloji eniyilemesi

Determination of the Optimum Reinforcement Layout in RC Structural Members: Cantilever Beam Example

ABSTRACT: In this study, a reinforcement detailing approach based on strut-and-tie modeling is presented. This method is mostly preferred instead of conventional methods in order to overcome the calculation and design difficulties at the regions of reinforced concrete (RC) structures where shear effect is dominant. Topology optimization algorithm has been improved from various aspects, integrated with strut-and-tie method and applied on an RC cantilever beam. At the experimental stage of the study, reinforcement layout of test specimens have been designed by conventional method as well as integrated design method and a structural behavior comparison has been performed. Based on the results obtained, it has been concluded that superior results could be achieved for the design of RC structural members and provide convenience to the design engineers by eliminating the experience required in case topology optimization and strut-and-tie methods are applied together.

Keywords: Finite element method, reinforced concrete, reinforcement layout, strut-and-tie, topology optimization

¹ Erzincan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatih Mehmet ÖZKAL, fmozkal@erzincan.edu.tr

GİRİŞ

Topoloji kavramı, en basit haliyle bir elemanı oluşturan ağ yapısı ya da iç geometrisi olarak ifade edilebilir. Topoloji eniyilemesi tabanlı yöntemler arasında yer alan “evrimsel yapı eniyilemesi” (ESO), tasarım alanındaki sonlu elemanlar arasında etkisiz olanların bulunup yapıdan ihraç edilmesi mantığı üzerine kurulmuştur. Gerçekleştirilen sonlu eleman çözümlenmesi sonucunda maruz kaldığı gerilme veya şekil değiştirme enerjisi değeri düşük olan elemanların, yapı davranışına sunduğu katkının da düşük olduğu fikrinden hareketle bu elemanların kaldırılması halinde kalan elemanların daha etkin bir katkıya sahip olacağı ve yapı başarımının artırılacağı düşünülmüştür.

Betonarme bir elemandaki sürekli ortamı çubuk sisteme çevirerek yapılan eniyileme çalışmaları ise 20.nci yüzyılın başlarında görülmüş, bunu takiben aynı fikirden hareketle bazı benzeşim yöntemleri geliştirilmiştir. Bahsedilen benzeşim yöntemleri arasında bulunan çubuk benzeşimi yöntemi, belirlenen iç gerilme yörüngeleriyle uyumlu olarak eleman içerisinde hayali bir kafes sistem olduğu, uygulanan yükün bu kafes üzerinden mesnetlere aktarıldığı fikrine dayanmaktadır (Özkal and Uysal, 2016). İç gerilme yörüngelerini yorumlayıp kafes sistemin belirlenmesi aşamasındaki uygulama tecrübesi gerekliliğini bertaraf etmek için topoloji eniyilemesinin kullanılması üzerine literatürde tavsiye niteliğinde çalışmalar bulunmaktadır. Ancak donatı detaylandırması için topoloji eniyilemesi ve çubuk benzeşimi yöntemlerinin birlikte kullanılabileceğini ifade eden bu çalışmalar kuramsal nitelikte kalmış, mevcut standartlara dayalı detaylı bir çalışma ise yapılmamıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada, bu husus üzerinde durulmuş ve evrimsel yapı eniyilemesi temeline sahip topoloji eniyilemesi yöntemi ile çubuk benzeşimi yöntemi birlikte ele alınarak betonarme yapı elemanlarında donatı detayının belirlenmesi üzerine yeni bir tasarım yaklaşımında bulunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

En Uygun Topolojik Tasarımın Belirlenmesi

Yapısal eniyileme, önceden tanımlanan bazı gereksinimleri karşılayan ve istenen amaca belirli geometrik ve davranış kısıtları altında ulaşmayı sağlayan makul bir yapı elde etme temeli üzerine kurulmuş olup (Tang et al., 2005); en basit haliyle bir yapı için en iyi başarıma ulaşmayı hedefleyen mühendislik, matematik, fen bilimleri ve teknoloji alanlarında bir kaynaşma olarak kabul edilmektedir (Querín et al., 2000). Yapısal eniyileme, tasarım aşamasında zaman zaman uğraştırıcı bir niteliğe sahip olsa da ekonomik yönden de en mükâfatlandırıcı işlem olarak tanımlanmıştır (Xie and Steven, 1993). Ön tasarım safhasında etkili bir karar mekanizması olan topoloji eniyilemesi, günümüzde önemli derecede rağbet görmekte ve uygulama alanı sürekli genişlemektedir. Hiyerarşik yönden altta kalan boyut ve şekil eniyilemesi yöntemleri ile mukayese edildiğinde, yapı başarımının artırılmasında daha fazla etkinliğe sahip olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Jang and Kwak, 2005). Ayrıca yapısal eniyileme yöntemlerinde dikkate alınan hususlardan birisi de tam gerilmeli tasarım (FSD) kavramını karşılayan sonuçlar elde etmektir. Tam gerilmeli tasarım durumunda, yapı elemanlarının her biri izin verilen azami ya da asgari değerde gerilmeye maruzdur. Sınır gerilme değerleri, her bir yapısal bileşen için eşit ise söz konusu yapı ayrıca eşit gerilmeli bir yapı olarak da nitelendirilmektedir. Yapı malzemesinin bütünüyle eşit gerilme altında olduğu yani kullanılan malzemedan azami oranda fayda sağlandığı yapılar da çoğunlukla literatürde tam gerilmeli yapı olarak kabul edilmektedirler (Tanskanen, 2002).

ESO yöntemi uygulanarak bir yapı için en iyi tasarımın aranması sürecinde işlem sonuna kadar gerçekleştirilen her döngüdeki tasarım, en iyi tasarım olarak nitelendirilebilir. Ancak bunun için belirli kıstaslar konulmalı, diğer bir ifadeyle topoloji eniyilemesinin hangi amaçla gerçekleştirdiği belirlenmelidir. Özellikle ESO'nun da temel hedeflerinden biri olan “tam gerilmeli tasarım durumu” göz önünde tutulmalı ve bu duru-

ma yakın tasarımlar içerisinde toplam ağırlık (hacim), rijitlik, yapı bütünlüğü ve uygulanabilirlik gibi hususlara göre seçim yapılmalıdır. Bu konu üzerine literatürde farklı yaklaşımlar bulunmakta olup, bu çalışma kapsamında da yeni bir yaklaşımla geliştirilen aşağıdaki başarımların göstergesi kullanılmıştır (Özkal, 2012). Başarımların göstergesi kavramından kasıt, yapısal davranışın belirlenen kıstaslar temelindeki performans seviyesidir.

$$PI_{fsd} = \frac{(\sigma_{0,max}^{vM}/\sigma_{0,avg}^{vM}) \cdot u_{0,max} \cdot W_0}{(\sigma_{i,max}^{vM}/\sigma_{i,avg}^{vM}) \cdot u_{i,max} \cdot W_i} \quad (1)$$

Oluşturulan başarımların göstergesinde tam gerilmeli tasarım (fully stressed design) hedefine dikkat çekmek ve literatürde bugüne dek sunulan diğer başarımların göstergeleriyle karıştırılmasını engellemek amacıyla PI_{fsd} isimlendirmesi kullanılmıştır. Yukarıdaki ifadede 0 alt indisi başlangıç tasarımını, i alt indisi ise eniyileme sürecindeki mevcut döngüye ait tasarımı belirtirken; $\sigma_{0,max}^{vM}$ ve $\sigma_{i,max}^{vM}$ ile en büyük von Mises gerilmeleri, $\sigma_{0,avg}^{vM}$ ve $\sigma_{i,avg}^{vM}$ ile ortalama von Mises gerilmeleri, $u_{0,max}$ ve $u_{i,max}$ ile en büyük yer değiştirmeler, W_0 ve W_i ile de yapı ağırlıkları tanımlanmaktadır.

Çubuk Benzeşimi Yöntemi

İnşaat mühendisliği alanında kafes sistemler üzerine yapılan çalışma yoğunluğunun aksine betonarme yapı elemanlarının tasarımına yönelik eniyileme çalışmalarının genellikle gölgede kaldığı ve araştırmacıların bu konu üzerine yeterince eğilmediği söylenebilir. Bu durumun sebebinin, betonarme yapı davranışının kesin olarak tahmin edilememesi olduğu ileri sürülebilmektedir. Ancak bilgisayar teknolojisindeki yenilikler ile özellikle sonlu elemanlar yönteminin gelişimi ve kullanım kolaylığı, bu yöndeki şüpheleri daha az indirmektedir. Son yirmi yılda betonarme elemanların çubuk sistemle tasarımı üzerine yoğun araştırmalar yapılmış ve hesap yöntemleri geliştirilmiştir (Ersoy ve Özcebe, 2001). Bütün yapı elemanları için tahmini, deneysel veya yaklaşık hesap yöntemlerinin yerine fiziksel modellere dayanan ve tutarlı bir tasarım yöntemine duyulan ihtiyaç sebebiyle, kafes ben-

zeşiminin geliştirilmiş hali olan “çubuk benzeşimi yöntemi” geliştirilmiştir (Schlaich et al., 1987). Çubuk benzeşimi yöntemi, iç kuvvetler akımında karışıklık görülen süreksizlik bölgelerinin yanı sıra dışı yapıların tasarımında ve boyutlandırılmasında etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemde en önemli husus, tasarımcının yeterli seviyede bilgi ve deneyime sahip olması gerektirir. Aksi takdirde başarımların yüksek tasarımların elde edilmesi mümkün olmayacağı gibi hayati hatalarla karşılaşmak da muhtemel görünmektedir.

Söz konusu yöntem, kiriş-kolon birleşimleri, yüksek kirişler, kısa konsollar, mesnet üzerine oturan kiriş bölgeleri gibi çok sık uygulanmayan ve her bir durum için ayrı detaylandırma gerektiren yapıların tasarımında ve boyutlandırılmasında etkili bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır. Asal bir detaylandırma yöntemi olarak da nitelendirilebilen çubuk benzeşimi yöntemi; deneysel yöntemler, yaklaşık hesaplar ve tahmine dayalı uygulamaların yerini almakta olup, betonarme yapıların davranışını anlamak için yol göstericidir (Yavuz, 1999).

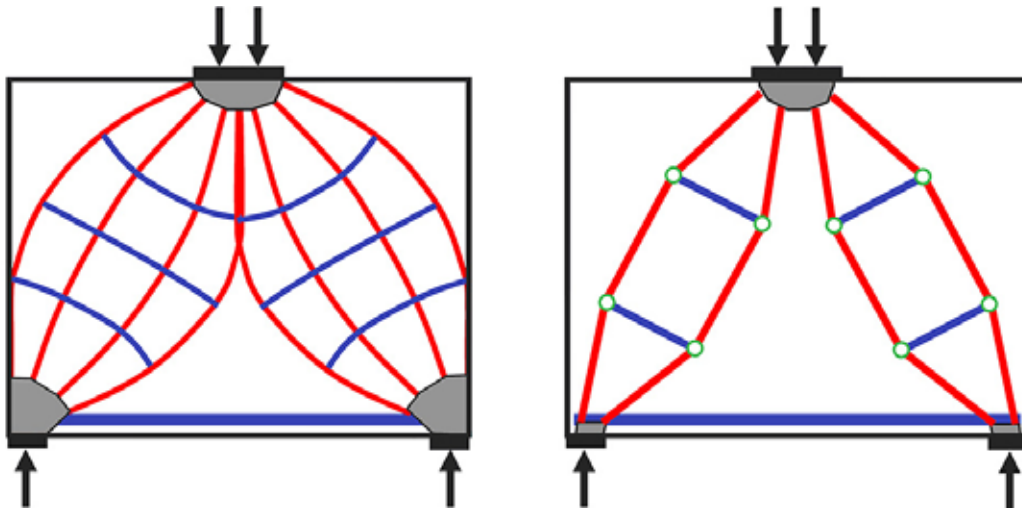
Çubuk benzeşimi yönteminin uygulanmasındaki beceriklilik, yapı davranışını anlamak için ileri seviyede bir tahlil gücü ve geçmişe dönük uygulama tecrübesini gerektirmektedir. Ancak bu yöntemle bir yapı geometrisi için belirli bir detaylandırma yapılamamaktadır. Zira mesnet ve yükleme koşullarına göre birbirinden çok farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla bu yöntem tasarımcılara yeni uygun modeller için sadece gerekli teknikleri ve kuralları aktarmakta; yöntemin başarılı olması için gerekli en önemli husus olan kafes sistemin seçimini ise tasarımcıya bırakmaktadır.

Çubuk benzeşimi modelinin oluşturulması, esasen sonlu elemanlar analiziyle kolayca belirlenebilecek yapı elemanındaki asal gerilme yörengelerine dayanmaktadır. Eğer bu yörengelerin tespiti mümkün değilse, tahmini olarak yük yolunun belirlenmesiyle model oluşturma aşamasına geçilebilmektedir. Ancak bu yöntemle gerçekleştirilen tasarım çalışmalarında da birden çok çubuk benzeşimi modeliyle karşılaş-

mak mümkün olup, en uygun modelin seçilip seçilmediği kesin değildir.

Daha önce belirtildiği üzere model oluşturmada tasarımcının kararları ön plânda yer almaktadır. Bu durumda önerilen yöntem ise elemana uygulanan yükün en düşük değerinde kuvvet taşıyacak ve yine en düşük değerinde şekil değiştirmeye uğrayacak durumda en kısa yoldan mesnetlere ulaştığını kabul etmektir. Çeliğin şekil değiştirme kapasitesi betona nazaran daha yüksek

olduğundan en az donatı gerektiren modelin en uygun model olduğu literatürdeki öneriler arasındadır (Mataji, 1997). Şekil 1'e dikkat edilecek olursa tekil yüklemeye maruz bir yüksek kirişte gerilme yörüngeleri belirlenmiş ve bu yörüngelere göre eleman detaylandırmasında şişe şekilli basınç çubukları ile çekme çubukları yerleştirilmiştir. Betonarme yapılarıdaki basınç çubukları ile düğüm noktaları beton, çekme çubukları ise çelik olarak uygulanmaktadır.



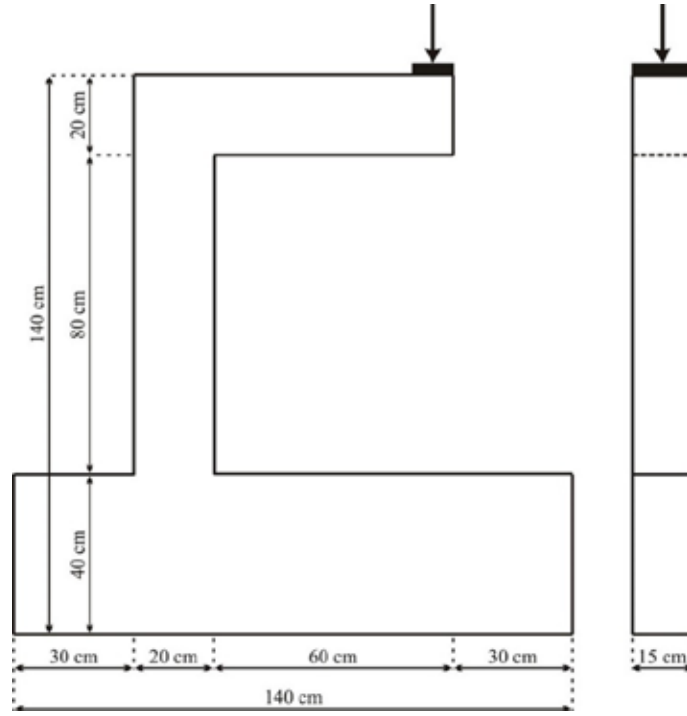
Şekil 1. Tekil yük uygulanan yüksek bir kirişteki çubuk benzeşimi modeli (Özkal, 2012)

Deney Numunelerinin Tasarımı

Bu çalışma kapsamında belirlenen konsol kirişe ait bir numune TS500 standardı dâhilindeki yönergelerle, diğer numune ise önce topoloji eniyilemesi ve ardından da çubuk benzeşimi yöntemlerinin uygulanmasıyla oluşturulmuştur. Gerek bu çalışma kapsamında tanıtılan yöntem ve gerekse geleneksel yöntemle oluşturulan deney numunelerinin her ikisinde de kolonların donatı detaylandırmasında bir farklılık bulunmamaktadır. Söz konusu yöntem özellikle kolon-kiriş birleşimleri ve yük uygulanan bölgelerde (süreksizlik bölgeleri) etkili olduğu için kolonların donatı detayları da geleneksel yöntemle belirlenmiştir. Bu sayede yeni detaylandırma yöntemine dair daha açık bir muhakeme yapılması mümkün olacaktır.

Geleneksel yöntemle tasarlanan deney numunesi, Türk standardının (TS500-2000) dikkate alınmasından

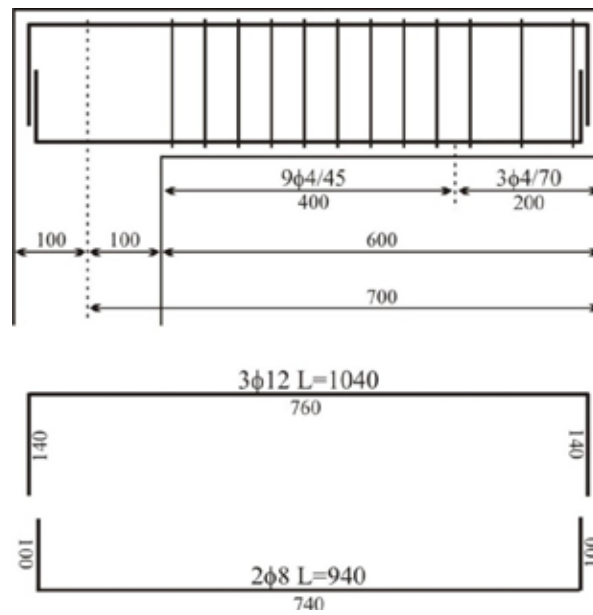
dolayı "TS" ön takısıyla, yeni yöntemle tasarlanan numune ise çubuk benzeşimi yönteminden (strut-and-tie model) hareketle "STM" ön takısıyla isimlendirilmiştir. Ancak burada unutulmaması gereken nokta, çubuk benzeşimi modellerinde de esas itibarıyla TS500 standardı göz önünde tutulmuştur. Sadece bu yöntemle has emniyet şartları (düğüm bölgelerindeki emniyet gerilmeleri, basınç ve çekme çubukları arasındaki açılar, vs.) için literatürden faydalanılarak yine Türk standardına uyarlanmak suretiyle hesaplarda kullanılmıştır. Ayrıca bütün numunelerin betonarme hesabında beton (γ_{mc}) ve çelik (γ_{ms}) için malzeme emniyet katsayıları da 1,0 olarak alınmış ve bu şekilde tasarım dayanımları elde edilmiştir. Deney modeli, Şekil 2'den kalıp boyutları ve yükleme şekli görüleceği üzere, kiriş uç noktasından 30 kN değerinde tekil yük uygulanan, kolon üzerine oturmuş konsol bir kiriş olarak ele alınmıştır.



Şekil 2. Deney modeline ait kalıp ve yükleme detayları

Her iki deney numunesi için özdeş olarak tasarlanan kolona yönelik yapılan hesaba göre $2\phi 8+4\phi 12$ boyuna donatı yerleştirilmiştir. Etriyeler için ise orta bölgede $\phi 4/70$ mm, sarılma bölgeleri ve temel içinde ise $\phi 4/50$ mm sonucuna ulaşılmıştır. Konsol kiriş için takip edilen geleneksel tasarım adımlarına göre gerekli donatı alanı

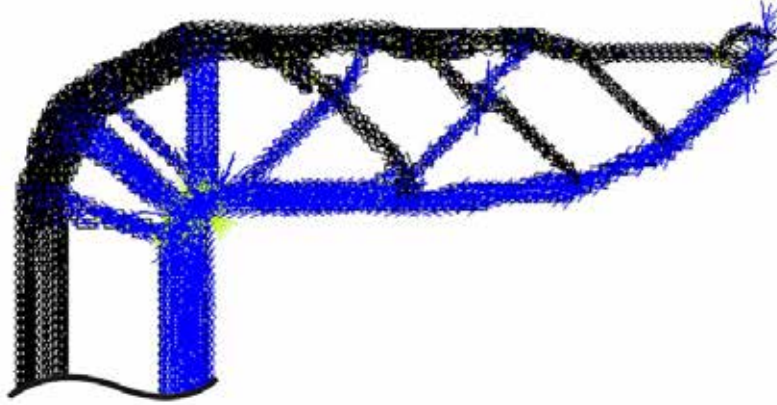
kiriş üst bölgesinde $300,7 \text{ mm}^2$ olarak hesaplanmış ve yerleştirilecek donatılar $3\phi 12$ ($339,3 \text{ mm}^2$) olarak belirlenmiştir. Etriye hesabıyla da uç bölgede $\phi 4/70$ mm, sarılma bölgesinde ise $\phi 4/45$ mm sonucu elde edilmiştir. TS500'e göre belirlenen konsol kirişteki donatı yerleşimi Şekil 3'te verilmiştir.



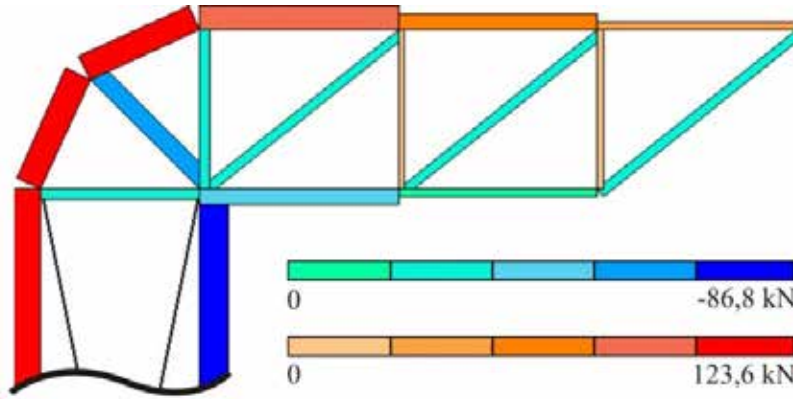
Şekil 3. TS deney numunesine ait kirişte donatı yerleşimi (birimler mm'dir)

Çubuk benzeşimi yöntemiyle tasarım için ise ilk olarak kolon ve konsol kirişe birlikte topoloji eniyilemesi uygulanmıştır. Başarım göstergesi (PI_{fsd}) dikkate alınarak belirlenen en iyi tasarımın asal gerilme dağılımına göre vektörel gösterimi Şekil 4'te sunulmuştur. Siyah vektörler çekme gerilmelerini, mavi vektörler ise basınç gerilmelerini temsil etmektedir. Bu tasarı-

ma dayanılarak ve sistemdeki oynaklığı önlemek için düşük değerde gerilme bulunan bölgelere ilave çubuk yerleştirilerek hazırlanan kafes sistemin sonlu elemanlar çözümlemesi gerçekleştirilmiş ve kafes sistemdeki çubukların taşıdığı kuvvetlerin görsel biçimde sunumu Şekil 5'te verilmiştir.



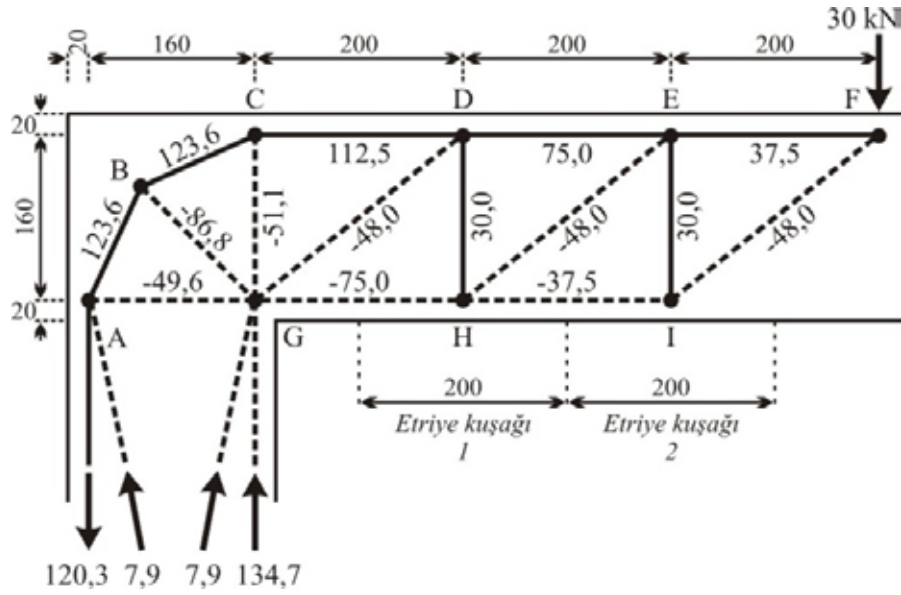
Şekil 4. STM deney numunesine ait en iyi topolojik tasarım



Şekil 5. STM deney numunesi için oluşturulan kafes sistem

Şekil 4'te siyah vektörlerle gösterilen çekme gerilmesine maruz çapraz kısımlar kiriş eksenine dik hale getirilerek etriye olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Kafes sistemin çözümü ile bütün çubukların taşıdığı kuvvet değerleri elde edilmiş ve çelik çekme çubukları ile beton basınç çubukları belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. STM deney numunesine ait kiriş için oluşturulan çubuk benzeşimi modeli (birimler kN ve mm'dir)

Kafes sistemdeki enine çekme çubukları da iki etriye kuşağı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Donatı yerleşiminin belirlenmesi için öncelikle boyuna donatılar ve etriye aralıkları belirlenmiş, sonrasında ise beton basınç çubukları ve düğüm noktaları için emniyet tahkikleri gerçekleştirilmiştir. Basınç çubukları ve düğüm noktalarının tahkiki sonucunda STM numunesi için çubuk benzeşimi yöntemiyle oluşturulan konsol kirişteki donatı yerleşimi Şekil 7'de verilmiştir. Oluşturulan kafesteki etriye kuşakları haricinde kalan kısımlara ise yine montaj kolaylığı gayesiyle TS numunesindeki etriye yerleşimleri uygulanmıştır.

STM numunesinin donatı detaylandırmasında konsol kirişin üst kısmında bulunan $\phi 12$ 'lik donatılar kesilmesi gereken noktalarda kesilmemiş, çubuk eksenini doğrultusunda kenetlenme payı bırakmak yerine topolojik tasarımdan hareketle çapraz olarak kiriş alt kısmına indirilmiş ve uçlarında kanca oluşturulmuştur. Bu sayede hem donatı-beton kenetlenmesinin artırılması ve ayrıca kenetlenme boyunun da kesme etkilerine karşı yapı elemanının dayanımına katkı sunması hedeflenmiştir. Boyuna donatı çapları küçültülüp sayısı artırılmak suretiyle çubuk benzeşimi modelinin daha etkin çalışması da mümkündür ancak beton yerleşim kolaylığı düşünülerek bu fikir uygulanmamıştır.

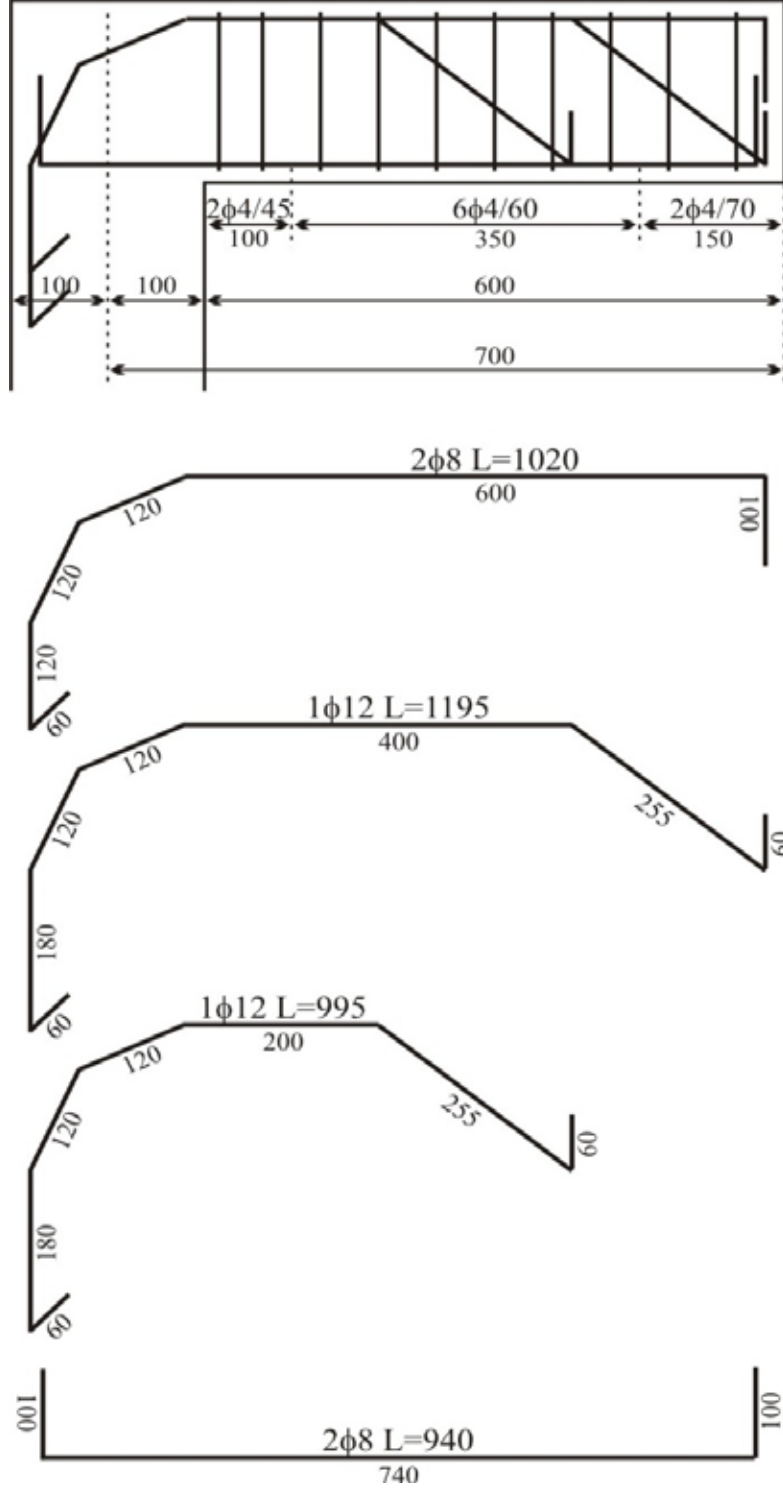
Malzemeler ve Deney Düzenegi

Kullanılan beton, bütün deney elemanlarının aynı gün ve tek dökümlü olarak hazırlanabilmesi için hazır beton santralinden temin edilmiştir. Hazır beton santraline verilen siparişte betonun en büyük tane çapının 15 mm, 28 günlük dayanımının 30 MPa ve çökme değerinin 20 cm olması istenmiştir. Betonarme deney numunelerinde kullanılan tüm donatılar S420 ve S220 kalitesinde seçilmiş olup tek seferde ve bir üretimden alınmıştır. Yapılan deneyler sonucunda çekme dayanımı değerleri, boyuna donatılar ($\phi 8$, $\phi 10$, $\phi 12$, $\phi 16$) için 428 MPa, enine donatılar ($\phi 4$, $\phi 6$) için ise 233 MPa olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamındaki betonarme deneyler, Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tatbiki Mekanik Laboratuvarı'ndaki deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. 245 kN basınç kapasiteli ve çift tesirli hidrolik yükleme silindiri ile el kontrollü ve çift tesirli bir pompa kullanılarak yükleme yapılmıştır. Deney numunelerinin hesap yüklerine göre her biri için farklı değer aralıklarında olmak üzere başlangıçta yük kontrollü, tasarım akma dayanımı için hesaplanan yük değerinden sonra ise yer değiştirme kontrollü olarak tekdüze yükleme programı uygulanmıştır.

Deney numunelerine uygulanan yük değerleri, 250 kN kapasiteli ve çift yönlü (basınç/çekme) çalışabilen yassı tip bir yük hücresiyle ölçülmüştür. Yer değiştirme ölçümlerinde, 100 mm ölçüm kapasitesine sahip yer değiştirme ölçer kullanılmıştır. Eğrilik ölçümleri

için kolon-kiriş birleşim bölgelerinde betonun dış lifleri üzerindeki şekil değiştirmeleri tespit amacıyla 30 mm boyundaki gerinim pulları yapıştırılmış ve yeterli ölçüm hassasiyetini sağlamak için özel bir malzemeyle kaplanmıştır.



Şekil 7. STM deney numunesine ait kirişte donatı yerleşimi (birimler mm'dir)

Deneysel Çalışma

Yükleme programı, daha önceden bahsedildiği üzere akmanın başladığı tahmin edilen ana dek yük kontrollü, akma ile göçme aşamaları arasında ise yük uygulanan noktanın çökmesi dikkate alınarak yer değiştirme kontrollü olarak uygulanmıştır. 30 mm uzunluğundaki gerinim pulları ise kolon-kiriş birleşim noktasından 5 cm mesafede betonun alt ve üst yüzeylerine ortalı olarak yapııştırılmıştır. Eğrilik tespiti için hem gerinim pulları hem de yer değiştirme ölçerler de kullanılarak elde edilen değerlerin birbirleriyle karşılaştırılıp daha doğru sonuçlara ulaşılması hedeflenirken, ölçüm düzeneğinden kaynaklanan hatalar sebebiyle gerekli hassasiyet sağlanamamış ve yer değiştirme ölçerlerden anlamlı sonuçlar alınmamıştır. Dolayısıyla eğrilik sonuçları sadece gerinim pullarından alınan verilere göre sunulmuştur.

TS numunesinin deneyinde yük değeri 15 kN'a ulaştığında kolon uç bölgesinden başlayıp temele bağlantı kısmına kadar dağılan ve kolon dışından içine doğru uzayan yatay çatlaklar görülmeye başlanmıştır. Uygulanan yük 25 kN değerine ulaştığında bu çatlakların boyu uzamış, sonrasında ise birleşim noktası yakınında kirişin üst kısmından başlayan dikey çatlaklar

görülmüştür. 30 kN değerinde ise kolon-kiriş birleşim bölgesinin dıştaki köşesinden başlayıp 45° eğimle iç kısımdaki köşeye uzanan bir çatlak daha belirmiştir. Yüklemenin devamında kolondaki yatay çatlaklar ile kirişteki düşey çatlakların boyu uzarken birleşim bölgesinde birbiri ardına düşey, yatay ve eğik çatlaklar oluşmaya başlamış ve nihayet bu bölgedeki çatlaklar genişleyip beton kabuk da gittikçe kabarmıştır. Yük değeri 36,44 kN'a ulaştığında ise kolonun üst hizasında konsol kirişin ani biçimde ayrılması suretiyle sistemin göçmesi gerçekleşmiştir.

Kolon temeliyle kolon uç bölgesi arasında gelişen yatay çatlaklar kolon orta eksenini geçmiş olmasına rağmen kılcal seviyede kalmış ve bariz açılma göstermemiştir. Konsol kirişte ise çatlak sayısı fazla olmamakla birlikte sadece birleşim bölgesine yakın düşey çatlak kiriş orta eksenini geçmiş ancak yine kılcal seviyede kalmıştır. Kiriş ve kolon donatılarında herhangi bir kopma ortaya çıkmamış, sadece kolon etriyelerinin dışa bakan bazı kancalarında açılma görülmüştür. TS deney numunesinin göçme anında çekilen fotoğrafı Şekil 8'de, göçme sonrasında yüklemeye devam edildiğinde çekilen fotoğrafı ise Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. TS numunesinin göçme anındaki görünüşü



Şekil 9. TS numunesinin göçme sonrasındaki görünüşü

STM deney numunesine uygulanan yükleme programında ise 15 kN değerine ulaşıldığında, TS numunesine nazaran sistem daha mukavim davranış göstererek kolonun üst kısımlarında iki yatay çatlak, kirişin ise birleşim noktası hizasında bir düşey çatlak olduğu gözlemlenmiştir. 20 kN seviyelerinde ise kolon ve kirişteki çatlaklar uzamış, kolon boyunca düzenli aralıklarla yeni yatay çatlaklar gelişmiştir. 25 kN'da iyice uzayan ancak henüz kolon eksenini geçmeyen çatlaklara 30 kN'da kolon-kiriş birleşim bölgesinin dıştaki köşesinden başlayıp 45° eğimle içteki köşeye uzanan bir çatlak ve konsol kirişin üst kısmında fazla uzun boyda olmayan üç çatlak daha eklenmiştir. 35 kN'da ise birleşim bölgesi ve kolondaki çatlaklar bir miktar daha uzama göstermiş ve aralarında birkaç yeni çatlak daha gelişmiştir.

Yüklemeye devam edildikçe kolondaki çatlaklar artık kolon eksenini iyice geçmiş ve hatta kolonun üst kısımlarındaki çatlaklar genişlemiştir. 44 kN değerine ulaşıldığında ise kolonda bulunan, kolon-kiriş birleşim bölgesinin 15 cm aşağısındaki ardışık iki çatlakta dikkate değer biçimde beton ayrılması gerçekleşmiş ve bu çatlakların hizasında kolonun iç tarafında da beton kabuğun ezilmeye başladığı görülmüştür. Nihayet 46,15 kN'un görülmesini takiben yük değeri düşmeye başlamış ve sonrasında sistemin göçtüğü kabul edilmiştir.

STM deney numunesinin göçme anında çekilen fotoğrafı Şekil 10'da verilmiştir

Bu değerden sonra da yükleme devam ettirildiğinde sistemin hâlâ yük aldığı ve yük değerinde ani düşme yaşanmadığı görülmüştür. Zira 25 kN değerine kadar küçük aralıklı yük düşmeleri gerçekleşmiş ve hidrolik silindirin yükleme başlığının uzama kapasitesine ulaşıldığında deneye son verilmek zorunda kalınmıştır.

Deney sonunda STM numunesi (Şekil 11) incelendiğinde kolonun üst kısmındaki çatlaklardan ilkinin, kirişten gelip çeyrek bir daire çizerek kolona inen 8 mm'lik donatının kancası hizasında olduğu görülmüştür. Ancak STM numunesinde kirişteki donatıların çapları farklı olduğundan kenetlenme boyları da farklı uygulanmıştır. Bu kancadan 60 mm aşağıda ise 12 mm'lik iki ayrı donatının kancaları bulunmaktadır.

Kenetlenme boylarının farklı olması sebebiyle ikinci önemi çatlak da bu kanca hizasında açılmış ve kolonda ani bir kırılma olmadan sistem sünekliğini muhafaza edebilmiştir. Ayrıca kolon-kiriş birleşim bölgesine bakılacak olursa, TS numunesinin aksine STM numunesinde tehlike arz eden en ufak bir hasarın gelişmemiş olması da dikkate değer ve çok önemli bir husustur.



Şekil 10. STM numunesinin göçme anındaki görünüşü



Şekil 11. STM numunesinin göçme sonrasındaki görünüşü

BULGULAR VE TARTIŞMA

TS numunesi için yapılan hesaba göre konsol kiriş üstünde çekme donatısı olarak $300,7 \text{ mm}^2$ olarak hesaplanmış ve yerleştirilecek donatılar $3\phi 12$ ($339,3 \text{ mm}^2$) olarak belirlenmiştir. STM numunesinde ise topoloji eniyilemesi ve çubuk benzeşimi yöntemlerinin uygulanmasını takiben $288,7 \text{ mm}^2$ gerekli donatı alanı hesaplanmış, $2\phi 8+2\phi 12$ ($326,2 \text{ mm}^2$) şeklinde donatı seçimi yapılmıştır. Kiriş üst kısmındaki donatıların tümü birleşim noktasında çeyrek bir daire biçiminde kolona indirilirken, $\phi 8$ 'lik donatılar ise kirişin $1/3$ ve

$2/3$ 'ünde eğimli şekilde kiriş altına yönlendirilmiştir. Belirlenen kafes modelini benzeştirebilmek gayesiyle gerekenden %13 daha fazla donatı kullanılmış olmasına karşın yine de TS numunesindeki donatı miktarına kıyasla daha düşük değerde kalmıştır. Kesme donatısı bakımından ise TS numunesindeki 12 adet etriyeye karşılık STM numunesinde daha seyrek bir etriye yerleşimi uygulanmış ve aynı çapta 10 adet etriye kullanılmıştır. TS numunesi $36,44 \text{ kN}$ değerine kadar yük taşıyıp kolon üst hizasında konsol kirişin ayrılması suretiyle göçmüştür. STM numunesi ise $46,15 \text{ kN}$

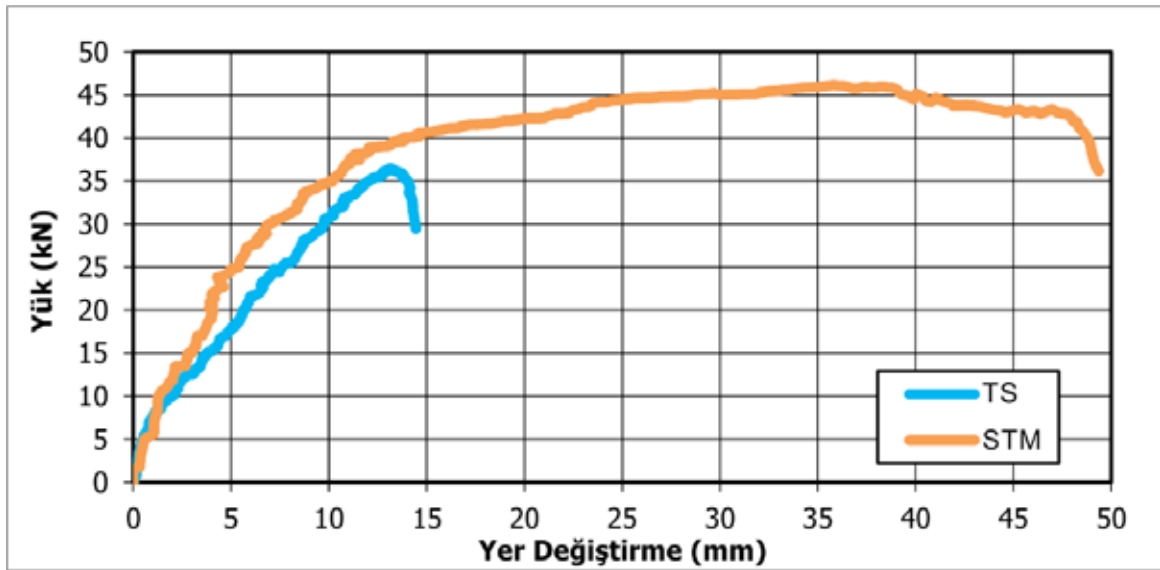
yük seviyesinde kirişten gelip çeyrek bir daire çizerek kolona inen donatıların kancaları hizasında iki ayrı çatlağın önemli derecede açılmasıyla ani bir kırılma olmadan göçmeyi tamamlamıştır.

Deneylere ait fotoğraflar incelendiğinde görülmektedir ki, geleneksel yöntemlerle detaylandırılan TS numunesinde kolon-kiriş bütünlüğü sağlanamamış ve birleşim bölgesinde göçme gerçekleşmiştir. Ancak STM numunesinde hem birleşim bölgesi tasarımı ile sistemin rijitliğine yüksek oranda katkıda bulunulmuş ve hem de kiriş içerisindeki donatıların yeni yerleşimi sayesinde sünek bir davranış ve göçme hali elde edilmiştir. Buna ilaveten göçme sonrasında yüklemeye devam edildiğinde TS numunesi kolonundaki boyuna donatıların birleşim bölgesi hizasında koptuğu görülmüştür. Ortaya çıkan geniş çatlaklara rağmen STM numunesi kolonunda ise cid-

di bir donatı hasarı gelişmemiştir. Her iki deney numunesi için konsol kirişin yük-yer değiştirme grafiği Şekil 12’de sunulurken; enerji tüketme kapasitesi, ötelenme ve eğilme rijitlikleri ile ötelenme ve eğrilik sünekliği katsayıları Çizelge 1’de verilmiştir.

Enerji tüketme kapasitesi yönünden altı kata yakın bir fark ortaya çıkarken ötelenme ve eğilme rijitliği değerleri de yine STM numunesinin üstünlüğünü ortaya koymaktadır.

Ötelenme ve eğrilik sünekliği katsayılarına göre ise sistemin genel davranışına bakıldığında STM numunesinde üç katı aşkın bir ötelenme sünekliği artışı gerçekleşmiştir. Kolon ucunda eğrilik sünekliği değeri nispeten artarken kiriş ucundaki süneklik değerindeki düşme ise kolon-kiriş birleşim bölgesindeki davranışın iyileştirilmesine bağlı olarak görülmüştür.



Şekil 12. TS ve STM konsol kirişleri için yük-yer değiştirme grafiği

Çizelge 1. TS ve STM numunelerinin yapısal davranış verileri

	Enerji Tüketme Kapasitesi (kN-mm)	Ötelenme Rijitliği (kN/mm)	Eğilme Rijitliği (kN-mm ²)		Ötelenme Sünekliği	Eğrilik Sünekliği	
		Kiriş Serbest Uç Bölgesi	Kiriş Uç Bölgesi	Kolon Uç Bölgesi	Kiriş Serbest Uç Bölgesi	Kiriş Uç Bölgesi	Kolon Uç Bölgesi
TS	331,31	3,18	3008,49	1320,69	1,67	2,10	1,13
STM	1919,01	3,59	4451,30	1793,64	5,07	1,43	1,50

SONUÇ

Gerçekleştirilen bu çalışmada, betonarme yapı elemanlarında donatı detayının belirlenmesi üzerine yeni bir tasarım yaklaşımında bulunulmuştur. Önerilen yöntemle donatı detaylandırma aşaması daha hızlı ve daha kolay bir şekilde tamamlanırken, özellikle mevcut standartlarda detaylı yönergeler bulunmayan sıra dışı elemanlar için çözüm üretme kapasitesi bu yöntemin kabul edilebilirliğini güçlendirmektedir. Yapı davranışı yönünden irdeleme yapıldığında ise geleneksel yöntemle detaylandırılan numunede daha gevrek bir kırılma ortaya çıkarken, önerilen yöntemle detaylandırılan numunede ise hem kırılma sünek biçimde gerçekleşmiş; bunun yanında dayanım, enerji tüketme kapasitesi ve rijitlik değerleri yönünden yapı davranışında önemli derecede iyileştirmeler sağlanmıştır.

Elde edilecek kazanımlar dikkate alındığında topoloji eniyilemesi ve çubuk benzeşimi yöntemlerinin bir-

likte kullanılması halinde betonarme yapı elemanlarının tasarımı için mevcut yönetmeliklere nazaran daha başarılı sonuçlara ulaşılmaktadır. Yapı elemanlarında yüklem altında oluşan gerilme yörüngelerinden hareketle kafes sistemlerin en uygun biçimde tasarımı üzerine belirli seviyede tecrübe gerektiğinden çubuk benzeşimi yönteminin kullanımı esasen basit görünmemektedir. Ancak bu çalışma kapsamında iyileştirilen topoloji eniyilemesi yöntemi ile desteklenerek tümleşik bir tasarım yöntemi kullanıldığında tasarımcılar için büyük bir kolaylık elde edilmekte ve bununla da kalmayıp önemli derecede verimlilik artışı sağlanabilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: BAP-2009/61).

KAYNAKLAR

- Ersoy U, Özcebe G, 2001. Betonarme. Evrim Yayınevi, İstanbul, 816 s.
- Jang IG, Kwak BM, 2005. Evolutionary topology optimization for large-scale problems using design space adjustment and refinement. 6th World Congresses of Structural and Multidisciplinary Optimization, Rio de Janeiro.
- Matraji M, 1997. Design of reinforced concrete members by the strut-and-tie method. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, Ankara.
- Özkal FM, 2012. Topoloji eniyilemesi ve çubuk benzeşimi yöntemleri kullanılarak betonarme yapı elemanlarında en uygun donatı düzeninin belirlenmesi ve deneysel gerçekleştirilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Özkal FM, Uysal H, 2016. A computational and experimental study for the optimum reinforcement layout design of an RC frame. Engineering Computations, 33(2): 507–527.
- Querin OM, Steven GP, Xie YM, 2000. Evolutionary structural optimisation using an additive algorithm. Finite Elements in Analysis and Design, 34(3–4): 291–308.
- Schlaich J, Schaefer K, Jennewein M, 1987. Toward a consistent design of structural concrete. PCI Journal, 32(3): 74–150.
- Tang W, Tong L, Gu Y, 2005. Improved genetic algorithm for design optimization of truss structures with sizing, shape and topology variables. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 62(13): 1737–1762.
- Tanskanen P, 2002. The evolutionary structural optimization method: Theoretical aspects. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 191(47–48): 5485–5498.
- Xie YM, Steven GP, 1993. A simple evolutionary procedure for structural optimization. Computers and Structures, 49(5): 885–896.
- Yavuz G, 1999. Betonarme kısa konsolların davranışlarının deneysel olarak ve kafes sistem - strut and tie modellemesiyle incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, Konya.

3-Metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on Bileşiğinin Teorik ve Deneysel Spektroskopik Özelliklerinin İncelenmesi

Haydar YÜKSEK¹, Fevzi AYTEMİZ¹, Murat BEYTUR¹, Özlem GÜRSOY KOL¹

ÖZET: Bu çalışmada, 3-metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)-benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on bileşiğinin teorik spektroskopik özellikleri incelenerek bazı deneysel verilerle mukayese edilmiştir. Bu amaçla, öncelikle çalışılan bileşik B3LYP, HF yöntemleri ve 6-311G(d,p) temel seti kullanılarak optimize edilmiştir. Elde edilen optimize yapı yardımıyla GIAO metoduna göre ¹H-NMR ve ¹³C-NMR kimyasal kayma değerleri Gaussian G09W bilgisayar programı vasıtasıyla gaz fazında hesaplanmıştır. $\delta_{exp}=a+b$. δ_{calc} . eşitliğine göre teorik değerler ile deneysel veriler SigmaPlot programı kullanılarak grafiğe geçirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre teorik verilerin deneysel verilerle uyumlu oldukları görülmüştür. Çalışmanın teorik kısmında ayrıca, Aynı metodlar ve temel set kullanılarak sentezlenen bileşiğin IR frekans değerleri hesaplanmış, bulunan değerler belirli uyum faktörleri ile çarpılmıştır. Teorik infrared spektrumları Hf ve B3LYP yöntemlerine göre elde edilmiştir. Teorik olarak oluşturulan titreşim değerlerinin tanımlanması için Veda4f programı kullanılmıştır. UV-vis değerleri de etanollü ortamda teorik olarak hesaplanmıştır. İlaveten, molekülün bağ uzunlukları, bağ açıları, Mulliken atomik yükleri, HOMO-LUMO enerjileri, dipol momentleri, toplam enerjileri, iyonlaşma potansiyeli, elektron ilgisi, moleküler yumuşaklık, moleküler sertlik ve elektronegatifliği aynı metodlar ve aynı set kullanılarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: B3LYP, GIAO, HF, 4,5-Dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on, 6-311G(d,p)

Investigation of Theoretical and Experimental Spectroscopic Properties of 3-Methyl-4-[3-(*p*-nitrobenzoxy)benzylidenamino]-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one

ABSTRACT: In this study, 3-methyl-4-[3-(*p*-nitrobenzoxy)-benzylidenamino]-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one has been compared theoretically and experimentally values. For this purpose, firstly studied compound has been optimized using B3LYP, HF method and 6-311G (d, p) the basic set. ¹H-NMR and ¹³C-NMR chemical shift values according to the method GIAO by obtained optimized structure were calculated using Gaussian G09W computer program in gas phase. Theoretically and experimentally values according to $\delta_{exp}=a+b$. δ_{calc} Eq. were plotted by the SigmaPlot program. According to obtained conclusions, theoretical and experimental values were seen to be compatible. In the theoretical part of the study, Also, The synthesized compound of values calculated IR frequencies using the same methods and the basic set were calculated in gas phase. Which, founded values are multiplied by appropriate adjustment factors. Theoretical infrared spectrums were obtained according to HF and B3LYP methods. Ved4f program was used for theoretically identification of calculated IR data. UV-vis values in ethanol were theoretically calculated. Additionally, the molecule was found bond lengths, bond angles, the HOMO-LUMO energy, dipole moments, mulliken charges, total energy of the molecule, ionization potential, electron affinity, molecular softness, molecular hardness and electronegativity with from both methods.

Keywords: B3LYP, GIAO, HF, 4,5-Dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one, 6-311G(d,p)

¹ Kafkas Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kars, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat BEYTUR, muratbeytur83@gmail.com

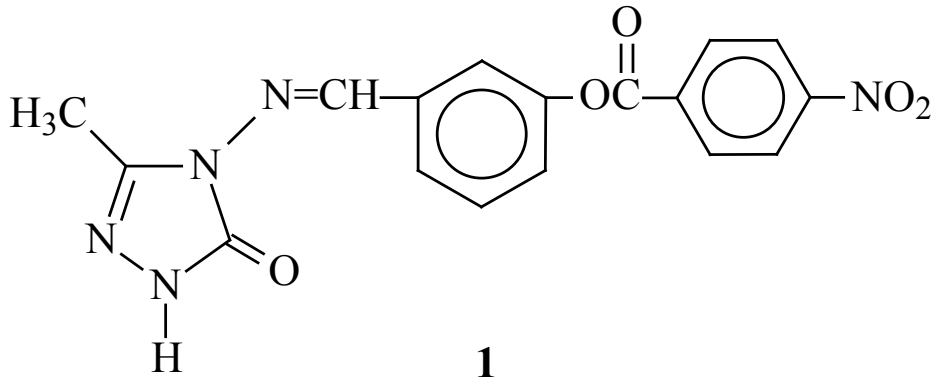
GİRİŞ

Deneysel çalışmaları desteklemek veya çalışma yapmadan önce moleküllerin analiz sonuçlarını tahmin edebilmek için kuantum kimyasal hesaplamaları, moleküler modelleme gibi bilgisayar programları kullanılarak yapılmaktadır.

Bu tür hesaplamaların temelini kuantum mekaniği oluşturur. Bu programlar moleküllerin moleküler yapısı, uzaydaki en kararlı durumu olan optimize edilmiş geometrisi, toplam enerji, dipol moment, spektroskopik parametreler (IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, UV ve IR titreşim frekansları) gibi özelliklerinin hesaplanacağı verimli programların oluşturulmasını sağlamaktadır.

Nitekim, 4,5-dihidro-1H-1,2,4-triazol-5-on türevlerinin spektroskopik (IR, NMR ve UV-vis) ve elektronik özellikleri Hartree-Fock (HF) ve density functional theory (B3LYP) yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır (Yüksek ve ark., 2005a; Yüksek ve ark., 2005b; Gökçe ve ark., 2013; Gökçe ve ark., 2014).

Bu çalışmada, 4,5-dihidro-1H-1,2,4-triazol-5-on türevi olan 3-metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)-benzilidenamino]-4,5-dihidro-1H-1,2,4-triazol-5-on (**1**) molekülünün B3LYP/6-311G(d,p) ve HF/6-311G(d,p) temel setleri kullanılarak teorik spektroskopik özellikleri incelenerek bazı deneysel parametrelerle mukayese edilmiştir (Gürsoy Kol ve Yüksek, 2010) (Şekil 1).



Şekil 1. Molekülün (6-311G (d,p)) kimyasal yapısı

MATERYAL VE YÖNTEM

Hesaplama Yöntemleri

Bu çalışmada, *ab-initio*, moleküler mekanik ve yarı-deneysel metotları gibi kapsamlı ve çok sayıda temel set seçeneğine sahip bilgisayar destekli hesaplama programı olan Gaussian 09W paket programı kullanılmıştır (Frisch et al., 2009). Bu program ile bileşikler için geometrik optimize işlemi yapılabilir, toplam enerjileri, IR frekans değerleri mulliken atomik yükleri ve indüklenmiş dipol momentleri teorik olarak hesaplanabilir. İlaveten, kimyasal reaksiyonlarda oluşan geçiş durumları ve reaksiyon mekanizmaları da bu program ile taranabilir. Ayrıca, moleküllerin teorik infrared ve UV-vis spektrumları NMR kimyasal kayma değerleri ve manyetik titreşim şiddetleri, kimyasal sertlik, kimyasal yumuşaklık, iyonlaşma enerjileri, elektron

ilgisi, elektron yoğunluğu ve hiperkutuplanma gibi birçok özellik hesaplanabilir. Bütün bu teorik hesaplama işlemlerinde moleküllerin veya atomların temel ya da uyarılmış hali kullanılabilir (Frisch et al., 2009; Gümüş ve ark., 2015).

Ab-initio metodu, deneysel veriler kullanılmadan Schrödinger dalga denkleminin çözümüne dayanan bir yöntemdir. Buna karşın, yarı deneysel ve moleküler mekanik metotları, Planck sabiti ve elektron kütlesi sabitleri bu denklemle tam bağıntılı değildir (Apaydın, 1991; Jensen, 1999). Schrödinger dalga denklemi tek elektronlu hidrojen atomuyla çözümü mümkündür. Ancak, çok elektronlu sistemlerde çözümü zor olduğundan dolayı Hartree-Fock öz uyumlu alan teorisi (HF-SCF) ve yoğunluk fonksiyonu teorisi (DFT) gibi matematiksel yaklaşımlar kullanılır. Hartree-Fock ve yoğunluk fonksiyonu teorisi

metotları ile IR, NMR gibi spektroskopik özellikler ve elektronik özellikler yardımıyla moleküllerin yapıları tayin edilebilir. Teorik kimyanın son yıllarda giderek yaygın olmasının nedenlerinden biri de deneysel verilere ihtiyaç duyulmamasıdır (Apaydın, 1991).

Bu çalışmada, 3-metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on (**1**) molekülünün yapısını teorik olarak incelendi ve elde edilen teorik veriler bazı deneysel verilerle mukayese edildi, Öncelikle, molekülün üç boyutlu geometrisi Gaussview (Dennington et al., 2009) programında çizilerek GAUSSIAN 09W paket programında (Frisch et al., 2009) giriş verisi olarak kullanılarak gaz fazında optimize edildi. Titreşim frekansları, ¹H-NMR ve ¹³C-NMR, kimyasal kayma değerleri, etanollü ortamda UV-vis değerleri, bağ açıları, bağ uzunlukları, mulliken atomik yükleri, HOMO-LUMO enerjileri, toplam enerjileri, dipol momentleri, iyonlaşma potansiyeli, elektron ilgisi, moleküler yumuşaklık, moleküler sertlik ve elektronegatiflik özellikleri Hartree Fock (HF) ve yoğunluk fonksiyonu teorisi (DFT) (Becke, 1988; Lee et al., 1998) metotları ve 6-311G(d,p) temel seti yardımıyla hesaplandı.

3 - m e t i l - 4 - [3 - (p - n i t r o b e n z o k s i) - b e n z i l i d e n a m i n o] - 4 , 5 - d i h i d r o - 1 H - 1 , 2 , 4 - t r i a z o l - 5 - o n (1): Yield 2.81 g (96%). M.p. 270 °C. IR (KBr): NH 3178; C=O 1748, 1703; C=N 1607, 1577; NO₂ 1525 and 1347; COO 1261; 1,4-disubstituted benzenoid ring 842; 1,3-disubstituted benzenoid ring 798 and 714 cm⁻¹. ¹H NMR (DMSO-d₆): δ 2.24 (s, 3H, CH₃), 7.43-7.77 (m, 4H, Ar-H), 8.28-8.38 (m, 4H, Ar-H), 9.72 (s, 1H, N=CH), 11.82 (s, 1H, NH). ¹³C NMR (DMSO-d₆): δ 10.91 (CH₃), 119.92, 123.77 (2C), 124.58, 126.04, 130.16, 131.16 (2C), 134.11, 135.18, 150.66, 151.04 (aromatic-C), 144.17 (triazole C₃), 150.39 (N=CH), 152.01 (triazole C₂), 162.93 (C=O). UV λ_{max} (ε): 256 (4488), 209 (17049) nm. Anal. Calcd. for C₁₇H₁₃N₅O₅ (367.32): C, 55.59; H, 3.57; N, 19.07. Found: C, 55.65; H, 3.77; N, 19.06 (Gürsoy-Kol ve Yüksek, 2010).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Geometrik Optimizasyon

Molekülün üç boyutlu görsel olarak yaklaşık geometrisi GaussView 5.0 programında (Dennington

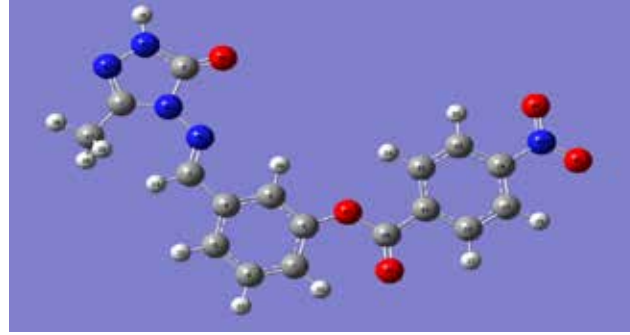
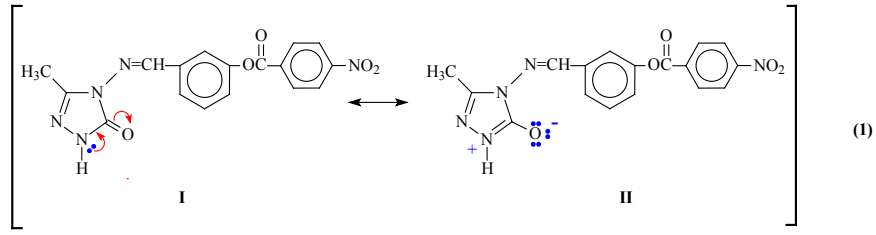
et al., 2009) çizildi. Çizilen bu geometriden Gaussian 09W programı kullanılarak Hartree-Fock (HF) ve Yoğunluk Fonksiyonu Teorisi (DFT) metodu ve polarize fonksiyonları içeren 6-311G(d,p) temel seti ile optimize edilerek bileşikteki her bir atomun minimum enerjili, uzaydaki en kararlı yerleşimleri ve uzay yapısı belirlendi (Gümüş ve ark., 2015) (Şekil 2). Böylece, bağ uzunlukları (Çizelge 1), ve bağ açıları (Çizelge 2) teorik olarak hesaplandı.

Teorik olarak hesaplanan bağ uzunluklarının deneysel (Gürsoy Kol ve Yüksek, 2010) verilerle uyumunu incelemek için **1** bileşiğinin C-3'e bağlı fenil halkalarındaki C-C bağ uzunlukları ile C-H bağ uzunluklarının literatürde kayıtlı verilerle karşılaştırılması yapıldı.

Literatürde benzen halkasındaki tüm C-C bağ uzunlukları 1.397 Å⁰, C-H bağ uzunlukları ise 1.084 Å⁰ olarak ölçülmüştür (Gökçe ve ark., 2012). **1** bileşiğinin yapısında bulunan iki fenil grubu C-C bağ uzunlukları ortalamaları B3LYP 6-311(d,p) 1.395 Å⁰ ve HF 6-311(d,p) 1.383 Å⁰ olarak bulundu. B3LYP temel setine göre bulunan ortalama C-C bağ uzunluğunun deneysel değere yakın, fakat biraz düşük olduğu görülmüştür ki bu sonuç literatürle uyumludur (Beytur, 2014).

Aynı bileşikte aril C-H bağ uzunlukları ortalamaları B3LYP ve HF temel setlerine göre sırasıyla 1.082 Å⁰ ve 1.073 Å⁰ olarak bulundu. Yine B3LYP temel setine göre bulunan ortalama C-H bağ uzunluğu literatürdeki değere yakın olduğu görülmüştür (Fessenden and Fessenden, 1986). Teorik bağ uzunluklarının incelenmesi sırasında ilginç bir diğer sonuca da varılmıştır. C(2)-NH bağ uzunluğu B3LYP ve HF temel setleri ile sırasıyla 1.372 Å⁰ ve 1.346 Å⁰ olarak bulundu.

Literatürde deneysel C-N tek ve C=N çift bağ uzunlukları sırasıyla 1.49 Å⁰ ve 1.27 Å⁰ olarak verilmiştir (İkizler, 1996). B3LYP ve HF metodlarına göre elde edilen ortalama bağ uzunluklarının deneysel C-N tek ve C=N çift bağ uzunluklarının arasında bir değere sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla 4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on halkasında C(2)-NH bağının kısmi çifte bağ karakteri taşıdığı söylenebilir. Bu durum aşağıdaki rezonans strüktürleri ile açıklanabilir (Denklem 1).



Şekil 2. Molekülün (6-311G (d,p)) gausview görünümü

Çizelge 1. Molekülün B3LYP ve HF yöntemlerine göre teorik olarak elde edilen bağ uzunlukları (Å^0)

Bağ Uzunlukları		B3LYP	HF	Bağ Uzunlukları		B3LYP	HF
1	C(1)-N(32)	1.2952	1.2659	22	C(7)-C(8)	1.3937	1.3790
2	C(1)-N(33)	1.4042	1.3802	23	C(8)-H(22)	1.0837	1.0745
3	C(1)-C(17)	1.4900	1.4875	24	C(8)-C(9)	1.3999	1.3872
4	C(17)-H(28)	1.0933	1.0837	25	C(9)-H(23)	1.0848	1.0754
5	C(17)-H(29)	1.0933	1.0837	26	C(9)-C(4)	1.4009	1.3855
6	C(17)-H(30)	1.0900	1.0808	27	O(37)-C(10)	1.3566	1.3334
7	N(32)-N(31)	1.3735	1.3699	28	C(10)-O(38)	1.2046	1.1773
8	N(31)-H(18)	1.0054	0.9904	29	C(10)-C(11)	1.4958	1.4963
9	N(31)-C(2)	1.3717	1.3457	30	C(11)-C(12)	1.3997	1.3883
10	C(2)-O(36)	1.2045	1.1959	31	C(11)-C(16)	1.3997	1.3876
11	C(2)-N(33)	1.4323	1.3888	32	C(12)-H(24)	1.0809	1.0726
12	N(33)-N(34)	1.3562	1.3618	33	C(12)-C(13)	1.3894	1.3806
13	N(34)-C(3)	1.2788	1.2571	34	C(13)-H(25)	1.0808	1.0708
14	C(3)-H(19)	1.0882	1.0749	35	C(13)-C(14)	1.3899	1.3813
15	C(3)-C(4)	1.4681	1.4768	36	C(14)-N(35)	1.4838	1.4690
16	C(4)-C(5)	1.3987	1.3934	37	N(35)-O(39)	1.2227	1.1857
17	C(5)-H(20)	1.0823	1.0724	38	N(35)-O(40)	1.2224	1.1854
18	C(5)-C(6)	1.3881	1.3709	39	C(14)-C(15)	1.3907	1.3798
19	C(6)-O(37)	1.3960	1.3844	40	C(15)-H(26)	1.0808	1.0708
20	C(6)-C(7)	1.3987	1.3839	41	C(15)-C(16)	1.3875	1.3826
21	C(7)-H(21)	1.0770	1.0744	42	C(16)-H(27)	1.0822	1.0716

Çizelge 2. Molekülün B3LYP ve HF yöntemlerine göre teorik olarak elde edilen bağ açıları (°)

	Bağ Açıları	B3LYP	HF		Bağ Açıları	B3LYP	HF
1	C(1)-N(32)-N(31)	105.927	107.899	33	C(6)-C(7)-C(8)	118.212	118.839
2	C(1)-N(33)-N(34)	135.297	121.220	34	H(21)-C(7)-C(8)	121.103	121.240
3	C(1)-N(33)-C(2)	107.995	108.084	35	C(7)-C(8)-H(22)	118.848	119.812
4	C(1)-C(17)-H(28)	112.030	110.466	36	C(7)-C(8)-C(9)	121.261	120.204
5	C(1)-C(17)-H(29)	112.029	110.476	37	H(22)-C(8)-C(9)	119.891	119.983
6	C(1)-C(17)-H(30)	107.245	108.416	38	C(8)-C(9)-H(23)	120.085	119.800
7	H(28)-C(17)-H(29)	108.479	108.029	39	C(8)-C(9)-C(4)	119.995	120.394
8	H(28)-C(17)-H(30)	108.470	109.723	40	H(23)-C(9)-C(4)	119.919	119.807
9	H(29)-C(17)-H(30)	108.469	109.732	41	C(9)-C(4)-C(5)	119.259	119.480
10	N(32)-C(1)-N(33)	110.590	111.225	42	C(6)-O(37)-C(10)	125.998	119.585
11	N(32)-N(31)-H(18)	120.320	120.960	43	O(37)-C(10)-C(11)	110.753	111.942
12	N(32)-N(31)-C(2)	114.360	113.718	44	O(37)-C(10)-O(38)	125.513	124.135
13	N(32)-C(1)-C(17)	121.830	125.416	45	O(38)-C(10)-C(11)	123.734	123.922
14	H(18)-N(31)-C(2)	125.320	125.321	46	C(10)-C(11)-C(12)	117.195	117.545
15	N(31)-C(2)-N(33)	101.128	101.857	47	C(10)-C(11)-C(16)	122.732	122.058
16	N(31)-C(2)-O(36)	130.523	129.660	48	C(11)-C(12)-H(24)	118.823	119.299
17	O(36)-C(2)-N(33)	128.349	128.483	49	C(11)-C(12)-C(13)	120.324	120.168
18	C(2)-N(33)-N(34)	116.708	130.695	50	H(24)-C(12)-C(13)	120.853	120.533
19	N(33)-C(1)-C(17)	127.580	123.359	51	C(12)-C(13)-C(14)	118.501	118.373
20	N(33)-N(34)-C(3)	123.185	120.006	52	C(12)-C(13)-H(25)	121.915	121.473
21	N(34)-C(3)-H(19)	124.276	122.513	53	H(25)-C(13)-C(14)	119.584	120.154
22	N(34)-C(3)-C(4)	119.653	120.248	54	C(13)-C(14)-N(35)	118.816	118.737
23	H(19)-C(3)-C(4)	116.071	117.239	55	C(14)-N(35)-O(39)	117.432	117.449
24	C(3)-C(4)-C(5)	121.122	121.967	56	C(14)-N(35)-O(40)	117.480	117.432
25	C(3)-C(4)-C(9)	119.619	118.553	57	O(39)-N(35)-O(40)	125.088	125.120
26	C(4)-C(5)-H(20)	119.804	120.533	58	N(35)-C(14)-C(15)	118.835	118.696
27	C(4)-C(5)-C(6)	119.957	119.223	59	C(14)-C(15)-C(16)	118.700	118.531
28	H(20)-C(5)-C(6)	120.239	120.243	60	C(14)-C(15)-H(26)	119.550	120.104
29	C(5)-C(6)-O(37)	113.049	118.469	61	H(26)-C(15)-C(16)	121.750	121.365
30	C(5)-C(6)-C(7)	121.316	121.860	62	C(15)-C(16)-C(11)	120.053	119.964
31	O(37)-C(6)-C(7)	125.635	119.595	63	H(26)-C(16)-C(11)	119.992	120.098
32	C(6)-C(7)-H(21)	120.685	119.921	64	C(16)-C(11)-C(12)	120.072	120.397

İnfrared Spektrum Analizi

3-Metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)-benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on bileşiğinin (1) B3LYP ve HF yöntemleri ve 6-311G(d,p) temel setine göre teorik titreşim frekansları gaz fazında hesaplandı. Yapılan analiz sonucunda hesaplanan frekanslar içerisinde negatif frekansa rastlanmadı. Bu sonuç elde ettiğimiz yapının kararlı bir yapı olduğunu göstermektedir. B3LYP ve HF'ye göre elde edilen değerler kullanılarak teorik IR spektrumları çizilmiş (Şekil 3) ve titreşim frekansları B3LYP/6-311G(d,p) için 0,9516 ve HF/6-311G(d,p) metodu için 0,9905 katsayıları ile çarpıldı (Merrick et al., 2007). Teorik IR spektral değerleriyle deneysel IR spektral değerleri (Gürsoy Kol ve Yüksek, 2010) mukayese edildi. Bu karşılaştırma sonucu teorik bulguların deneysel verilerle ve literatürdeki benzer bileşiklerle ilgili yapılan benzer çalışmalarda elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görüldü (Lee, 1998; Akyıldırım ve ark., 2012a; Gökçe ve ark., 2012; Kayalar, 2012; Beytur, 2014). Teorik

olarak elde edilen titreşim verilerinin belirlenmesinde veda4f yazılım programından yararlanıldı (Jamroz, 2004). Sentezlenen moleküllerin düzlemsel ve lineer olmayan bir yapıda olup 3N-6 adet serbest titreşimi vardır (Gans, 1971). İlgili bileşik 40 atom içerir ve 114 titreşimi vardır. 1 bileşiği gibi heterosiklik bileşiklerde N-H gerilme titreşimi görülür. Bu gerilme titreşimi deneysel olarak 3178 cm⁻¹ de ortaya çıkarken teorik olarak B3LYP metodunda 3652 cm⁻¹, HF metodunda 3758 cm⁻¹ olarak gözlemlendi. Karbonil piki 1748 ve 1703 cm⁻¹'de görülürken teorik olarak karbonil (C=O) grubuna ait frekanslar B3LYP metodunda 1841, 1772 ve HF metodunda ise 1910, 1864 cm⁻¹ de bulundu. Çizelge 3'den görüleceği üzere, Her iki yöntemle göre hesaplanan titreşim verilerinin karşılaştırılmasında B3LYP'ye göre hesaplanan değerler deneysel değerlere (Gürsoy Kol ve Yüksek, 2010) daha yakındır. B3LYP ve HF metodlarıyla hesaplanan frekanslar karşılaştırıldığında genelde elde edilen değerlerin uyumlu olduğu gözlemlendi (Çizelge 3).

Çizelge 3. Molekülün deneysel ve seçilmiş teorik frekans değerleri ve titreşim türleri

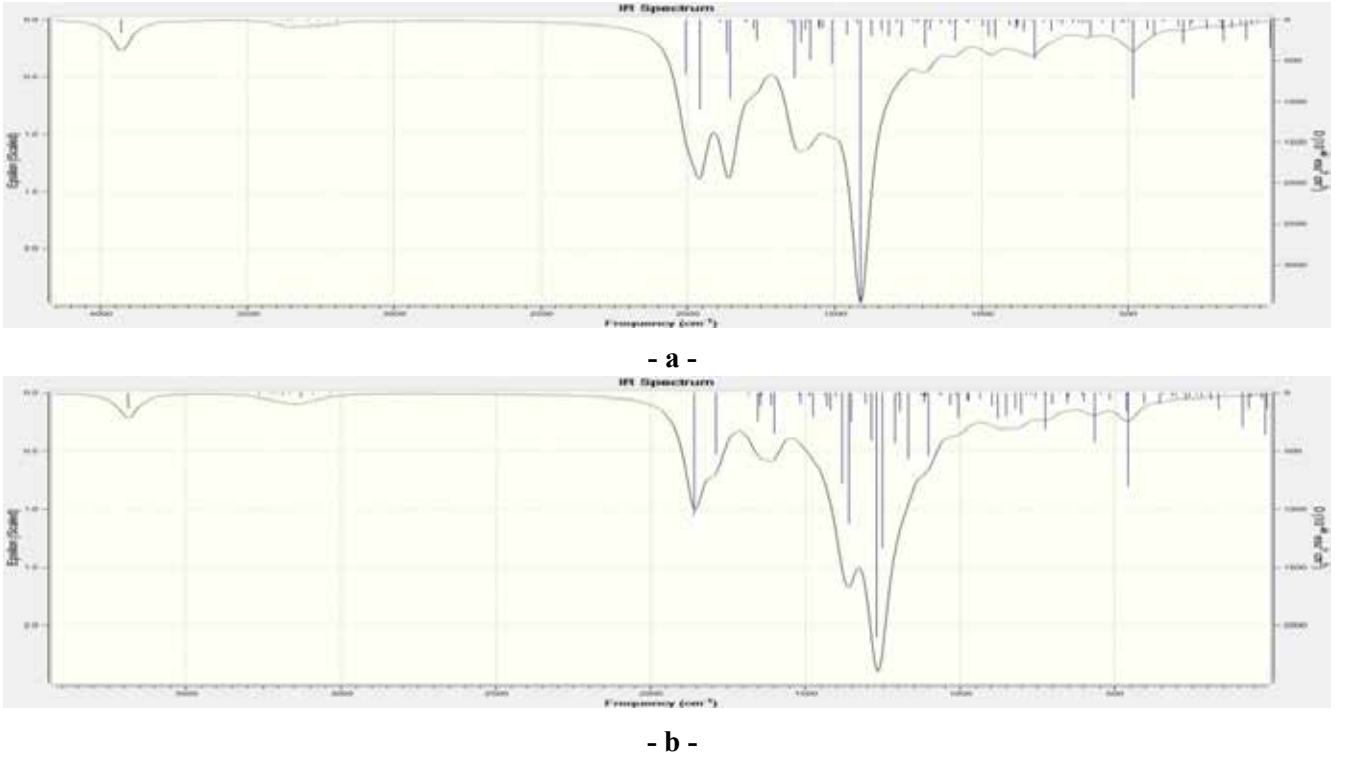
Titreşim türleri	Deneysel	skalalı dft	skalalı hf
τ HCCC (19), τ OCON (54), τ OCOC (19)	714	722	779
τ HCCC (49),	798	797	839
τ HCCC (94)	842	855	909
ν OC (34), ν CC (13), δ OCO (12)	1261	1292	1343
ν ON (76), δ ONO (10)	1347	1475	1558
ν ON (18), ν CC (47)	1525	1585	1678
ν NC (48)	1577	1639	1777
ν NC (54)	1607	1669	1799
ν OC (67), ν NC (14)	1703	1772	1864
ν OC (88)	1748	1841	1910
ν NH (100)	3178	3652	3738

ν , gerilme; δ , bükülme; δ_s makaslama; ρ , sallanma; γ , düzlem dışı bükülme τ , dönme

NMR Spektral Analiz

Bu çalışmada, 3-metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)-benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on (1) bileşiğinin ¹H-NMR ve ¹³C-NMR, kimyasal kayma değerlerinin hesaplanması için öncelikle en minimum

enerjili optimize edilmiş yapılar elde edildi. Bu optimize yapılar sayesinde kimyasal kayma değerleri, HF ve B3LYP metodlarında GIAO NMR yaklaşımı (Wolinski, 1990) ile 6-311G(d,p) temel seti kullanılarak DMSO'da oluşturuldu (Çizelge 4).

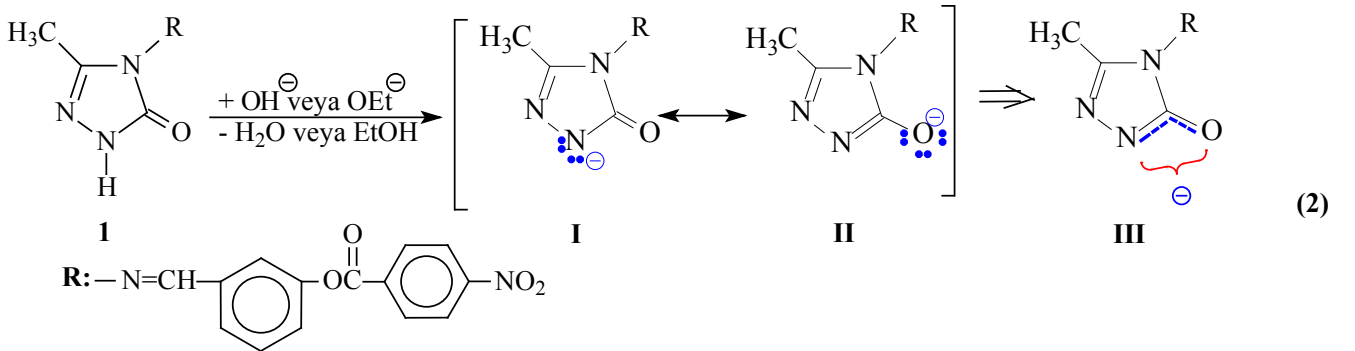


Şekil 3. Molekülün teorik (B3LYP (a) ve HF (b)) IR spektrumları

Deneysel (Gürsoy Kol ve Yüksek, 2010) ve teorik ^{13}C -NMR ve ^1H -NMR değerleri regresyon analizi en küçük kareler yöntemine göre yapılarak bulunan R^2 değerlerinin son derece uyumlu olduğu görüldü. (Şekil 3). Elde edilen molekülün elde edilen R^2 değerleri; B3LYP/6-311G(d,p) (DMSO) için; ^{13}C : 0.99, ^1H : 0.89 ve HF/6-311G(d,p) için; ^{13}C : 0.99, ^1H : 0.86 olarak hesaplandı. $\delta \text{ calc} = a \delta \text{ exp} + b$ formülü ile ^{13}C -NMR ve ^1H -NMR verilerinin standart hata oranları her iki yönetime göre hesaplandı. ^{13}C -NMR ve ^1H -NMR Kimyasal kayma değerleri deneysel ve teorik olarak mukayese edilmiş ve bu oranlar arasında **a**, **b** ve **R**

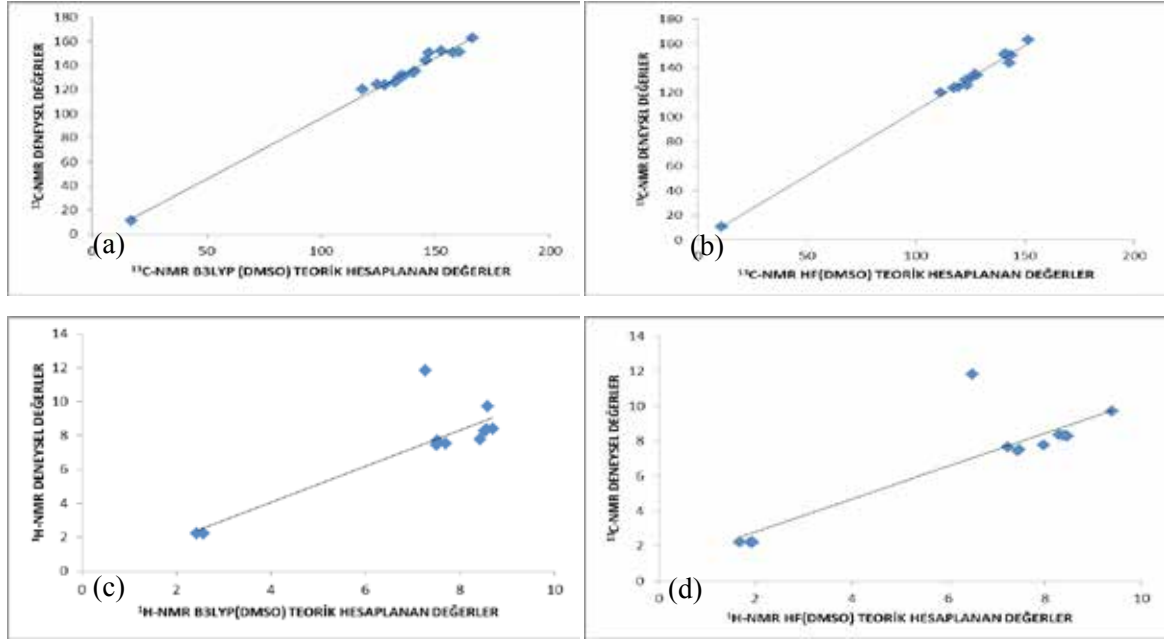
değerine göre doğrusal bir korelasyon gözlenmiştir (Şekil 4). Aynı metod ve temel setlere göre DMSO çözücülü ortamda incelenen molekülün deneysel olarak elde edilen (Gürsoy Kol ve Yüksek, 2010) ve teorik olarak hesaplanan değerler arasında bir uyum olduğu görüldü. Ancak, 4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on halkasındaki N-H protonunun asidik özellik taşıdığı (Yüksek, 1992;

Yüksek ve ark., 1997; Bahceci ve ark., 2002). Bu yüzden, N-H protonu için elde edilen deneysel değer, hesaplanan teorik değer daha düşük alanda ortaya çıkmıştır (Denklem 2).

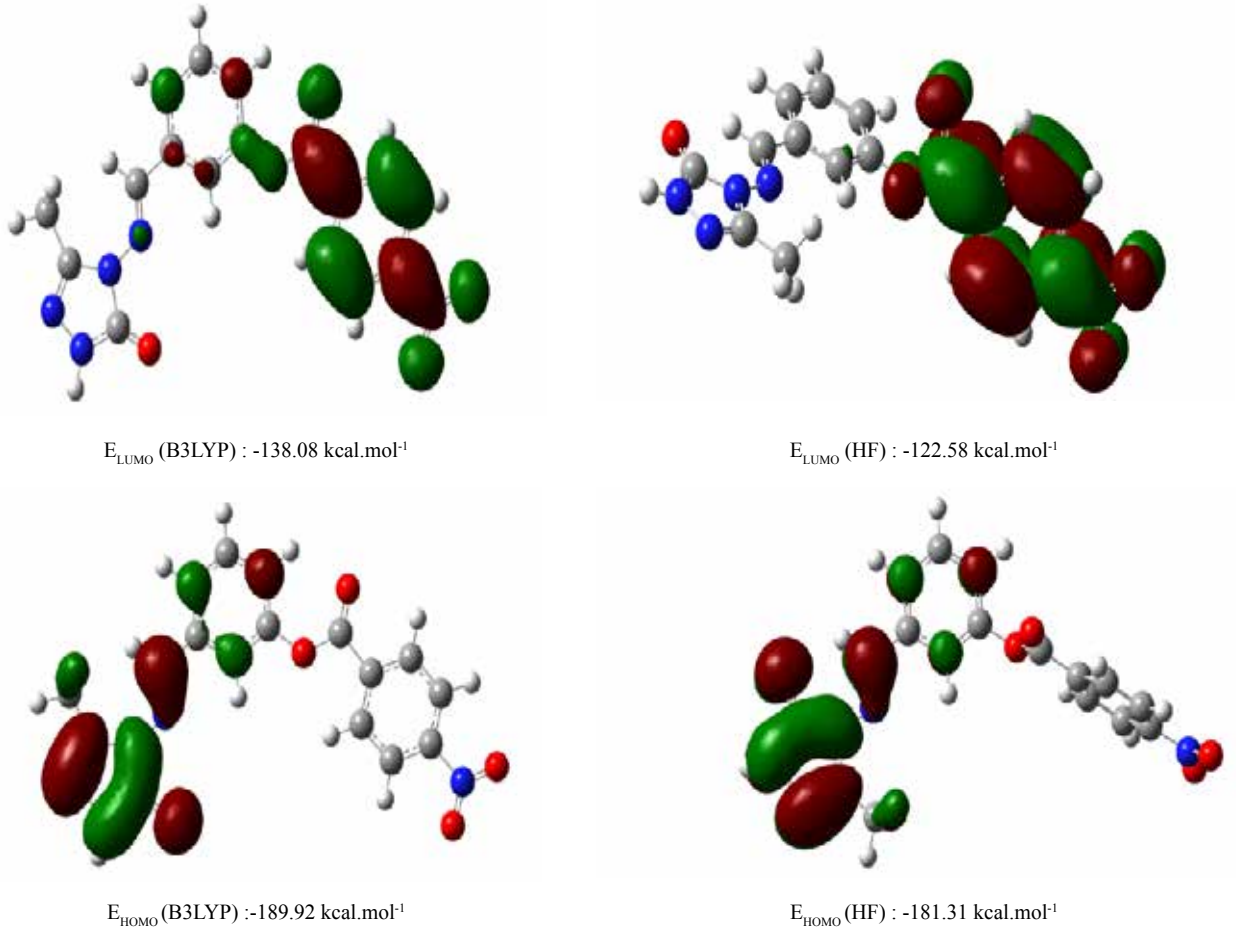


Çizelge 4. Molekülün TMS'ye göre deneysel ve teorik olarak ^{13}C ve ^1H -NMR (B3LYP/(DMSO) ve HF/(DMSO)) kimyasal kayma değerleri (δ/ppm)

No	Deneyssel	DFT/6-311G(d,p)/DMSO	Fark/DMSO	HF/6-311G(d,p)/DMSO	Fark/DMSO
C1	144.17	145.98	-1.81	142.75	1.42
C2	152.01	152.76	-0.75	141.27	10.74
C3	150.39	147.08	3.31	143.60	6.79
C4	135.18	141.27	-6.09	127.16	8.02
C5	119.92	118.00	1.92	111.30	8.62
C6	151.04	160.32	-9.28	141.46	9.58
C7	124.58	124.58	0.00	119.71	4.87
C8	130.16	134.31	-4.15	122.93	7.23
C9	126.04	132.24	-6.20	123.72	2.32
C10	162.93	166.15	-3.22	151.61	11.32
C11	134.11	140.15	-6.04	127.70	6.41
C12	131.16	135.16	-4.00	125.03	6.13
C13	123.77	127.90	-4.13	117.51	6.26
C14	150.66	157.70	-7.04	141.14	9.52
C15	123.77	127.51	-3.74	117.75	6.02
C16	131.16	136.11	-4.95	124.42	6.74
C17	10.91	17.10	-6.19	10.77	0.14
H18	11.82	7.27	4.55	6.49	5.33
H19	9.72	8.60	1.12	9.39	0.33
H20	7.77	8.44	-0.67	7.98	-0.21
H21	7.67	7.53	0.14	7.22	0.45
H22	7.52	7.71	-0.19	7.46	0.06
H23	7.43	7.51	-0.08	7.43	0.00
H24	8.38	8.71	-0.33	8.30	0.08
H25	8.32	8.56	-0.24	8.44	-0.12
H26	8.28	8.53	-0.25	8.47	-0.19
H27	8.34	8.58	-0.24	8.38	-0.04
H28	2.24	2.43	-0.19	1.68	0.56
H29	2.24	2.58	-0.34	1.90	0.34
H30	2.24	2.58	-0.34	1.94	0.30



Şekil 4. Molekülün B3LYP(DMSO) ve HF(DMSO) yöntemleriyle deneysel ve teorik $^{13}\text{C-NMR}$ ve $^1\text{H-NMR}$ kimyasal kayma değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5. Molekülün B3LYP 6-311G(d,p) ve HF 6-311G(d,p)'ye göre hesaplanan HOMO-LUMO enerjileri

Elektronik Özelliklerinin İncelenmesi

Dolu olan en yüksek enerjili orbitaller (E_{HOMO}) ve boş olan en düşük enerjili moleküler orbitaller (E_{LUMO}) reaksiyonların mekanizmasını oluşturan temel orbitallerdir. HOMO enerjisi bu kimyasal reaksiyonlarda elektron verme eğilimi (π donor), LUMO enerjisi ise elektron alma eğilimi (π acceptor) olarak tanımlanır (Fukui, 1982) (Şekil 5). Moleküle 6-311G(d,p) polarize temel seti uygulanarak B3LYP ve HF yöntemleriyle elektronik özellikleri hesaplandı. Hesaplanan HOMO-LUMO enerjilerinden moleküler

parametreler (I; İyonlaşma potansiyeli, A; elektron ilgisi, η ; moleküler sertlik, S; moleküler yumuşaklık ve χ ; elektronegatiflik), toplam enerjiler, dipol moment ve Mulliken atomik yük (Mulliken, 1955) yük değerleri belirlendi (Çizelge 5-7). Etanol ortamında 1 bileşiğinin deneysel ve teorik absorpsiyon dalga boyları Çizelge 8 de ve UV-vis grafikleri de şekil 6'da verildi. 1 Bileşiğinin UV-vis absorpsiyon spektroskopisinin uyarma enerjileri, osilatör güçlü (f) ve absorpsiyon dalga boyları (λ) TD-SCF/B3LYP ve TD-SCF/HF yöntemleri kullanılarak hesaplandı.

Çizelge 5. Molekülün atomlarının B3LYP ve HF'ye göre hesaplanan elektronik özellikleri

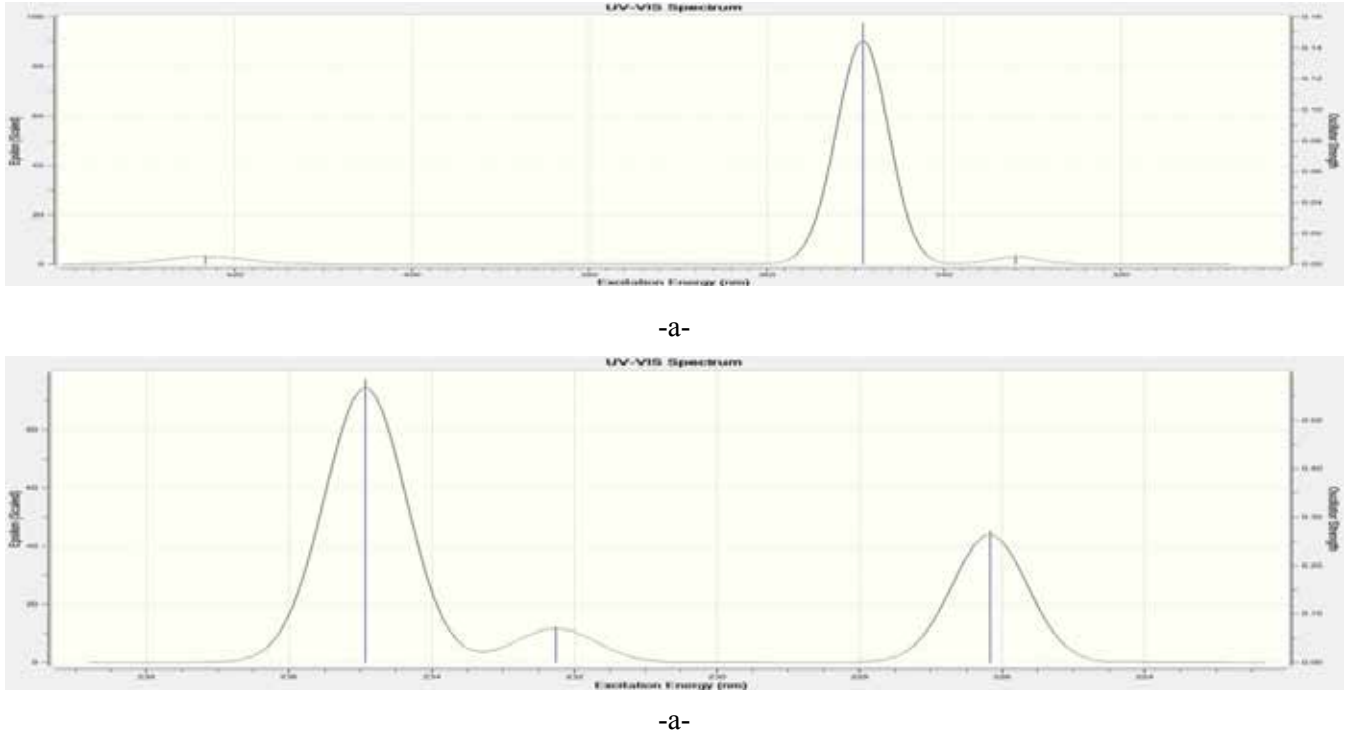
	B3LYP	HF
I; İyonlaşma Potansiyeli	189.92 kcalxmol ⁻¹	181.31 kcalxmol ⁻¹
A; Elektron İlgisi	138.08 kcalxmol ⁻¹	122.58 kcalxmol ⁻¹
η ; Moleküler Sertlik	25.92 kcalxmol ⁻¹	29.36 kcalxmol ⁻¹
S; Moleküler Yumuşaklık	0.019 molxkcal ⁻¹	0.017 molxkcal ⁻¹
χ ; elektronegatiflik	163.55 kcalxmol ⁻¹	151.94 kcalxmol ⁻¹
Toplam Enerji	-1298.06 a.u.	-1305.72 a.u.

Çizelge 6. Molekülün teorik (B3LYP/6-311G(d,p) (a) ve HF/6-311G(d,p) (b)) hesaplanan dipol moment değerleri

Dipol Moment	B3LYP (debye)	HF (debye)
μ_x	5.6658	-6.8754
μ_y	4.3548	5.6026
μ_z	0.0102	-0.0017
μ_{Toplam}	7.1460	8.8691

Çizelge 7. Molekülün teorik (B3LYP/6-311G(d,p) (a) ve HF/6-311G(d,p) (b)) hesaplanan mulliken atomik yük değerleri

	B3LYP	HF		B3LYP	HF		B3LYP	HF
C1	0.326	0.397	C15	-0.048	-0.021	H28	0.138	0.122
C2	0.501	0.731	C16	-0.024	-0.037	H29	0.138	0.124
C3	0.139	0.238	C17	-0.301	-0.183	H30	0.148	0.130
C4	-0.156	-0.170	H18	0.253	0.261	N31	-0.305	-0.379
C5	-0.030	-0.037	H19	0.101	0.169	N32	-0.210	-0.282
C6	0.148	0.273	H20	0.131	0.117	N33	-0.392	-0.471
C7	-0.062	-0.066	H21	0.147	0.109	N34	-0.165	-0.265
C8	-0.099	-0.074	H22	0.104	0.110	N35	0.173	0.374
C9	-0.059	-0.082	H23	0.089	0.105	O36	-0.345	-0.528
C10	0.484	0.677	H24	0.132	0.139	O37	-0.349	-0.506
C11	-0.233	-0.271	H25	0.144	0.158	O38	-0.330	-0.427
C12	-0.012	-0.038	H26	0.142	0.157	O39	-0.260	-0.376
C13	-0.053	-0.018	H27	0.125	0.132	O40	-0.261	-0.378
C14	0.132	0.088						



Şekil 6. Molekülün teorik (B3LYP (a) ve HF (b)) UV-vis spektrumları

Çizelge 8. Molekülün teorik (B3LYP (a) ve HF (b)) UV-vis değerleri

λ (nm)	uyarılma enerjisi (eV)	f (osilatör gücü)
B3LYP(DFT)/HF	B3LYP(DFT)/HF	B3LYP(DFT)/HF
423.34/234.73	2.9287/5.2774	0.0057/0.5849
349.14/232.26	3.5512/5.3382	0.1563/0.0729
331.84/226.17	3.7362/5.4819	0.0055/0.2719

SONUÇLAR

Teorik çalışmalar Gaussian 09W programı kullanılarak yapılmıştır. 3-Metil-4-[3-(*p*-nitrobenzoksi)-benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on molekülünün geometrik, UV, IR ve NMR gibi spektroskopik özellikleri ve elektronik özellikleri teorik olarak B3LYP/6-311G(d,p) ve HF/6-311G(d,p) method ve temel setleri kullanılarak incelenmiştir. Öncelikle molekülün en kararlı yapısının ve minimum enerjili yapısının bulunabilmesi amacıyla, B3LYP ve HF metodları kullanılarak optimize edilmiştir. Optimize yapıdan yola çıkarak ¹H-NMR ve ¹³C-NMR kimyasal kayma değerleri GIAO metodu kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen teorik veriler deneysel değerler ile mukayese edilerek uyumlu

olduğu görülmüştür. Bulunan standart hata oranı $\delta \text{ calc} = a \delta \text{ exp} + b$ formülüne göre hesaplanmıştır. Teorik ve deneysel karbon ve proton kimyasal kayma oranları arasında a, b ve R değerine göre doğrusal bir korelasyon gözlenmiştir. N-H protonları hariç B3LYP/631G(d) (DMSO) ve HF/631G(d) (DMSO) metodlarına göre incelenen tüm bileşikler için hesaplanan ve deneysel olarak elde edilen değerler arasında bir uyum görülmüştür. Buna karşın, N-H protonları için hesaplanan değerler ile deneysel değerler arasında beklenenden daha yüksek bir fark ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni olarak da 4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on halkasındaki N-H protonunun asidik özellik taşıması gösterilebilir (Yüksek, 1992; Yüksek ve ark., 1997; Bahceci ve ark., 2002). İlavaten, molekülün en kararlı

yapısından titreşim frekansları hesaplandı. Yapılan analiz sonucunda hesaplanan frekanslar içerisinde negatif frekansa rastlanmamıştır. Bu sonuç elde ettiğimiz yapının kararlı bir yapı olduğunu göstermektedir. Teorik olarak hesaplanan IR frekanslarının titreşim türlerini belirleyebilmek için GaussView programında bulunan titreşim hareketlerinden ve Veda4f programından faydalanıldı. Teorik olarak hesaplanan titreşim frekansları uygun uyum faktörleriyle çarpılarak deneysel veriler ile uyumlu hale getirildi ve her iki yöntemle göre IR spektrumları elde edildi. Teorik IR spektrumları ile deneysel olarak elde edilen IR spektrumları ile mukayese edilmiştir. Bu karşılaştırma sonucu teorik bulguların deneysel verilerle ve literatürdeki benzer bileşiklerle ilgili yapılan benzer çalışmalarda elde edilen değerlerle uyumlu olduğu ortaya konmuştur (Lee, 1998; Akyıldırım ve ark., 2012a; Akyıldırım ve ark., 2012b; Gökçe ve ark., 2012; Kayalar, 2012; Gökçe ve ark., 2013). Optimizasyon sonucu elde edilen minimum enerjili geometrik yapıdan, molekülün bağ uzunlukları ve bağ açıları belirlendi. Teorik olarak incelenen molekülün bağ uzunluklarının deneysel verilerle uyumunu görmek için moleküldeki benzen halkalarının C-C bağ uzunlukları ile C-H bağ uzunluklarının literatürde kayıtlı deneysel verilerle karşılaştırılması yapılmıştır. Benzen halkasındaki C-C bağları 1.400 \AA ve C-H bağları 1.084 \AA olarak ölçülmüştür (Fessenden and Fessenden, 1986; İkizler,

1996). Molekülün benzen halkasına ait hesaplanan C-C bağ uzunlukları ortalaması DFT' ye göre 1.395 \AA , HF' ye göre 1.383 \AA ; C-H bağ uzunlukları ise DFT' ye göre 1.082 \AA , HF' ye göre 1.073 \AA olarak bulunmuştur. Sonuçlar irdelendiğinde fenil halkasına ait DFT' ye göre hesaplanan ortalama C-C bağ uzunluklarının literatürdeki ölçülen uzunlukla hemen hemen aynı olduğu, HF' ye göre hesaplanan ortalama uzunlukların ise literatürdeki deneysel değere çok yakın, ancak biraz daha düşük olduğu görülmüştür. Teorik bağ uzunluklarının incelenmesinden ilginç bir diğer sonuca daha varılmıştır. Molekülün B3LYP ve HF yöntemlerine göre hesaplanan bağ uzunlukları incelendiğinde C(2)-NH bağ uzunluklarının ortalaması B3LYP'ye göre 1.372 \AA , HF'ye göre 1.346 \AA olduğu görülmüştür. Literatürde verilen C-C Tek bağ uzunluğu, C=C çift bağ uzunluğu değerleri arasında olduğunu ortaya koymuştur ve N atomu üzerinde kalan elektron çifti karbonil gurubu ile rezonans sonucu delocalize olduğu göstermiştir (Fessenden and Fessenden, 1986; İkizler, 1996). Ayrıca, **1** tipi bileşiğin moleküler orbital enerjileri ve toplam enerjileri her iki metoda göre hesaplandı. Hesaplanan HOMO-LUMO enerji farkları ve bu enerji farklarından moleküler parametreler (**I**; İyonlaşma potansiyeli, **A**; elektron ilgisi, η ; moleküler sertlik, **S**; moleküler yumuşaklık ve χ ; elektronegatiflik) ve Mulliken atomik yük değerleri belirlendi.

KAYNAKLAR

- Akyıldırım O, Yüksek H, Gökçe H, Bahçeli S, 2012. "The molecular structure, spectroscopic properties and quantum chemical calculations of 1-acetyl-3-methyl-4-[3-methoxy-4-(4-methylbenzoxy)benzylidenamino]-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-ones molecule, 2nd International Conference on Computation for Science and Technology, 9-11 temmuz, Niğde.
- Akyıldırım O, Yüksek H, Gökçe H, Bahçeli S, 2012b. "1-Asetil-3-benzil-4-[3-metoksi-4-(4-metilbenzoksi)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1H-1,2,4-triazol-5-on Bileşiğinin Molekül Yapısı, Spektroskopik Özellikleri ve Kuantum Kimyasal Hesaplamaları", Fizik Günleri, 2012, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 26–28 Nisan.
- Apaydın F, 1991. Magnetik Rezonans, Hacettepe Üniversitesi, 3; 6-8.
- Bahçeci Ş, Yüksek H, Ocak Z, Köksal C, Özdemir M, 2002. "Synthesis and non-aqueous medium titrations of some new 4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one derivatives", Acta Chimica Slovenica, 49; 783-794.

- Becke AD, 1988. Density-functional exchangeenergy approximation with correct asymptotic behavior, Physical Review A, pp. 3098-3100.
- Beytur M, 2014. Bazı yeni beş üyeli heterosiklik bileşiklerin sentezi ve bazı özelliklerinin incelenmesi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 709s.
- Dennington R, Keith T, Millam J, 2009. GaussView, Version 5, Semichem Inc., Shawnee Mission KS.
- Frisch MJ, Trucks GW, Schlegel HB, Scuseria GE, Robb MA, Cheeseman JR, Scalmani G, Barone V, Mennucci B, Petersson G A, Nakatsuji H, Caricato M, Li X, Hratchian HP, Izmaylov AF, Bloino J, Zheng G, Sonnenberg JL, Hada M, Ehara M, Toyota K, Fukuda R, Hasegawa J, Ishida M, Nakajima T, Honda Y, Kitao O, Nakai H, Vreven T, Montgomery J A, Vreven TJ., Peralta JE, Ogliaro F, Bearpark M, Heyd JJ, Brothers E, Kudin N, Staroverov VN, Kobayashi R, Normand J, Raghavachari K, Rendell A, Burant JC, Iyengar SS, Tomasi J, Cossi M, Rega N, Millam JM, Klene M, Knox JE, Cross JB, Bakken V, Adamo C, Jaramillo J, Gomperts R, Stratmann RE, Yazyev O, Austin AJ, Cammi R, Pomelli CJ, Ochterski

- W, Martin LR, Morokuma K, Zakrzewski VG, Voth GA, Salvador P, Dannenberg JJ, Dapprich S, Daniels AD, Farkas O, Foresman JB, Ortiz JV, Cioslowski J, Fox D J, 2009. Gaussian Inc., (Wallingford, CT).
- Fessenden R J, Fessenden JS, 1986. "Organic Chemistry", Third Edition, Brooks, Cole Publishing Company, California.
- Fukui K. 1982, Role of Frontier Orbitals in Chemical Reactions, Science, pp. 747-754.
- Gans P, 1971. Vibrating Molecules. Chapman and Hall, 18-59 .
- Gökçe H, Bahçeli S, Akyıldırım O, Yüksek H, 2012. The molecular structure, spectroscopic properties and quantum chemical calculations of 3-methyl-4-[3-methoxy-4-(4-methylbenzoxy)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-ones molecule, 2nd International Conference on Computation for Science and Technology, PP-18, 9-11 temmuz 2012, Niğde.
- Gökçe H, Bahçeli S, Akyıldırım O, Yüksek H, Gürsoy Kol Ö, 2013. The Syntheses, Molecular Structures, Spectroscopic Properties (IR, Micro-Raman, NMR and UV-vis) and DFT Calculations of Antioxidant 3-alkyl-4-[3-methoxy-4-(4-methylbenzoxy)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one Molecules. Letters in Organic Chemistry, 10; 395-441.
- Gökçe H, Akyıldırım O, Bahçeli S, Yüksek H, Gürsoy Kol O, 2014. The 1-acetyl-3-methyl-4-[3-methoxy-4-(4-methylbenzoxy)benzilidenamino]-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one Molecule Investigated by a Joint Spectroscopic and Quantum Chemical Calculations Journal of Molecular Structure, 1056-1057; 273-284.
- Gümüş PH, Tamer Ö, Avcı D, Atalay Y, 2015. 4-(Metoksimetil)-1,6-dimetil-2-okso-1,2-dihidropiridin-3-karbonitril molekülünün teorik olarak incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3; 303-311.
- Gürsoy-Kol Ö, Yüksek H, 2010. Synthesis and In-vitro Antioxidant Evaluation of Some Novel 4,5-Dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one Derivatives. E-Journal of Chemistry, 7 (1): 123-136.
- İkizler AA, 1996. Organik Kimyaya Giriş, Dördüncü Baskı, KTÜ Basımevi, Trabzon, Türkiye, 398s.
- Jamróz MH, 2004. Vibrational Energy Distribution Analysis: VEDA 4 program, Warsaw.
- Jensen F, 1999. Introduction to Computational Chemistry, John Wiley & Sons Ltd., 26-38.
- Kayalar MT, 2012, Bazı 4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on türevlerinin spektroskopik özelliklerinin deneysel ve bilgisayar destekli teorik incelenmesi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Lee C, Yang W, R. Parr G, 1998. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density, Physical Review B, 785-789.
- Lee SY, 1998. Molecular Structure and Vibrational Spectra of Biphenyl in the Ground and the lowest Triplet States. Density Functional Theory Study", Bull. Korean chemical Society, 19 (1); 93-98.
- Merrick JP, Moran D, Radom L, 2007. An Evaluation of Harmonic Vibrational Frequency Scale Factors. Journal of Physical Chemistry A, 111 (45); 11683-11700.
- Mulliken RS, 1955. Electronic Population Analysis on LCAO-MO Molecular Wave Functions. Journal of Chemical Physics, 23; 1833-1840.
- Wolinski K, Hilton JF, Pulay P, 1990. Journal of the American Chemical Society, 112; 8251.
- Yüksek H, 1992. 3-Alkil(aril)-4-amino-4,5-dihidro-1,2,4-triazol-5-on'ların bazı reaksiyonlarının incelenmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Yüksek H, Gürsoy Ö, Çakmak İ, Alkan M, 2005a. Synthesis and GIAO NMR Calculation for Some New 4,5-Dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one Derivatives: Comparison of Theoretical and Experimental ¹H and ¹³C Chemical Shifts. Magnetic Resonance in Chemistry, 43; 585-587.
- Yüksek H, Çakmak İ, Sadi S, Alkan M, 2005b. Synthesis and GIAO NMR Calculations for Some Novel 4-Heteroarylidenamino-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one Derivatives: Comparison of Theoretical and Experimental ¹H and ¹³C Chemical Shifts. International Journal of Molecular Sciences, 6; 219-229.
- Yüksek H, Demirbaş A, İkizler A, Johansson CB, Çelik C, İkizler AA, 1997. "Synthesis and antibacterial activities of some 4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-ones", Arzneim.-Forsch/Drug Res., 47 (4): 405-409.

Isı Transferinde Isı Kayıplarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile İncelenmesi

Bekir ÇIRAK¹, Sabit KORCAK²

ÖZET: Bu çalışmada binalarda ısıtma için kullanılan kalorifer borularının yalıtımlı ve yalıtımsız durumları için iki ayrı yapay sinir ağı (YSA) modeli ve bina duvarlarının yalıtımlı ve yalıtımsız durumları için iki ayrı YSA modeli olmak üzere toplamda 4 ayrı model kullanılmıştır. Bu durumlar için tasarlanan YSA modellerinde 3 katmanlı ileri beslemeli ve geri yayımlı bir model şekli tercih edilmiştir. Gizli katmanda sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmıştır. YSA ağ topolojisi olarak geri yayımlı YSA topolojisi tercih edilmiş ve veriler normalize edilerek ağa sunulmuştur. Ağdan elde edilen sıcaklık değerleri gerçekte ölçülen sıcaklık değerleri ile mukayese edilmiş ve sonuçların birbirlerine çok yakın ve yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür. Bu şekilde 4 farklı iç model için YSA metodunun kullanımı, modellerin açıklayıcılık ve tahmin etme gücünü artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı kaybı, iç ve dış duvar, yalıtım, yapay sinir ağı

An Investigation With Artificial Neural Network Methods of Heat Loss in Heat Transfer

ABSTRACT: In this study, two artificial neural network model and two separate neural networks for insulated and uninsulated case of building walls insulated and uninsulated state of the heating pipes used for heating in studies in the building here (ANN) a total of 4 separate models are used to make the model. In this case, 3-layer feed-forward and back propagation neural network model in a model designed to have preferred shape. Sigmoid transfer function in the hidden layer and the output layer is used in the linear transfer function. ANN network topology is preferred as backpropagation neural network topology and data are presented normalized to the network. The temperature value is obtained from the network is compared with the actually measured temperature values are compared and the results were found to be very close to each other and the results were found to be sensitive enough. In this way, the use of artificial neural network method to four different internal models forecast increased the explanatory power of the model and predict.

Key Words: Artificial neural network, inside and outside wall, insulation, loss of heat

¹ Siirt Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği, Siirt, Türkiye

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Artvin, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Bekir ÇIRAK, bekircirak@mynet.com

GİRİŞ

Ülkelerin enerji politikalarında, enerji tasarrufu günümüzde önemli bir rol oynamaktadır. Gitgide azalan enerji kaynakları, fosil yakıtların kullanılması sonucu meydana gelen çevre kirliliği, kullanılan enerjinin büyük bir bölümünde dışa bağımlılık, enerji yakıt maliyetleri gibi nedenler enerjide tasarruf yapmayı mecbur kılmıştır.

Yurdumuzdaki enerji tüketiminin büyük bir kısmı, meskenlerde (binalarda) yeterince ısı yalıtımı olmaması nedeniyle ısının kaybolması şeklindedir. Enerji tüketiminin en az değerlere indirilmesi için binalara ulusal bir takım düzenlemeler getirilmesi bir zarurettir. Bu sebeple Türkiye’de bu tür ihtiyaçlar da dikkate alınarak 1999 yılında “Binalarda ısı yalıtım kuralları” (TS 825) tayin edilmiştir.

Çağın gelişimi beraberinde insanoğlunun ihtiyaçlarının çeşitlenerek artması ve bunun sonucunda çeşitlenerek artan ihtiyaçların enerjile karşılanması zaruri yetini doğurmuştur. İnsanoğlu dünyaya gelişinden itibaren enerjisi çeşitli şekillerde kullanmıştır. Başlangıçta ilk enerji kaynağı olarak kendi gücünden yararlanmış; daha sonra çeşitli hayvanlardan yararlanmış ve ateşi bulmasıyla ısınma sorununu çözmüştür. Bazı ev cihazlarından yararlanmak isteyenler, ısınmak, aydınlanmak ve ulaşım için enerji bir son tüketim malıdır. Üretim süreci boyunca mal ve hizmet üretmek için kullanıldığında ise bir ara tüketimdir.

Avrupa ülkelerinde enerji kaynakları diğer ülkelere göre daha azdır. Enerji kaynakları bakımından zengin olmak enerjiye çare değildir. Önemli olan enerji kaynaklarını en ekonomik ve en etkin kullanarak enerji sorununa çözüm bulabilmektir. Bu durum enerji tesisatlarının ve binaların yalıtımlarını ve izolasyonlarını gerektirir. Yalıtımla sağlanacak olan enerji tasarrufunun önemi giderek artmaktadır (Ültanır, 2013).

YSA’ları terimi beynin çalışma prensiplerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi düşüncesi sonucu ortaya çıkmıştır. Yapılan ilk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin veya diğer bir ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde arttırılmıştır. Gerçek dünya problemlerine uygulanabilir olması YSA’larının en önemli avantajlarından biridir (Wang and Malakooti, 1992). YSA’ları henüz insan beyninin hızına ulaşamamasına rağmen, beynin işleyiş

şeklinden yola çıkmış olması, karmaşık eşleştirmelerin hassas bir biçimde gerçekleştirilmesidir. Bu düşünce gün geçtikçe uygulama alanları arttırmaktadır (Flitman, 2004). Yapılan bir çalışmada tuğla duvardaki yalıtım hesaplarını YSA’ları ile incelemişlerdir (Keleşoğlu ve Fırat, 2006). Binalarda ısıtma için ithal kömür ve fuel oil kullanıldığında, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları ve buna bağlı olarak elde edilecek yıllık tasarruflar hesaplanmıştır (Gölcü ve ark., 2006). Isparta ve civar bölgelerinde binalarda duvar kaplama ve çatı döşemeleri için uygun değerlerde yalıtım kalınlıkları uygulanmış ve böylece bu uygulama sonucunda enerji tasarrufları sağlanmıştır. Binaların dış duvarlarındaki uygun değerlerde yalıtımın kalınlığı yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine bağımlı olarak incelemiştir (Bolattürk, 2006). Ülkemizin en soğuk üç şehri Kars, Erzincan ve Erzurum gibi iller için uygun değerlerde yalıtım kalınlıkları esas alınarak araştırmışlardır (Çomaklı ve Yüksel, 2003). Enerji tasarrufuna uygun değerlerde duvar yalıtım kalınlığının etkisi Edirne ilinde derece gün sayısı kullanarak incelemiştir (Öztuna ve Dereli, 2009).

MATERYAL VE YÖNTEM

Isı Transferi Ve Isı Yalıtımı

Günümüzde ısı transferinin teknik ve bilimsel ilkeler doğrultusunda oluşması istenir. Çünkü enerjinin bir parçası olarak ısının üretildiği kadar tüketilmesi ve en az kayıpla kullanılması gerekmektedir. Bina duvarlarına uygulanacak olan yalıtım, yağ emisyonlarını da önemli ölçüde düşürecektir (Karakoç ve ark., 1999).

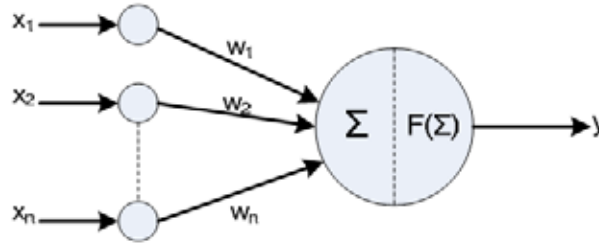
Yalıtım malzemesi, dış ortam ile iç ortam arasında ısı bağımsızlığını artıran, ısı kaçaklarını önleyen, günümüz ısı ekonomisinin temelini oluşturan hayati bir malzemedir. İç ortamın ısıtılmasında dengeli bir ısı oluşumu sağlayarak istikrarlı bir ısıtma sağlarlar. Bu konuda yalıtım malzemesinin cinsi ne olursa olsun ısı geçirgenlik katsayısı ve yalıtım gücü önemlidir.

Yalıtımın yanı sıra binalarda duvarı oluşturan kalınlıklar ve tesisatlarda boru kalınlıklarını oluşturan kaplama ve malzeme yapısı da önemlidir. Ayrıca ısıtma borularının geçtikleri ortam sıcaklıkları da dikkate alınmalıdır. Binaların dış cephelerine yalıtım yaparak ısı kazanç değerleri ile ısı kaybı değerlerinde büyük ölçüde kazanç sağlanmış olur. Böylece enerji tasarrufu açısından yalıtım kalınlığının en uygun hangi

değerlerde olması gerektiği belirlenmiş olur (Karakoç ve ark., 1999).

Yapay Sinir Ağları

YSA, beynimizdeki nöronlara benzer bir biçimde meydana getirilen yapay nöronların değişik geometri bağlantıları ile birbirlerine bağlanmasıyla meydana gelen sistemlerdir. Şekil 1'de gösterilen bir sinir



Şekil 1. Nöronun yapısı

Çok katmanlı sinir ağı

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemin esas özelliği olan doğrusal ayrılama özelliğine sahip problemler için çok katmanlı YSA'ları kullanılır. Geri yayılımda en çok kullanılan algoritma, en küçük hata kareleri ortalaması öğrenme algoritmasıdır. BPLMS öğrenme algoritması, elde edilen gerçek çıktı ile problemin çözümünde istenilen çıktı arasındaki hata kareleri ortalamasını ağırlıklarını kullanarak en aza indirgeyen algoritmadır. YSA parametrelerinin güncellenmesinde en fazla kullanılan metot ise hata geriye yayma metodudur (Şahin, 2001).

YSA modelinin eğitimi ve performansı

Gerçek çıktı değerleri ile YSA modelinin oluşturduğu çıktı değerleri arasındaki hata miktarının azlığı YSA modelinin performansını belirler. Hata miktarlarının analizinde kullanılan istatistiksel değerler üç tanedir. Bunlar RMS, R² ve OYH değeri olup burada RMS istatistiksel hata miktarını, R² mutlak değişim yüzdesini ve OYH ise ortalama yüzde hata değerlerini temsil eder. Hata miktarları çentik faktörünün çıktı değerine göre aşağıdaki formüllerle hesaplanır (Wang and Archer, 1993).

$$RMS = \left[\frac{1}{p} \sum_j |t_j - o_j|^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_j (t_j - o_j)^2}{\sum_j (o_j)^2} \right] \quad (2)$$

$$OYH \% = \frac{\sum_j \left(\frac{t_j - o_j}{t_j} \times 100 \right)}{p} \quad (3)$$

Burada, t hedef değer, o çıktı değeri ve p ise numunedir.

YSA modelinde test

Eğitime işlemleri bittikten sonra YSA modelinden

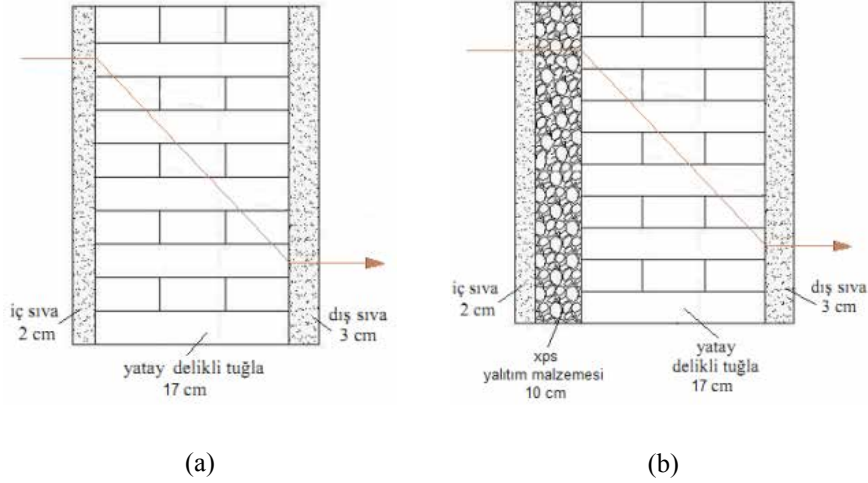
elde edilen sonuçlar hesaplanan sonuçları ile istatistiksel hata miktarına göre Microsoft Excel'de karşılaştırılır. Eğitim ve test verilerinin performansı istatistiksel hata analizlerinde birlikte değerlendirilir (Wang and Archer, 1993).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yalıtımsız Ve Yalıtımlı Duvar Yapısı

Yalıtımlı ve yalıtımsız duvarlar için iklim koşulları göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalarda, iç ortam sıcaklığı 20°C, dış ortam

sıcaklığı -8°C seçilmiştir. Yalıtımsız duvar bileşenleri, 2 cm kalınlığında iç sıva, 17 cm kalınlıkta yatay delikli tuğla ve 3 cm kalınlığında dış sıvadan meydana gelmektedir. Şekil 2-a' da uygulamalarda kullanılan yalıtımsız duvar yapısı görülmektedir.

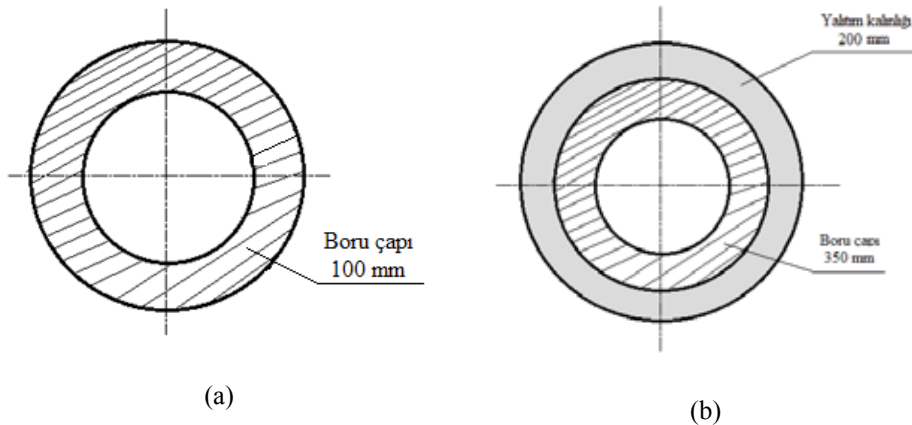


Şekil 2. (a) Yalıtımsız duvar yapısı, (b) Yalıtımlı duvar yapısı

Şekil 2-b'de ise yalıtımlı duvar bileşenleri görülmektedir. Şekil 2-b'den de görüldüğü gibi yalıtımlı duvar bileşenleri; 0,02 m kalınlıkta iç sıva, 0,10 m kalınlıkta xps yalıtım malzemesi, 0,17 m kalınlıkta yatay delikli tuğla ve 0,03 m kalınlıkta dış sıvadan meydana gelmektedir.

Yalıtımsız Ve Yalıtımlı Boru Yapısı

Şekil 3-a'da yalıtımsız boru yapısı görülmektedir. Burada yalıtımsız borudaki boru çapı 100 mm kalınlıkta, boru iç sıcaklığı 150°C ve dış ortam sıcaklığı 15°C değerleri alınmıştır. Şekil 3-b'de ise yalıtımlı boru yapısı görülmektedir.



Şekil 3. (a) Yalıtımsız boru yapısı, (b) Yalıtımlı boru yapısı

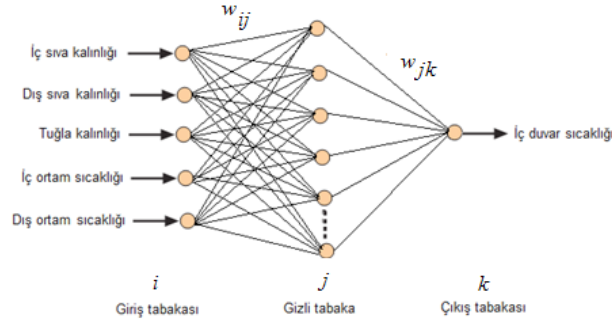
Bu uygulama ise 0,35 m kalınlıkta boru çapı, boru sıcaklığı 250°C ve dış ortam sıcaklığı 15°C olan bir

boru 0,20 m kalınlığındaki bir yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır.

Yalıtımsız Ve Yalıtımlı Duvar İçin YSA

Şekil 4’ de görüldüğü gibi ara katmanda 9 adet yapay nöron kullanılmıştır. İç duvar sıcaklığı ise ağın çıkışıdır. Çizelge 1’de görüldüğü gibi çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek en doğru sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu çalışma için

yapılan denemeler neticesinde 9 nörondan meydana gelen bir ara katman belirlenmiş ve bu belirlenen katmanda, 0.979’luk momentum katsayısı ve 0.85’lik öğrenme oranı değerleri kullanılmıştır. Bu durumda ağ’da elde edilen sonuçlar daha uygun olmuştur.



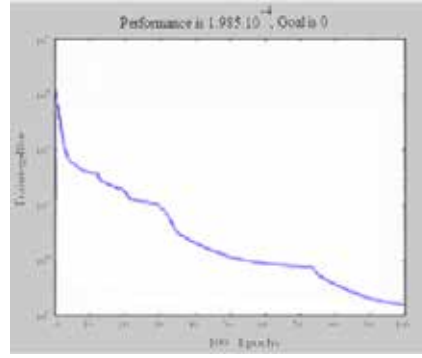
Şekil 4. Yalıtımsız duvar için YSA modeli ağ yapısı

Çizelge 1. Yalıtımsız duvar için YSA’da kullanılan eğitim ve test değerler

UYGULAMA NO		1-a					
UYGULAMA ADI		Yalıtımsız Duvar					
No	Giriş					Çıkış	YSA
	İç Sıva Kalınlığı (m)	Dış Sıva Kalınlığı (m)	Tuğla Kalınlığı (m)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Duvar Sıcaklığı (°C)	
1	0.01	0.03	0.15	18	-6	8.5	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.015	0.01	0.19	20	-8	10.5	
3	0.02	0.025	0.17	19	-9	18.5	
4	0.015	0.015	0.19	22	-7	12.54	
5	0.01	0.03	0.15	21	-10	14.5	
6	0.02	0.02	0.17	18	-8	16.5	
54	0.015	0.025	0.19	19	-9	18.5	
55	0.02	0.01	0.15	21	-7	20	
56	0.01	0.015	0.17	20	-8	19.5	
57	0.015	0.02	0.19	22	-10	18	
58	0.02	0.025	0.17	21	-9	19	
59	0.01	0.015	0.15	19	-6	10.5	
60	0.015	0.03	0.19	18	-8	8.5	

Şekil 5’de bu ağın iterasyona bağlı hata değişim grafiği verilmektedir. Şekil 5 incelendiğinde yapılan

YSA modelinin performansının çok daha iyi olduğu görülmektedir.



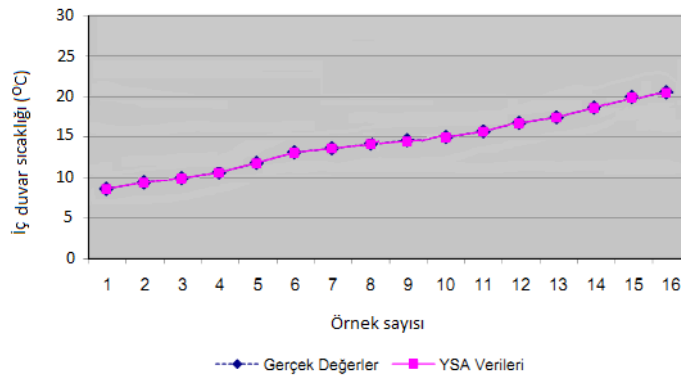
Şekil 5. Yalıtımsız duvar için YSA performans grafiği

Çizelge 2’ de görüldüğü gibi (1), (2) ve (3) denklemleri ile hesaplanan RMS değerleri çok düşük olduğu, R^2 değeri 1’e çok yakın olduğu ve OYH değerinin ise düşük olduğu görülmektedir. Şekil

6’daki grafikte gerçek değerler ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Yalıtımsız duvar için YSA hata miktarları

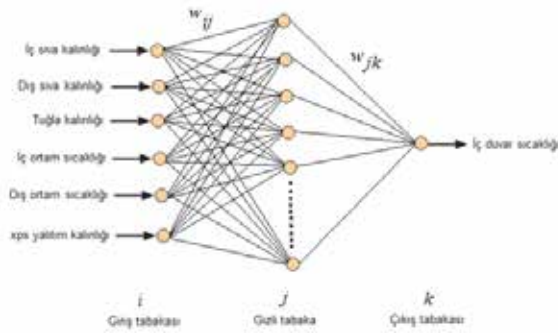
Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
8.500	8.515	0.000155	0.998238	0.001649
10.500	10.510	0.000270	0.999779	0.022123
12.500	12.520	0.002652	0.998238	0.175855
14.500	14.495	0.002706	0.998136	0.186020
16.500	16.490	0.000834	0.999407	0.059229
17.00	17.058	0.002652	0.999749	0.186020
18.00	18.072	0.000944	0.999391	0.060891
18.500	18.500	0.001729	0.999779	0.143873
19.00	19.030	0.001504	0.998559	0.125336
20.00	20.105	0.000155	0.999910	0.009037



Şekil 6. Yalıtımsız duvar yapısı için iç duvar sıcaklığının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

Problem için 1 giriş, 1 ara ve 1 çıkış katmanı bulunan geri yayımlı YSA modeli kullanılmıştır. Şekil 7’de girdi katmanında 6 işlem elemanı bulunmaktadır.

Ara katmanda ise 9 adet yapay nöron kullanılmıştır. Yalıtımlı duvarın iç duvar sıcaklığı ise ağır çıkışıdır (Elmas, 2003).



Şekil 7. Yalıtımlı duvar için YSA modeli ağ yapısı

Çizelge 3. Yalıtımlı duvar için YSA' da kullanılan eğitim ve test değerleri

UYGULAMA NO		1-b						
UYGULAMA ADI		Yalıtımlı Duvar						
No	Giriş						Çıkış	YSA
	İç Sıva Kalınlığı (m)	Dış Sıva Kalınlığı (m)	xps Yalıtım Kalınlığı (m)	Tuğla Kalınlığı (m)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Duvar Sıcaklığı (°C)	
1	0.01	0.03	15	0.15	18	-6	13	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.015	0.01	17	0.19	20	-8	17.67	
3	0.02	0.025	16	0.17	19	-9	21.9	
4	0.015	0.015	15	0.19	22	-7	25.74	
5	0.01	0.03	18	0.15	21	-10	15.73	
6	0.02	0.02	19	0.17	18	-8	16.45	
54	0.015	0.025	16	0.19	19	-9	18.67	
55	0.02	0.01	18	0.15	21	-7	27.73	
56	0.01	0.015	17	0.17	20	-8	23.69	
57	0.015	0.02	19	0.19	22	-10	30.01	
58	0.02	0.025	15	0.17	21	-9	19.39	
59	0.01	0.015	2051	0.15	19	-6	15.78	
60	0.015	0.03	2050	0.19	18	-8	17.97	

Çizelge 3'de ağın girdi elemanlarına rastgele değerler verilerek elde edilen eğitim ve test setinde 60 adet örnek mevcuttur. Burada çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denemeler yapılarak en doğru sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde 9 nörondan meydana gelen bir ara katman uygun görülmüştür. Burada 0.979'luk momentum

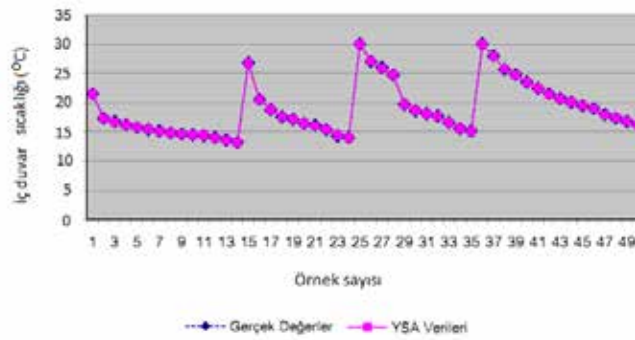
katsayısı ve 0.85'lik öğrenme oranı değerleri alınmış ve bu değerlerde ağ daha uygun sonuçlar vermiştir. YSA'ı eğitip test ettikten sonra, problem için verilen değerler ağa verilirse elde edilen iç yüzey sıcaklığı 19.80°C olarak bulunur. Bu problemin sayısal çözümü sonucunda elde edilen iç yüzey sıcaklığı ise 19.82°C sıcaklığındadır.

Çizelge 4. Yalıtımlı duvar için YSA hata miktarları

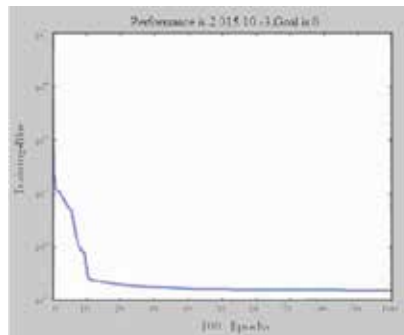
Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R ²	OYH
13.00	13.10	0.002652	0.999749	0.186020
15.730	15.805	0.000944	0.999391	0.060891
17.760	17.681	0.001729	0.998745	0.175855
19.390	19.989	0.002706	0.998136	0.143873
21.900	21.910	0.000834	0.999407	0.059229
23.690	23.645	0.000155	0.998238	0.001649
25.740	25.751	0.000270	0.999779	0.022123
27.730	27.742	0.000028	0.998559	0.009037
19.00	19.030	0.001504	0.999910	0.125336
30.01	30.00	0.000322	0.999984	0.025063

Çizelge 4 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının çok daha iyi olduğu görülebilir. Burada RMS değerleri çok düşük değerde, R² değeri 1'e oldukça yakın bir değerde ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir.

Şekil 8'de, gerçek sıcaklık değerleri ile YSA modelinden elde edilen sıcaklık değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu YSA'nın iterasyon bağlı hata değişimi ve performans grafiği Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 8. Yalıtımlı duvar yapısı için iç duvar sıcaklığının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

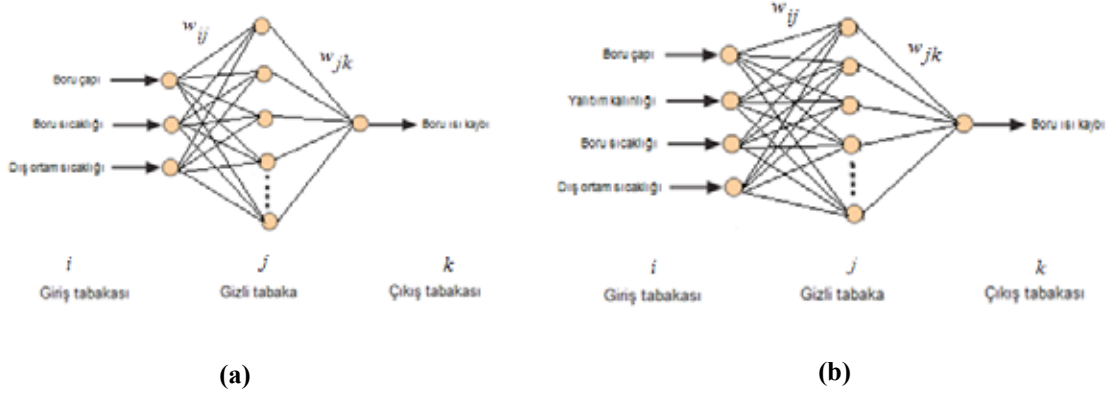


Şekil 9. Yalıtımlı duvar için YSA performans grafiği

Yalıtımsız ve Yalıtımlı Boru Yapısı için YSA

Şekil 10-a'da görüldüğü gibi yalıtımsız boru yapısı

için kullanılan YSA modelinde 3 girdi, 1 çıktı ve 7 adet nörondan oluşan 1 gizli katman kullanılmaktadır.



Şekil 10. (a) Yalıtımsız boru için YSA modeli ağ yapısı, (b) Yalıtımlı boru için YSA modeli ağ yapısı

Şekil 10-b'de görüldüğü gibi yalıtımlı boru yapısı için kullanılan YSA modelinde ise 4 girdi, 1 çıktı ve 8 adet nörondan oluşan 1 gizli katman kullanılmaktadır. Yalıtımsız boru için YSA'da kullanılan eğitim ve test değerleri Çizelge 5'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre verilen eğitim setinin uygulanmasına göre borudaki

ısı kaybı 2000.010 kcal mh^{-1} elde edilmiştir. Bu problemin çözümü sonucunda ise borudaki ısı kaybı 2000 kcal mh^{-1} olarak elde edilmiştir (Çırak, 2014). Elde edilen bu iki sonuç karşılaştırıldığında YSA modelinden oldukça iyi hassasiyette bir sonuç elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 5. Yalıtımsız boru için YSA'da kullanılan eğitim ve test değerleri

UYGULAMA NO		2-a			
UYGULAMA ADI		Yalıtımsız Boru			
No	Giriş			Çıkış	YSA
	Boru Çapı (m)	Boru Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Boru Isı Kaybı (Kcal/mh)	
1	0.05	300	10	500	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.15	150	15	1500	
3	0.2	225	20	2000	
4	0.25	300	25	1000	
5	0.05	375	30	2500	
6	0.1	75	15	3000	
54	0.2	225	20	1500	
55	0.25	75	30	2500	
56	0.15	150	10	1000	
57	0.1	375	25	3500	
58	0.25	300	15	1500	
59	0.15	225	30	500	
60	0.2	375	20	3000	

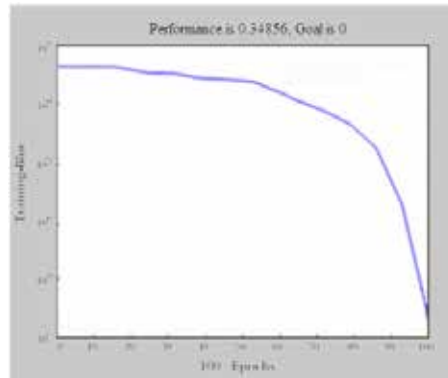
Yalıtımlı boru için YSA modelinde kullanılan eğitim ve test değerleri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Yalıtımlı boru için YSA’da kullanılan eğitim ve test değerleri

UYGULAMA NO		2-b				
UYGULAMA ADI		Yalıtımlı Boru				
No	Giriş			Çıkış		YSA
	Boru Çapı (m)	Yalıtım Kalınlığı (m)	Boru Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Boru Isı Kaybı (Kcal/mh)	
1	0.45	0.1	300	10	50	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.5	0.3	150	15	150	
3	0.4	0.15	250	20	75	
4	0.25	0.2	300	25	100	
5	0.35	0.25	350	5	125	
6	0.25	0.35	200	15	100	
54	0.3	0.25	200	20	150	
55	0.25	0.1	250	5	75	
56	0.45	0.35	150	10	50	
57	0.3	0.15	350	25	100	
58	0.25	0.3	300	15	150	
59	0.35	0.2	200	5	125	
60	0.4	0.1	150	20	75	

Bu problemde 0.8 öğrenme oranı ve verilen eğitim setinin uygulanması neticesinde elde edilen yalıtımlı borunun ısı kaybı 100.029 Kcal mh⁻¹ olarak elde edilmiştir. Bu problemin çözümü sonucunda yalıtımlı

borunun ısı kaybı ise 100.034 Kcal mh⁻¹ elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yeterli hassasiyette yaklaşıldığı görülmüştür. Şekil 13’de bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi verilmektedir.



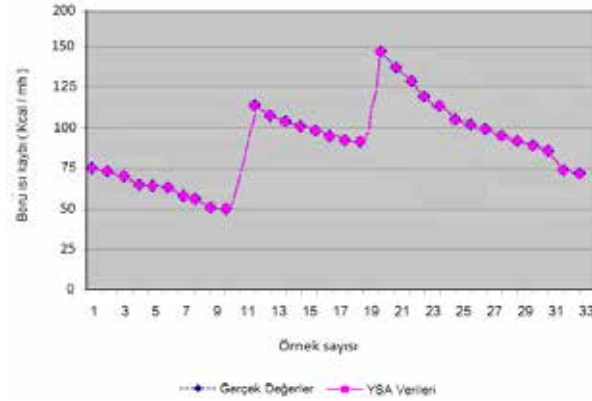
Şekil 13. Yalıtımlı boru için YSA performans grafiği

Yalıtımlı boru için YSA modeli ağ yapısının test 8'de verilmiştir. Burada yapılan YSA modelinin dataları ve test sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge performansının oldukça iyi olduğu görülebilir.

Çizelge 8. Yalıtımlı boru için YSA hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R ²	OYH
50.024	50.078	0.000834	0.999407	0.059229
75.00	75.020	0.000155	0.998238	0.001649
100.034	100.029	0.002652	0.998238	0.175855
125.078	125.093	0.002706	0.998136	0.186020
150.038	150.084	0.000834	0.999407	0.059229
150.00	150.029	0.000322	0.999749	0.025063
125.010	125.027	0.000270	0.999779	0.022123
100.00	100.015	0.000028	0.998559	0.009037
75.013	75.018	0.001504	0.998745	0.125336
50.00	50.016	0.000155	0.999910	0.009037

Şekil 14'deki grafik incelendiğinde, gerçek modelinden elde edilen değerlerin birbirine oldukça yalıtımlı boru ısı kaybı değerleri ile YSA yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 14. Yalıtımlı boru yapısı için ısı kaybının YSA verileri ile gerçek verilerin karşılaştırılması

SONUÇ

Bu çalışmanın yalıtımlı ve yalıtımsız duvar uygulamasında, duvardaki ısı kaybının araştırılması için iki ayrı YSA modeli kullanılmıştır. Duvar, iç sıva, dış sıva, yalıtım malzemesi kalınlık değerleri ile iç ve dış

ortam sıcaklıkları giriş değerleri olarak tanımlanmış; iç duvar sıcaklığı ise çıkış değeri olarak ağa sunulmuştur. Yalıtımlı ve yalıtımsız boru uygulamasında ise borudaki sıcaklık ve boru çapına bağlı olarak oluşan ısı kaybı incelenmiştir. YSA modeli kurularak yapılan

bu çalışmada elde edilen değerlerde yaklaşık ve hassas sonuçlara ulaşılmıştır. Diğer bir ifadeyle rastgele ve periyodik zaman aralığı içinde borulardan alınan ve

lineer olmayan parametreler ile YSA modelinden alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve birbirine çok yakın değerler tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Bolattürk A, 2006. Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26: 1301–1309.
- Cırac B, Kozan R, 2009. Prediction of the Coating Thickness of Wire Coating Extrusion Processes Using ANN. *Journal of Modern Applied Science*, 3: 52-67 p.
- Çırac B, 2014. Plastik Boru Üretimi Prosesinde Ekstrüzyon parametrelerinin YSA ile incelenmesi. *DİCLE Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3: 33-42.
- Çomaklı K, Yüksel B, 2003. Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. *Applied Thermal Engineering*, 23: 473-479.
- Elmas Ç, 2003. Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 27-31 s.
- Flitman AM, 2004. Towards probabilistic footy tipping: A hybrid approach utilising genetically defined neural networks and linear programming. *Computer & Operating Research*, 33: 2003-2022.
- Gölcü M, Dombaycı A, Abalı S, 2006. Denizli için optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve sonuçları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21: 639-644.
- Karakoç TH, Binyıldız E, Turan O, 1999. Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı. ODE Teknik Yayınları No:G20, İstanbul, s.34-39 s.
- Keleşoğlu Ö, Fırat A, 2006. Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18: 133-141.
- Öztuna S, Dereli E, 2009. Edirne ilinde optimum duvar yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi. *Trakya Üniversitesi Journal Science*, 10: 139-147.
- Şahin ŞÖ, 2001. Yapay sinir ağları yardımı ile dinamik bir senaryo analizi. *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s.79-82
- Ültanır MÖ, 2013, İstanbul. 21. Yüzyıla Girenken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. *TÜSİAD Yayınları*, Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239.
- Wang J, Malakooti B, 1992. A Feedforward neural network for multiple criteria decision making. *Computers & Operations Research*, 19: 151-167.
- Wang S, Archer NP, 1993. A neural network technique in modelling multiple criteria multiple person decision making. *Computers Operations Research*, 21: 127-142 p.

The Dynamics of Thirring Optical Solitons by Kerr Law Nonlinearity

Ebru CAVLAK ASLAN¹

ABSTRACT: This article studies the dynamics of thirring optical solitons. Jacobi elliptic functions is considered for exact solutions and nonlinearity is described by Kerr law. As a result, the singular solutions with Dark and Bright optical solitons are obtained.

Key words: Optical soliton, Dark soliton and Bright soliton



Kerr Law Lineer Olmayanlık ile Thirring Optikal Solitonların Dinamikleri

ÖZET: Bu makalede Thirring optikal solitonların dinamiği çalışıldı. Tam çözümler için Jacobi eliptik fonksiyonlar düşünüldü ve lineer olmayanlık Kerr law ile tanımlandı. Sonuçta, Dark ve Bright optikal solitonlar ile tekil çözümler elde edildi

Anahtar Kelimeler: Optikal soliton, Dark soliton ve Bright soliton

¹ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik, Elazığ, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ebru CAVLAK ASLAN, ebrucavlak@hotmail.com

INTRODUCTION

Solitary waves that are nonlinear waves, arise from a balance between nonlinear transmission and scattering terms. The discovery of solitons dates back to 1834 (Kivshar and Agrawal, 2003; Biswas, 2009; Sassaman and Biswas, 2010; Biswas, 2010; Biswas et al., 2013; Mirzazadeh et al., 2015). The discovery of optical solitons that are dates back to 1971. Optical solitons are interesting subject in optical fiber communication because of their capability of propagation over long distance without attenuation and change in shapes. In 1971, Zhakarov and Shabat were the first to show the nonlinear Schrödinger equation (NLSE) which

describes propagation in a fiber by the inverse scattering theory (Zakharov and Shabat, 1972; Tang et al., 2014; Agrawal et al., 2015; Krishnan et al., 2015; Sardar et al., 2016). The NLSE that gives the phase shift of the wave used to model wave packets in diverse fields of science such as hydrodynamics, nonlinear optics, nonlinear acoustic, plasma waves and bio-molecular dynamics (Kivshar and Agrawal, 2003). In later years, many scientists interested in Dark and Bright optical solitons (Tang et al., 2014; Agrawal et al., 2015).

In section 2 of this study, we will consider the dynamics of Thirring optical soliton is studied with Jacobi elliptic function.

MATHEMATICAL ANALYSIS

The dynamics of thirring solitons is governed by coupled nonlinear Schrödinger equations (CNLSE) and

is given by (Guzman et al., 2015)

$$i \psi_t + a_1 \psi_{xx} + b_1 \psi_{xt} + c_1 |\mu|^2 \psi = 0 \quad (1)$$

$$i \mu_t + a_2 \mu_{xx} + b_2 \mu_{xt} + c_2 |\psi|^2 \mu = 0 \quad (2)$$

From Eqs.(1)-(2),

$$\psi(x, t) = P_1(x, t) e^{i\phi_1} \quad (3)$$

$$\mu(x, t) = P_2(x, t) e^{i\phi_2}. \quad (4)$$

This, ϕ for $i=1,2$ as

$$\phi_i(x, t) = -k_i x + w_i t + \theta_i \quad (5)$$

where k is the soliton frequency, w is the soliton wave number and θ is the phase constant. Substituting

(3) and (4) into (1) and (2) and equating the real and imaginary parts yields. The real parts

$$a_i \frac{\partial^2 P_i}{\partial x^2} + b_i \frac{\partial^2 P_i}{\partial x \partial t} + (b_i k_i w_i - w_i - a_i k_i^2) P_i + c_i P_i P_j^2 = 0 \quad (6)$$

where $j=3-i$ and imaginary parts

$$(1 - b_i k_i) \frac{\partial P_i}{\partial t} + (w_i b_i - 2a_i k_i) \frac{\partial P_i}{\partial x} = 0. \quad (7)$$

\mathbb{P} is follows

$$\mathbb{P}(x, t) = g(x - vt) \tag{8}$$

where v is the velocity, g is the functional form of the wave profile. Thus from real and imaginary parts obtained v . Thus (7) lead to

$$v = \frac{w_i b_i - 2a_i k_i}{1 - k_i b_i} \tag{9}$$

From equation (9),

$$k_i b_i \neq 1 \tag{10}$$

and

$$(1 - b_2 k_2)(w_1 b_1 - 2a_1 k_1) = (1 - b_1 k_1)(w_2 b_2 - 2a_2 k_2) \tag{11}$$

Hence, the cNLSE will be considered for the following cases of Kerr law.

Dark Optical Solitons

We suppose that \mathbb{P}_1 and \mathbb{P}_2 are as

$$\mathbb{P}_1(x, t) = A_1 sn^{p_1}(\delta, l) \tag{12}$$

$$\mathbb{P}_2(x, t) = A_2 sn^{p_2}(\delta, l) \tag{13}$$

with

$$\delta = B(x - vt) \tag{14}$$

where A is the amplitude, B is the inverse width of the soliton and l is the modulus of jacobi elliptic function. Substituting (12) and (13) equations into (6) yields

$$\begin{aligned} & (a_i p_i (p_i - 1) - b_i p_i (p_i - 1)v) A_i B^2 sn^{p_i-2} + (-a_i p_i (p_i + l - l^2 + p_i l^2) B^2 \\ & + b_i v p_i^2 (1 + l^2) B^2 + b_i k_i w_i - a_i k_i^2 - w_i) A_i sn^{p_i} + (a_i p_i l (1 + p_i l) \\ & - b_i v p_i l^2 (1 + p_i)) A_i B^2 sn^{p_i+2} + c_i A_i A_j^2 sn^{p_i+2p_j} = 0. \end{aligned} \tag{15}$$

Now, from (15) equating exponent $(p_i + 2, p_i + 2p_j)$ lead to

$$p_1 = p_2 = 1. \quad (16)$$

In Eq.(15) setting the coefficients of terms to zero, from (15) we obtain

$$w_i = \frac{1}{1-b_i k_i} \{-a_i k_i^2 + B^2(-a_i(1+l) + b_i v(1+l^2))\} \quad (17)$$

and

$$B = \left(\frac{-c_i A_j^2}{a_i l(1+l) - 2b_i v l^2} \right)^{1/2}. \quad (18)$$

As a result, solutions of the equation system (1-2) are given as

$$\psi(x, t) = A_1 \operatorname{sn}[B(x - vt), l] e^{i\phi_1}, \quad (19)$$

$$\mu(x, t) = A_2 \operatorname{sn}[B(x - vt), l] e^{i\phi_2}, \quad (20)$$

where the relation between the amplitude A and the inverse width B is given in (18), the wave number w is given by (17). When the modulus $l \rightarrow 1$ in (19) and (20), occurs dark optical soliton solutions as

$$\psi(x, t) = A_1 \operatorname{tanh}[B(x - vt), l] e^{i\phi_1}, \quad (21)$$

$$\mu(x, t) = A_2 \operatorname{tanh}[B(x - vt), l] e^{i\phi_2}, \quad (22)$$

when $l \rightarrow 1$, the wave numbers of the solitons and width are given by

$$w_i = \frac{1}{1-b_i k_i} \{-a_i k_i^2 + 2B^2(-a_i + b_i v)\} \quad (23)$$

and

$$B = \left(\frac{-c_i A_j^2}{2a_i - 2b_i v} \right)^{1/2} \quad (24)$$

respectively. Also, from (24) Eq. are connected to the following limitations

$$c_i A_j^2 (2a_i - 2b_i v) < 0 \quad (25)$$

and

$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{c_1(a_2 - b_2 v)}{c_2(a_1 - b_1 v)} \right)^{1/2}. \tag{26}$$

Bright Optical Solitons

In Eqs.(1)-(2) equations by Kerr law, we suppose that P_1 and P_2 are as follows

$$P_1(x, t) = A_1 sn^{p_1}(\delta, l) \tag{27}$$

$$P_2(x, t) = A_2 sn^{p_2}(\delta, l) \tag{28}$$

with

$$\delta = B(x - vt) \tag{29}$$

Substituting (27)-(28) into (6) yields

$$\begin{aligned} & (-a_i p_i (p_i - 1)(l^2 - 1) - b_i v p_i (p_i - 1)(1 - l^2)) A_i B^2 c n^{p_i - 2} \\ & + (a_i p_i (-p_i + l - l^2 + 2p_i l^2) B^2 + b v p_i^2 (1 - 2l^2) B^2 + b_i k_i w_i - a_i k_i^2 - w_i) A_i c n^{p_i} \\ & (-a_i p_i l (1 + p_i l) + b_i p_i v l^2 (1 + p_i)) A_i B^2 c n^{p_i + 2} + c_i A_i A_j^2 c n^{p_i + 2p_j} = 0. \end{aligned} \tag{30}$$

In this last equation, $(p_i + 2p_j, p_i + 2)$ lead to

$$p_1 = p_2 = 1. \tag{32}$$

Similarly to the Dark optical soliton solutions, from the coefficients of

$$w_i = \frac{1}{1 - b_i k_i} \{ (a_i (l^2 + l - 1) + b_i v (1 - 2l^2)) B^2 - a_i k_i^2 \} \tag{33}$$

and

$$B = \left(\frac{-c_i A_j^2}{2b_i v l^2 - a_i l (1+l)} \right)^{1/2}. \tag{34}$$

Thus, solutions of the equation system (1-2) are given by

$$\psi(x, t) = A_1 cn[B(x - vt), l] e^{i\theta_1}, \tag{35}$$

$$\mu(x, t) = A_2 cn[B(x - vt), l] e^{i\phi_2}, \quad (36)$$

From Eqs. (35)-(36), we obtain following bright optical soliton solutions as the modulus $l \rightarrow 1$

$$\psi(x, t) = A_1 \operatorname{sech}[B(x - vt), l] e^{i\phi_1}, \quad (37)$$

$$\mu(x, t) = A_2 \operatorname{sech}[B(x - vt), l] e^{i\phi_2}, \quad (38)$$

when $l \rightarrow 1$, and B are given by

$$w_i = \frac{1}{1 - b_i k_i} \{(a_i - b_i v) B^2 - a_i k_i^2\} \quad (39)$$

and

$$B = \left(\frac{-c_i A_j^2}{2b_i v - 2a_i} \right)^{1/2} \quad (40)$$

respectively. Also, from (40) Eq. are connected to the following limitations

$$c_i A_j^2 (2b_i v - 2a_i) > 0 \quad (41)$$

and

$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{c_1 (b_2 v - a_2)}{c_2 (b_1 v - a_1)} \right)^{1/2}. \quad (42)$$

Singular Solutions

Let, in the form

$$P_1 = \frac{A_1}{sc^{p_1}(\delta, l)} \quad (43)$$

and

$$P_2 = \frac{A_2}{sc^{p_2}(\delta, l)}. \quad (44)$$

Substituting (43) and (44) into (6) yield

$$\begin{aligned} & (-a_i + b_i v) p_i (-1 - p_i) A_i B^2 sc^{-2-p_i} + ((-a_i + b_i v) p_i^2 (l^2 - 2) B^2 + b_i k_i w_i - a_i k_i^2 \\ & - w_i) A_i sc^{-p_i} + (-a_i + b_i v) p_i (1 - p_i) (1 - l^2) A_i B^2 sc^{2-p_i} \\ & + c_i A_i A_j^2 sc^{-p_i - 2p_j} = 0. \end{aligned} \quad (45)$$

From this equation is as

$$p_1 = p_2 = 1. \tag{46}$$

From coefficients of

$$w_i = \frac{1}{1-b_i k_i} \{((-a_i + b_i v)(l^2 - 2))B^2 - a_i k_i^2\} \tag{47}$$

and

$$B = \left(\frac{c_i A_j^2}{2b_i v - 2a_i} \right)^{1/2}. \tag{48}$$

In the same way from

$$\psi(x, t) = A_1 cs[B(x - vt), l] e^{i\theta_1}, \tag{49}$$

$$\mu(x, t) = A_2 cs[B(x - vt), l] e^{i\theta_2}. \tag{50}$$

Here, while $l \rightarrow 1$ from (45)

$$w_i = \frac{1}{1-b_i k_i} \{(-a_i + b_i v)B^2 - a_i k_i^2\} \tag{51}$$

and singular solutions are given by

$$\psi(x, t) = A_1 csch[B(x - vt), l] e^{i\theta_1}, \tag{52}$$

$$\mu(x, t) = A_2 csch[B(x - vt), l] e^{i\theta_2}. \tag{53}$$

By using (48) equation as

$$c_i A_j^2 (2b_i v - 2a_i) < 0. \tag{54}$$

CONCLUSIONS

In this article, we investigated Jacobi elliptic function solutions of (1)-(2) equations system. The Optical soliton solutions are obtained of Eqs.(1)-(2)

with Kerr law nonlinearity of Jacobi elliptic functions. Thus, dark and bright optical solitons and singular solutions are presented when $l \rightarrow 1$.

REFERENCES

- Agarwal P, Ray A, Chowdhury AR, 2015. Properties of Optical Soliton in a Three Level Medium with Quantic Nonlinearity. *International Journal of Physics*, 3(2): 45-51.
- Biswas A, Kara AH, Bokhari AH, Zaman FD, 2013. Solitons and conservation laws of Klein-Gordon equation with power law and log law nonlinearities. *Nonlinear Dynamics*, 73(4): 2191-2196.
- Biswas A, 2009. Solitary wave solution for KdV equation with power-law nonlinearity and time-dependent coefficients. *Nonlinear Dynamics*, 58(1-2): 345-348.
- Biswas A, 2010. Solitary waves for power-law regularized long-wave equation and R(m,n) equation. *Nonlinear Dynamics*, 59(3): 423-426.
- Guzman JV, Hilal EM, Alshaery AA, Bhrawy AH, Mahmood MF, Moraru L, Biswas A, 2015. Thirring
- Kivshar YS, Agrawal GP, 2003. *Optical Solitons*. Academic Press, USA.
- Krishnan EV, Gabshi MA, Mirzazadeh M, Bhrawy A, Biswas A, Belic M, 2015. Optical Solitons for Quadratic Law Nonlinearity with Five Integration Schemes. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 12(11): 4809 – 4821.
- Mirzazadeh M, Arnous AH, Mahmood MF, Zerrad E, Biswas, A, 2015. Soliton solutions to resonant nonlinear Schrödinger's equation with time-dependent coefficients by trial solution approach. *Nonlinear Dynamics*, 81(1-2): 277-282.
- Optical Solitons with Spatio-Temporal Dispersion. *Proceedings of The Romanian Academy Series A*, 16(1): 41-46.
- Sardar A, Ali K, Rizvi STR, Younis M, Zhou Q, Zerrad E, Biswas A, Bahrawy A, 2016. *Dispersive Optica*
- Sassaman R, Biswas A, 2010. Topological and non-topological solitons of the Klein-Gordon equations in 1+2 dimensions. *Nonlinear Dynamics*, 61(1-2): 23-28.
- Solitons in Nanofibers with Schrödinger-Hirota Equation. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 11(3): 382-387.
- Tang D, Guo J, Song Y, Zhang H, Zhao L, Shen D, 2014. Dark Soliton Fiber Lasers. *Optics Express*, 22(16): 19831-19837.
- Zakharov VE, Shabat AB, 1972. Exact Theory of Two-Dimensional Self-Focusing and One-Dimensional Self-Modulation of Waves in Nonlinear Media. *Soviet Physics-Jetp*, 34(1): 62-69.

New Characterizations for Pseudo Null and Partially Null Curves in R_2^4

Zühal KÜÇÜKARSLAN YÜZBAŞI¹

ABSTRACT: In this paper, pseudo-spherical pseudo null and partially null curves are defined by using curvature functions in R_2^4 , respectively. Also, some new characterizations for pseudo null and partially null curves are obtained in R_2^4 , respectively.

Key words: Pseudo null curve, Partially null curve, Semi-Euclidean space



R_2^4 de Pseudo Null ve Partially Null Eğriler İçin Yeni Karakterizasyonlar

ÖZET: Bu makalede, R_2^4 de eğrilik fonksiyonları kullanılarak sırasıyla pseudo-küresel pseudo null ve partially null eğriler tanımlandı. Ayrıca, sırasıyla R_2^4 de pseudo null ve partially null eğriler için yeni karakterizasyonlar elde edildi.

Anahtar Kelimeler: Pseudo null eğri, Partially null eğri, Semi-Euclidean uzay

¹ Fırat universitesi, Fen Fakültesi, Matematik, Elazığ, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Zühal KÜÇÜKARSLAN YÜZBAŞI, zuhal2387@yahoo.com.tr

INTRODUCTION

A pseudo null or a partially null curves in R_1^4 is defined as a spacelike curves along which the first binormal B_1 is the null vector and the second binormal B_2 is the null vector, respectively, in (Ilarslan , 2002). The Frenet equations and Frenet frame for a pseudo null or a partially null curve such that it lies fully in R_1^4 are obtained (Walrave, 1995). Also, such curves had at most two curvatures in R_1^4 .

Recently, M. Petrovic-Torgasev and et al. obtained the Frenet equations of a pseudo null or a partially null curve such that it lies fully in R_2^4 . Moreover, they characterized all W-pseudo null and W-partially null curves lying in R_2^4 (Petrovic-Torgasev et al. 2005). In particular, when the Frenet frame along a spacelike or a timelike curve contains a null vectors, such curve is said to be a pseudo null or a partially null curve (Walrave, 1995.).

In this paper, we characterize the pseudo-spherical pseudo null and partially null curves by using the curvature functions in R_2^4 . Moreover, we obtain some new characterizations of pseudo null and partially null curves in R_2^4 , respectively.

MATERIAL AND METHODS

In this section, we construct the Frenet frames and obtain the Frenet equations of pseudo null and partially null curves, lying fully in R_2^4 . Hence, we consider the following two cases.

The semi-Euclidean space R_2^4 is the standard vector space R^4 equipped with an indefinite flat metric \langle , \rangle given by

$$\langle , \rangle = -dx_1^2 - dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2,$$

where (x_1, \dots, x_4) is rectangular coordinate system of R_2^4 . A tangent vector u to R_2^4 is spacelike, if $\langle u, u \rangle > 0$ or $u = 0$ timelike, if $\langle u, u \rangle < 0$ null, if $\langle u, u \rangle = 0$ and $u \neq 0$, (Synge , 1967). Arbitrary two vectors v and w in R_2^4 are called be orthogonal, if $\langle v, w \rangle = 0$. The norm of a vector u is given by $\|v\| = \sqrt{|\langle u, u \rangle|}$.

Case 1. Pseudo Null Curves

Let $\alpha : I \rightarrow R_2^4$ be a spacelike or a timelike curve in R_2^4 , parametrized by the arclength parameter s , such that respectively hold $\langle \alpha'(s), \alpha'(s) \rangle = \pm 1$. Assume that $\langle \alpha''(s), \alpha''(s) \rangle = 0$ and that $\alpha''(s) \neq 0$ for each $s \in I \subset R$. Define the tangent and the principal normal vector fields by $T(s) = \alpha'(s)$, $N(s) = \alpha''(s)$, respectively. By differentiation with respect to s of the relation

$$\langle \alpha'(s), \alpha'(s) \rangle = \pm 1,$$

we obtain

$$\langle \alpha'(s), \alpha''(s) \rangle = 0.$$

Taking the derivative with respect to s of the previous equation, it follows that

$$\langle \alpha'(s), \alpha'''(s) \rangle = 0.$$

Thus, the vector $\alpha'''(s)$ is orthogonal to both of vectors $\alpha'(s)$ and $\alpha''(s)$. Next, assume that $\langle \alpha'''(s), \alpha'''(s) \rangle \neq 0$ for each s . We define the first binormal vector field B_1 by

$$B_1(s) = \frac{\alpha'''(s)}{\|\alpha'''(s)\|}.$$

Then in the space R_2^4 there exists the unique null vector field B_2 such that

$$\langle T, B_2 \rangle = \langle B_1, B_2 \rangle = \langle B_2, B_2 \rangle = 0, \langle N, B_2 \rangle = 1,$$

and such that the orientation of the Frenet frame $\{T, N, B_1, B_2\}$ is the same as the orientation of the space R_2^4 .

We call B_2 the second binormal vector field.

Then, let $\langle T, T \rangle = \epsilon_1 = \pm 1, \langle B_1, B_1 \rangle = \epsilon_2 = \pm 1$, where by $\epsilon_1 \epsilon_2 = -1$. By using the conditions as follows

$$\langle T, T \rangle = e_1, \langle B_1, B_1 \rangle = e_2, \langle N, B_2 \rangle = 1, \langle N, N \rangle = \langle B_2, B_2 \rangle = 0, \tag{1}$$

$$\langle T, N \rangle = \langle T, B_1 \rangle = \langle T, B_2 \rangle = \langle N, B_1 \rangle = \langle B_1, B_2 \rangle = 0.$$

Since $\langle T', B_2 \rangle = \langle N, B_2 \rangle = 1$ It follows that $k_1(s) = 1$ for each s . Thus, the first curvature $k_1(s)$ can only take two values: $k_1 = 0$ if α is straight line, or $k_1 = 1$ in all other cases.

The following Frenet equations of a pseudo null curve are given by

$$T'(s) = N(s), \tag{2}$$

$$N'(s) = k_2(s)B_1(s)$$

$$B_1'(s) = k_3(s)N(s) - \epsilon_2 k_2(s)B_2(s),$$

$$B_2'(s) = -\epsilon_1 T(s) - \epsilon_2 k_3(s)B_1(s)$$

where are only two curvatures $k_2(s)$ and $k_3(s)$ (Petrovic-Torgasev et al. 2005).

Case 2. Partially Null Curves

$\alpha : I \rightarrow R_2^4$ be a spacelike or a timelike curve in R_2^4 , parametrized by the arclength parameter s , such that hold $\langle \alpha''(s), \alpha''(s) \rangle < 0$ or $\langle \alpha''(s), \alpha''(s) \rangle > 0$ for each $s \in I \subset R$, respectively. Define the tangent and the

principal normal vector fields respectively by $T(s) = \alpha'(s), N(s) = \frac{\alpha''(s)}{\|\alpha''(s)\|}$. Then $\{T, N\}$ is the timelike plane of index 1.

Since α is a partially null curve, B_1 is a null vector. Thus there exist the unique null vector field B_2 such that

$$\langle T, B_2 \rangle = \langle N, B_2 \rangle = \langle B_2, B_2 \rangle = 0, \langle B_1, B_2 \rangle = 1,$$

and such that the orientation of the Frenet frame $\{T, N, B_1, B_2\}$ is the same as the orientation of the space R_2^4 .

We call B_2 the second binormal vector field.

Moreover, let $\langle T, T \rangle = \epsilon_1 = \pm 1$, $\langle N, N \rangle = \epsilon_2 = \pm 1$ whereby $\epsilon_1 \epsilon_2 = -1$. By using the conditions

$$\langle T, T \rangle = \epsilon_1, \langle N, N \rangle = \epsilon_2, \langle B_1, B_2 \rangle = 1, \langle B_1, B_1 \rangle = \langle B_2, B_2 \rangle = 0, \quad (3)$$

$$\langle T, N \rangle = \langle T, B_1 \rangle = \langle T, B_2 \rangle = \langle N, B_1 \rangle = \langle N, B_2 \rangle = 0.$$

The following Frenet equations of a partially null curve are given by:

$$T'(s) = k_1(s)N(s), \quad (4)$$

$$N'(s) = k_1(s)T(s) + k_2(s)B_1(s),$$

$$B_1'(s) = k_3(s)B_1(s),$$

$$B_2'(s) = -\epsilon_2 k_2(s)N(s) - k_3(s)B_2(s).$$

In the result, we prove that $k_3(s) = 0$ for each s , (Petrovic-Torgasev et al. 2005)ç

RESULTS AND DISCUSSION

Pseudo-spherical Pseudo Null Curves

In this section, we characterize pseudo-spherical pseudo null curves by using curvature functions in R_2^4 .

The pseudo-sphere of radius r and center p_0 in R_2^4 is given by

$$S_2^3 = \{X \in R_2^4 : \langle x - p_0, x - p_0 \rangle = r^2\}$$

(Duggal and Bejancu, 1996.). A pseudo null curve $\alpha(s)$ in R_2^4 is called pseudo-spherical if it lies on a pseudo sphere. A Pseudo null curve $\alpha(s)$ in R_2^4 parameterized by the Frenet curvatures $\{k_1, k_2\}$ and $k_i \neq 0, 1 \leq i \leq 2$.

Theorem 3.1. Let $\alpha(s)$ be a pseudo null curve in R_2^4 parametrized by the pseudo-arc such that $k_i \neq 0$ and $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ be differentiable functions.

$\alpha(s)$ lies on a pseudo-sphere of radius r if and only if the following condition is satisfied

$$\lambda(s) = r^2,$$

where $\lambda(s) = 2a_2a_4$.

Proof. Assume that $\alpha(s)$ lies on a pseudo-sphere of radius r . That is, there exists a fixed point $p_0 \in R_2^4$ such that

$$\langle \alpha(s) - p_0, \alpha(s) - p_0 \rangle = r^2. \quad (5)$$

Set

$$\alpha(s) - p_0 = \alpha_1 T + \alpha_2 N + \alpha_3 B_1 + \alpha_4 B_2.$$

From differentiation (5) and by using (2), we have

$$\langle \alpha(s) - p_0, T \rangle = 0, \tag{6}$$

and $a_1 = 0$ From differentiation of (6), we have

$$\langle T, T \rangle + k_1 \langle \alpha(s) - p_0, N \rangle = 0, \tag{7}$$

$$\langle a(s) - p_0, N \rangle = \varepsilon_1,$$

and $a_4 = -\varepsilon_1$. From differentiation of (7), we get

$$\langle T, N \rangle + \langle a(s) - p_0, k_1 B_1 \rangle = 0, \tag{8}$$

$$\langle \alpha(s) - p_0, B_1 \rangle = 0,$$

and $a_3 = 0$ From differentiation of (8), we obtain

$$\langle T, B_1 \rangle + \langle a(t) - p_0, k_3 N - \varepsilon_2 k_2 B_2 \rangle = 0, \tag{9}$$

$$\langle \alpha(t) - p_0, B_2 \rangle = -\frac{\alpha_1 k_3}{\alpha_2 k_2}$$

$$\langle \alpha(t) - p_0, B_2 \rangle = \frac{k_3}{k_2},$$

and $a_2 = \frac{k_3}{k_2}$, we have

$$\alpha(s) - p_0 = \alpha_2 N + \alpha_4 B_2,$$

and by (5),

$$2a_2 a_4 = r^2,$$

and so we can write,

$$\lambda(s) = r^2.$$

Conversely, assume that

$$\lambda(s) = r^2 \tag{10}$$

for some positive constant r . Set

$$B(s) = \alpha(s) - \alpha_2 N - \alpha_4 B_2.$$

Then, using Frenet equations in (2) and the definition of $\{a_i\}$, we can obtain

$$B'(s) = T - \left(\frac{k_3}{k_2}\right)' N - \frac{k_3}{k_2} (k_2 B_1) + \varepsilon_1 (-\varepsilon_1 T - \varepsilon_2 k_3 B_1),$$

$$B'(s) = -\left(\frac{k_3}{k_2}\right)' N,$$

by using the (2) we can easily show that $\|B'\| = 0$, and so we get $B(s) = p_0$ for some fixed point $p_0 \in R_2^4$. Thus, we have

$$\alpha(s) - p_0 = a_2 N + a_4 B_2,$$

and using (10), we find

$$\langle \alpha(s) - p_0, \alpha(s) - p_0 \rangle = r^2.$$

Thus $\alpha(s)$ lies on a pseudo-sphere of radius r .

Pseudo-spherical Partially Null Curves

In this section, we characterize pseudo-spherical partially null curves in R_2^4 by using the curvature functions.

The pseudo-sphere of radius r and center p_0 in R_2^4 is given by

$$S_2^3 = \left\{ X \in R_2^4 : \langle x - p_0, x - p_0 \rangle = r^2 \right\}$$

(Duggal and Bejancu, 1996.). A partially null curve $\alpha(s)$ in R_2^4 is called pseudo-spherical if it lies on a pseudo-sphere.

A Partially null curve $\alpha(s)$ in R_2^4 parametrized by the Frenet curvatures $\{k_1, k_2\}$ and $k_i = 0, 1 \leq i \leq 2$.

Theorem 3.2 Let $\alpha(s)$ be a partially null curve in R_2^4 such that $k_i \neq 0$ and $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ be differentiable functions.

$\alpha(s)$ lies on a pseudo-sphere of radius r if and only if $\varepsilon_1 = -1, e_2 = 1$ and the following condition is satisfied

$$\mu(s) = r^2,$$

where $\mu(s) = a_2^2 + 2a_3a_4$.

Proof. Assume that $\alpha(s)$ lies on a pseudo-sphere of radius r . That is, there exists a fixed point $p_0 \in R_2^4$ such that

$$\langle \alpha(s) - p_0, \alpha(s) - p_0 \rangle = r^2. \tag{11}$$

Set

$$\alpha(s) - p_0 = a_1 T + a_2 N + a_3 B_1 + a_4 B_2.$$

From differentiation of (11) and by using Frenet equations in (4), we obtain

$$\langle \alpha(s) - p_0, T \rangle = 0, \tag{12}$$

and $a_1 = 0$. From differentiation of (12), we find

$$\langle T, T \rangle + k_1 \langle \alpha(s) - p_0, N \rangle = 0, \tag{13}$$

$$\langle \alpha(s) - p_0, N \rangle = -\frac{\varepsilon_1}{k_1},$$

and $a_2 = -\frac{\varepsilon_1}{k_1}$. From differentiation of (13), we get

$$\langle T, N \rangle + \langle \alpha(s) - p_0, k_1 T + k_2 B_1 \rangle = \left(-\frac{e_1}{k_1} \right)'$$

$$\langle \alpha(s) - p_0, B_1 \rangle = \frac{1}{k_2} \left(-\frac{\varepsilon_1}{k_1} \right)',$$

$$\text{and } a_4 = \frac{1}{k_2} \left(-\frac{e_1}{k_1} \right)'$$

From differentiation of $a_3 = \langle \alpha(t) - p_0, B_2 \rangle$, we have

$$\langle \alpha(s) - p_0, B_2 \rangle' = \langle T, B_2 \rangle + \langle \alpha(t) - p_0, -\varepsilon_2 k_2 N \rangle,$$

$$\alpha_3' = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 k_2}{k_1} = -\frac{k_2}{k_1},$$

$$a_3 = -\frac{k_2}{k_1} ds. \tag{14}$$

Hence, we get

$$\alpha(s) - p_0 = a_2 N + a_3 B_1 + a_4 B_2,$$

and using (11), we obtain

$$a_2^2 + 2a_3 a_4 = r^2,$$

and so, we can write

$$\mu(s) = r^2.$$

Conversely, assume that

$$\mu(s) = r^2, \tag{15}$$

for some positive constant r . We can write

$$B(s) = \alpha(s) - a_2N - a_3B_1 - a_4B_2.$$

Then, using Frenet equations in (4) and the definition of $\{a_i\}$ we can obtain

$$B'(s) = T + \left(\frac{\varepsilon_1}{k_1}\right)' N + \left(\frac{\varepsilon_1}{k_1}\right) (k_1T + k_2B_1) + \frac{k_2}{k_1} B_1 + \left(\frac{1}{k_2} \left(\frac{\varepsilon_1}{k_1}\right)'\right) B_2 + \frac{1}{k_2} \left(\frac{\varepsilon_1}{k_1}\right) (-\varepsilon_2 k_2 N).$$

If we consider $\varepsilon_1 = -1$ and $\varepsilon_2 = 1$ at above equation, then we get

$$B'(s) = \left(\frac{1}{k_2} - \left(\frac{1}{k_1}\right)'\right) B_2,$$

by using (4), we can easily show that $\|B'\| = 0$, and so we find $B(s) = p_0$ for some fixed point $p_0 \in R_2^4$. Hence, we have

$$\alpha(s) - p_0 = a_2N + a_3B_1 + a_4B_2,$$

and by (15), we can write

$$\langle \alpha(s) - p_0, \alpha(s) - p_0 \rangle = r^2.$$

Thus, $\alpha(s)$ lies on a pseudo-sphere of radius r .

REFERENCES

- Duggal K. L, Bejancu A, 1996. *Liglike Submanifolds of Semi-Riemannian Manifolds and Applications*, Kluwer Academic Publishers.
- Ilarslan K, 2002. *Some Special Curves on Non-Euclidean Manifolds*, Doctoral Thesis, Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- Synge J. L, 1967. *Timelike Helices in Flat Space-time*, Proc. Roy. Irish Academy A65: 27-42.
- Walrave J, 1995. *Curves and Surfaces in Minkowski Space*, Doctoral thesis, K. U. Leuven, Fac. of Science, Leuven.
- Petrovic-Torgasev M, Ilarslan K, Nesovic E, 2005. *On Partially Null and Pseudo Null Curves in the Semi-Euclidean Space R_2^4* , J. Geom., 84: 106-116.

A Different Solution Method for the Confluent Hypergeometric Equation

Ökkeş ÖZTÜRK¹

ABSTRACT: Fractional calculus theory includes definition of the derivatives and integrals of arbitrary order. This theory is used to solve some classes of singular differential equations and fractional order differential equations. One of these equations is the confluent hypergeometric equation. In this paper, we intend to solve this equation by applying N^μ method as a different solution method.

Keywords: Fractional calculus theory, fractional solutions, Confluent hypergeometric equation, N^μ method, generalized Leibniz rule

Konfluent Hipergeometrik Denklemi İçin Farklı Bir Çözüm Metodu

ÖZET: Kesirli hesap teorisi, keyfi mertebeden türev ve integral tanımını kapsamaktadır. Diferansiyel denklemlerin ve kesirli diferansiyel denklemlerin bazı sınıflarını çözmek için bu teori kullanılmaktadır. Bu denklemlerden birisi konfluent hipergeometrik denklemdir. Bu makalede, farklı bir çözüm metodu olarak N^μ metodunun uygulanmasıyla bu denklemi çözmeyi hedeflemekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Kesirli hesap teorisi, kesirli çözümler, Konfluent hipergeometrik denklemi, N^μ metod, genelleştirilmiş Leibniz kuralı

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Bitlis, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ökkeş ÖZTÜRK, oozturk27@gmail.com

INTRODUCTION

The fractional calculus theory enables a set of axioms and methods to generalize the coordinate and corresponding derivative notions from integer k to arbitrary order μ , $\{x^k, \partial^k / \partial x^k\} \rightarrow \{x^\mu, \partial^\mu / \partial x^\mu\}$ in a good light. Fractional differential equations are applied in a widespread manner in robot technology, PID

control systems, Schrödinger equation, KdV equations, heat transfer, relativity theory, economy, filtration, controller design, mechanics, optics, modelling and so on (Akgül, 2014; Akgül et al., 2015).

Riemann-Liouville fractional differentiation and fractional integration that are two most important definitions of fractional calculus are, respectively,

$${}_a D_t^\mu f(t) = \frac{1}{\Gamma(k - \mu)} \frac{d^k}{dt^k} \int_a^t f(\tau) (t - \tau)^{k - \mu - 1} d\tau \quad (k - 1 \leq \mu < k), \tag{1}$$

and,

$${}_a D_t^{-\mu} f(t) = \frac{1}{\Gamma(\mu)} \int_a^t f(\tau) (t - \tau)^{\mu - 1} d\tau \quad (t > a, \mu > 0), \tag{2}$$

where $k \in \mathbb{N}$ and Γ is Euler's function gamma (Oldham and Spanier, 1974; Miller and Ross, 1993; Podlubny, 1999; Yilmazer and Ozturk, 2013).

MATERIAL AND METHOD

Definition 2.1. If the function $f(z)$ is analytic (*regular*) inside and on C , where $C = \{C^-, C^+\}$, C^-

is a contour along the cut joining the points z and $-\infty + i\text{Im}(z)$, which starts from the point at $-\infty$, encircles the point z once counter-clockwise, and returns to the point at $-\infty$, and C^+ is a contour along the cut joining the points z and $\infty + i\text{Im}(z)$, which starts from the point at ∞ , encircles the point z once counter-clockwise, and returns to the point at ∞ ,

$$f_\mu(z) = [f(z)]_\mu = \frac{\Gamma(\mu + 1)}{2\pi i} \int_C \frac{f(\tau) d\tau}{(\tau - z)^{\mu + 1}} \quad (\mu \notin \mathbb{Z}^-), \tag{3}$$

$$f_{-k}(z) = \lim_{\mu \rightarrow -k} f_\mu(z) \quad (k \in \mathbb{Z}^+),$$

where $\tau \neq z$,

$$\begin{aligned} -\pi &\leq \arg(\tau - z) \leq \pi && \text{for } C^-, \\ 0 &\leq \arg(\tau - z) \leq 2\pi && \text{for } C^+. \end{aligned} \tag{4}$$

In that case, $f_\mu(z)$ ($\mu > 0$) is the fractional derivative of $f(z)$ of order μ and $f_\mu(z)$ ($\mu < 0$) is the fractional integral of $f(z)$ of order $-\mu$, confirmed (in each case) that

$$|f_\mu(z)| < \infty \quad (\mu \in \mathbb{R}). \tag{5}$$

(Yilmazer and Ozturk, 2013).

Lemma 2.1. (Linearity) When fractional order derivatives f_μ and g_μ exist, then

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad [c_1 f(z)]_\mu &= c_1 [f(z)]_\mu, \\ \text{(ii)} \quad [c_1 f(z) + c_2 g(z)]_\mu &= c_1 [f(z)]_\mu + c_2 [g(z)]_\mu, \end{aligned} \tag{6}$$

where $f(z)$, $g(z)$ are analytic and single-valued functions, c_1 and c_2 are constants and, $\mu \in \mathbb{R}$, $z \in \mathbb{C}$.

Lemma 2.2. (Index law) If fractional order derivatives $(f_\nu)_\mu$ and $(f_\mu)_\nu$ exist, then

$$\{[f(z)]_\nu\}_\mu = [f(z)]_{\nu+\mu} = \{[f(z)]_\mu\}_\nu, \tag{7}$$

where $f(z)$ is an analytic and single-valued function, ν and $\mu \in \mathbb{R}$, $z \in \mathbb{C}$, and $\left| \frac{\Gamma(\nu+\mu+1)}{\Gamma(\nu+1)\Gamma(\mu+1)} \right| < \infty$.

Property 2.1. Let λ be a constant. So,

$$(e^{\lambda z})_\nu = \lambda^\nu e^{\lambda z} \quad (\lambda \neq 0, \nu \in \mathbb{R}, z \in \mathbb{C}). \tag{8}$$

Property 2.2. Let λ be a constant. So,

$$(e^{-\lambda z})_\nu = e^{-i\pi\nu} \lambda^\nu e^{-\lambda z} \quad (\lambda \neq 0, \nu \in \mathbb{R}, z \in \mathbb{C}). \tag{9}$$

Property 2.3. Let λ be a constant. So,

$$(z^\lambda)_\nu = e^{-i\pi\nu} z^{\lambda-\nu} \frac{\Gamma(\nu-\lambda)}{\Gamma(-\lambda)} \quad \left(\nu \in \mathbb{R}, z \in \mathbb{C}, \left| \frac{\Gamma(\nu-\lambda)}{\Gamma(-\lambda)} \right| < \infty \right). \tag{10}$$

Property 2.4.

$$\Gamma(z + 1) = z\Gamma(z) = z!, \tag{11}$$

and,

$$\Gamma(\nu - k) = (-1)^k \frac{\Gamma(\nu)\Gamma(1 - \nu)}{\Gamma(k + 1 - \nu)}, \tag{12}$$

where $k \in \mathbb{Z}_0^+$ and $\nu \in \mathbb{R}$.

Lemma 2.3. (N^μ method) If fractional order derivatives f_μ and g_μ exist, then generalized Leibniz rule is

$$N^\mu(f \cdot g) = (f \cdot g)_\mu = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(\mu + 1)}{\Gamma(\mu + 1 - k)\Gamma(k + 1)} f_{\mu-k} g_k, \tag{13}$$

where $f(z)$ and $g(z)$ are single-valued and analytic functions, $\mu \in \mathbb{R}$, $z \in \mathbb{C}$ and

$$\left| \frac{\Gamma(\mu+1)}{\Gamma(\mu-k+1)\Gamma(k+1)} \right| < \infty.$$

RESULTS AND DISCUSSION

The hypergeometric equation

$$z(1 - z) \frac{d^2y(z)}{dz^2} + [c - (a + b + 1)z] \frac{dy(z)}{dz} - aby(z) = 0, \tag{14}$$

has three regular singular points at $z = 0, 1$ and ∞ (a, b and c are parameters). The singularities can be merged at b and infinity, where $z = x/b$ and $b \rightarrow \infty$. Thus, confluent equation is

$$x \frac{d^2y}{dx^2} + (c - x) \frac{dy}{dx} - ay = 0, \tag{15}$$

solutions of which are the confluent hypergeometric functions, which are defined as $M(a, c; x)$. The confluent hypergeometric equation has a regular singular point at $x = 0$ and an

essential singularity at infinity. $J_n(x)$ (Bessel functions) and $L_n(x)$ (Laguerre polynomials), can be formed in terms of the solutions of the confluent hypergeometric equation as

$$J_n(x) = \frac{e^{-ix}}{n!} \left(\frac{x}{2}\right)^n M\left(n + \frac{1}{2}, 2n + 1; 2ix\right),$$

$$L_n(x) = M(-n, 1; x).$$

Linearly independent solutions of “Eq. 15.” are defined as

$$y_1(x) = M(a, c; x) = 1 + \frac{a}{c} \frac{x}{1!} + \frac{a(a+1)}{c(c+1)} \frac{x^2}{2!} + \frac{a(a+1)(a+2)}{c(c+1)(c+2)} \frac{x^3}{3!} + \dots,$$

$$(c \neq 0, -1, -2, \dots),$$

and,

$$y_2(x) = x^{1-c} M(a + 1 - c, 2 - c; x) \quad (c \neq 2, 3, 4, \dots),$$

Integral representation of the confluent hypergeometric functions ${}_1F_1(a, b; x)$ can be defined as

$$M(a, c; x) = \frac{\Gamma(c)}{\Gamma(a)\Gamma(c-a)} \int_0^1 e^{xt} t^{a-1} (1-t)^{c-a-1} dt \quad (a, c \in \mathbb{R}, c > a > 0).$$

(Bayın, 2006).

Remark 3.1. The familiar Bessel differential equation of general order l^2 :

$$z^2 \frac{d^2f}{dz^2} + z \frac{df}{dz} + (z^2 - l^2)f = 0,$$

which is named after F. Wilhelm Bessel. More precisely, just as in the earlier works (Lin et al., 2005; Wang et al., 2006), we aim here at demonstrating how the underlying simple fractional-calculus approach to the solutions of the classical differential equation,

which were considered in the earlier works (Lin et al., 2005; Wang et al., 2006; Akgül et al., 2013), would lead us analogously to several interesting consequences including (for example) an alternative investigation of solutions of the confluent hypergeometric equation.

Theorem 3.1. Let $y \in \{y: 0 \neq |y_\mu| < \infty, \mu \in \mathbb{R}\}$. “Eq. 15.” can be written as

$$xy_2 + (c - x)y_1 - ay = 0 \quad (x \neq 0). \quad (16)$$

And “Eq. 16.” has particular solutions as follows

$$y^{(I)} = A[x^{a-c}e^x]_{a-1}, \quad (17)$$

$$y^{(II)} = Bx^{-(c+1)}[x^{1+a}e^x]_{-(2+c-a)}, \quad (18)$$

where $y_k = d^k y/dx^k$ ($k = 0, 1, 2, \dots$), $y_0 = y = y(x)$, A, B are constants.

Proof. (I) At first, by applying N^μ method to the both sides of “Eq. 16.”, we obtain

$$xy_{2+\mu} + (\mu + c - x)y_{1+\mu} - (\mu + a)y_\mu = 0. \quad (19)$$

If we suppose that

$$\mu + a = 0, \quad (20)$$

then, we have

$$\mu = -a. \quad (21)$$

By substituting “Eq. 21.” into “Eq. 19.”, we obtain

$$(y_{1-a})_1 + [(c - a)x^{-1} - 1]y_{1-a} = 0. \quad (22)$$

Let

$$y_{1-a} = u = u(x) \quad [y(x) = u_{a-1}]. \quad (23)$$

So, we have differential equation as

$$u_1 + [(c - a)x^{-1} - 1]u = 0. \quad (24)$$

Solution of the “Eq. 24.” is

$$u = Ax^{a-c}e^x, \quad (25)$$

and we obtain a fractional solution of the “Eq. 16.” as

$$y^{(1)} = A[x^{a-c}e^x]_{a-1}. \tag{26}$$

(II) We suppose that

$$y = x^t h \quad (x \neq 0), \tag{27}$$

where $h = h(x)$. Then,

$$y_1 = tx^{t-1}h + x^t h_1, \tag{28}$$

and,

$$y_2 = t(t-1)x^{t-2}h + 2tx^{t-1}h_1 + x^t h_2. \tag{29}$$

By substituting “Eq. 27.”, “Eq. 28.” and “Eq. 29.” into “Eq. 16.”, we have

$$xh_2 + (2t + c - x)h_1 + [t(t + c + 1)x^{-1} - (t + a)]h = 0. \tag{30}$$

We suppose that

$$t(t + c + 1) = 0. \tag{31}$$

So,

$$t = 0 \quad \text{or} \quad t = -(c + 1). \tag{32}$$

(II-i) We have “Eq. 16.” from “Eq. 30.”, where $t = 0$.

(II-ii) We write equation as

$$xh_2 - (c + 2 + x)h_1 + (c + 1 - a)h = 0. \tag{33}$$

where $t = -(c + 1)$. Now, by applying N method to the both sides of “Eq. 33.”, we obtain

$$xh_{2+\mu} + [\mu - (c + 2 + x)]h_{1+\mu} + (-\mu + c + 1 - a)h_\mu = 0. \tag{34}$$

If we choose that

$$-\mu + c + 1 - a = 0, \quad (35)$$

then, we find

$$\mu = c + 1 - a. \quad (36)$$

By substituting “Eq. 36.” into “Eq. 34.”, we have

$$(h_{2+c-a})_1 - [(1+a)x^{-1} + 1]h_{2+c-a} = 0. \quad (37)$$

Let

$$h_{2+c-a} = w = w(x), \quad [h(x) = w_{-(2+c-a)}]. \quad (38)$$

Then, we have another differential equation as

$$w_1 - [(1+a)x^{-1} + 1]w = 0. \quad (39)$$

The solution of “Eq. 39” is

$$w = Bx^{1+a}e^x, \quad (40)$$

and,

$$h = B(x^{1+a}e^x)_{-(2+c-a)}, \quad (41)$$

and finally, we find another fractional solution of the “Eq. 16.” as

$$y^{(II)} = Bx^{-(c+1)}(x^{1+a}e^x)_{-(2+c-a)}. \quad (42)$$

Example 3.1. Let $a = 2$ and $c = 1$ for “Eq. 16.”. So, we have equation as

$$xy_2 + (1-x)y_1 - 2y = 0 \quad (x \neq 0). \quad (43)$$

Therefore, we can write solutions of the “Eq. 43.” as follows

$$y^{(I)} = A(xe^x)_1,$$

$$y^{(II)} = Bx^{-2}(x^3e^x)_{-1}.$$

So, we obtain solutions by calculating as

$$y^{(I)} = A(xe^x)_1 = A \frac{d(xe^x)}{dx},$$

$$= Ae^x(x+1),$$

and,

$$\begin{aligned}
 y^{(II)} &= Bx^{-2}(x^3 e^x)_{-1} = Bx^{-2} \int x^3 e^x dx, \\
 &= Bx^{-2}[e^x(x^3 - 3x^2 + 6x - 6)].
 \end{aligned}$$

Theorem 3.2. Let $|(x^{a-c})_k| < \infty$ ($k \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}$), $x \neq 0$, and $|\frac{1}{x}| < 1$. The solution of “Eq. 26.” can be written as follows

$$y^{(I)} = Ax^{a-c} e^x {}_2F_0 \left[1 - a, c - a; \frac{1}{x} \right]. \tag{44}$$

Proof. By means of “Eq. 13.”, we have

$$y^{(I)} = A \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(a)}{\Gamma(a-k)\Gamma(k+1)} (x^{a-c})_k (e^x)_{a-1-k}. \tag{45}$$

By using “Eq. 8.”, “Eq. 10.”, “Eq. 11.” and “Eq. 12.”, we can rewrite the “Eq. 45.” as follows

$$\begin{aligned}
 y^{(I)} &= A \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k+1-a)}{(-1)^k \Gamma(1-a)} \frac{1}{k!} (-1)^k x^{a-c-k} \frac{\Gamma(k+c-a)}{\Gamma(c-a)} e^x, \\
 &= Ax^{a-c} e^x \sum_{k=0}^{\infty} [1-a]_k [c-a]_k \frac{1}{k!} \left(\frac{1}{x}\right)^k, \\
 &= Ax^{a-c} e^x {}_2F_0 \left[1 - a, c - a; \frac{1}{x} \right].
 \end{aligned} \tag{46}$$

Theorem 3.3. Let $|(x^{1+a})_k| < \infty$ ($k \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}$), $x \neq 0$, , and $|\frac{1}{x}| < 1$. The solution of “Eq. 42.” can be written as follows

$$y^{(II)} = Bx^{a-c} e^x {}_2F_0 \left[2 - a + c, -1 - a; \frac{1}{x} \right]. \tag{47}$$

Proof. By means of “Eq. 13.”, we have

$$y^{(II)} = Bx^{-(c+1)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(a-c-1)}{\Gamma(a-c-1-k)} \frac{1}{k!} (x^{1+a})_k (e^x)_{-(2+c-a+k)}. \tag{48}$$

By using “Eq. 8.”, “Eq. 10.”, “Eq. 11.” and “Eq. 12.”, we rewrite the “Eq. 48.” as follows

$$\begin{aligned} y^{(II)} &= Bx^{-(c+1)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k+2-a+c)}{(-1)^k \Gamma(2-a+c)} \frac{1}{k!} (-1)^k x^{1+a-k} \frac{\Gamma(k-1-a)}{\Gamma(-1-a)} e^x, \\ &= Bx^{a-c} e^x \sum_{k=0}^{\infty} [2-a+c]_k [-1-a]_k \frac{1}{k!} \left(\frac{1}{x}\right)^k, \\ &= Bx^{a-c} e^x {}_2F_0 \left[2-a+c, -1-a; \frac{1}{x} \right]. \end{aligned} \tag{49}$$

CONCLUSION

In this paper, we used N method for the confluent hypergeometric equation. We also obtained

hypergeometric forms of the fractional solutions. The most important advantage of this method is that can be applied for singular equations.

REFERENCES

Akgül A, 2014. A new method for approximate solutions of fractional order boundary value problems. *Neural Parallel and Scientific Computations* 22(1-2): 223-237.

Akgül A, Inc M, Karatas E, Baleanu D, 2015. Numerical solutions of fractional differential equations of Lane-Emden type by an accurate technique. *Advances in Difference Equations*, 220: 12 pages.

Akgül A, Kılıçman A, Inc M, 2013. Improved (G'/G)-expansion method for the space and time fractional foam drainage and KdV equations. *Abstract and Applied Analysis*, 2013: 7 pages.

Bayın S, 2006. *Mathematical Methods in Science and Engineering*. John Wiley & Sons, USA, 709p.

Lin SD, Ling WC, Nishimoto K, Srivastava HM, 2005. A simple fractional-calculus approach to the solutions of the Bessel differential equation of general order and some of its applications. *Computers & Mathematics with Applications*, 49: 1487-1498.

Miller K, Ross B, 1993. *An Introduction to the Fractional Calculus and Fractional Differential Equations*. John Wiley & Sons, USA, 376p.

Oldham K, Spanier J, 1974. *The Fractional Calculus: Theory and Applications of Differentiation and Integration to Arbitrary Order*. Academic Press, USA, 240p.

Podlubny I, 1999. *Fractional Differential Equations: An Introduction to Fractional Derivatives, Fractional Differential Equations, Methods of Their Solution and Some of Their Applications*. Academic Press, USA, 365p.

Wang PY, Lin SD, Srivastava HM, 2006. Remarks on a simple fractional-calculus approach to the solutions of the Bessel differential equation of general order and some of its applications. *Computers & Mathematics with Applications*, 51: 105-114.

Yilmazer R, Ozturk O, 2013. Explicit Solutions of Singular Differential Equation by means of Fractional Calculus Operators. *Abstract and Applied Analysis*, 2013: 6 pages.

Solution of a Nonlinear Schrödinger Equation with Galerkin's Method

Nigar YILDIRIM AKSOY¹

ABSTRACT: In this paper, we consider an initial boundary value problem for a two-dimensional nonlinear Schrödinger equation. We prove by using Galerkin's method that the solution of the initial boundary value problem exists and it has a unique solution. Also, we get an estimation for the solution of the initial boundary value problem.

Keywords: Galerkin method, initial boundary value problem, Schrödinger equation



Lineer Olmayan bir Schrödinger Denkleminin Galerkin Metoduyla Çözümü

ÖZET: Bu çalışmada iki boyutlu lineer olmayan bir Schrödinger denklemi için bir başlangıç sınır değer problemi göz önüne alırız. Galerkin metodunu kullanarak başlangıç sınır değer probleminin çözümünün var ve tek olduğunu ispatlarız. Ayrıca, başlangıç sınır değer probleminin çözümü için bir değerlendirme elde ederiz.

Anhtar kelimeler: Başlangıç sınır değer problemi, Galerkin metodu, Schrödinger denklemi

¹ Kafkas University, Faculty of Science and Arts, Department of Mathematics, Kars, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Nigar YILDIRIM AKSOY, nyaksoy55@hotmail.com

INTRODUCTION

The nonlinear Schrödinger equation is a nonlinear mathematical equation that describes the evolution over time of a physical system. It arises in nonlinear optics (Kelley, 1965; Talanov, 1965), the evolution of water waves (Hashimoto and Ono, 1972), hydromagnetic and plasma waves (Schimizu and Ichikawa, 1972), nonlinear instability problems (Stewartson and Stuart, 1971).

In the present paper, we study a nonlinear Schrödinger equation that usually arises in the dispersion of light beams (waves) in a nonlinear medium. We investigate the existence and uniqueness of the solutions of nonlinear Schrödinger equation. For purpose, we use Galerkin's method and constitute the approximate solutions of the initial boundary value problem. By means of the approximate solutions, we prove that the solution of initial the boundary value problem exists and it has a unique solution.

The nonlinear Schrödinger equation and boundary value problems for Schrödinger equation were previously studied in (Tsutsumi, 1991; Bu, 1994; Strauss and Bu, 2001; Bu et al., 2005; Holmer, 2005;

Iskenderov and Yagubov, 2007; Mahmudov, 2007; Kaikina, 2013; Yildirim Aksoy et al., 2016). The Schrödinger equation considered in the literature is usually one-dimensional. But, in the paper (Iskenderov and Yagubov, 2007), an initial boundary value problem for a multi-dimensional (except for two-dimensional) Schrödinger equation is examined.

MATERIAL AND METHODS

The basic of Galerkin's Method is based on finding an approximate solution in a finite-dimensional space spanned by a set of basis functions. To obtain the approximate solution, we project the partial differential equation onto a finite-dimensional subspace. This gives a system of ordinary differential equations for the approximate solutions, which has a solution with standart ordinary differential equations theory. Each approximate solution satisfies an estimation called as a priori estimation for solutions of the partial differential equation. These estimations allow to obtain a solution of the partial differential equation.

We formulate the initial boundary value problem as follows:

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} + a_0 \Delta \psi - a(x)\psi - v(x)\psi + a_1 |\psi|^2 \psi = f(x, t), \quad (x, t) \in \Omega \quad (1)$$

$$\psi(x, 0) = \varphi(x), \quad x \in D \quad (2)$$

$$\psi(\xi, t)|_S = 0, \quad (\xi, t) \in S, \quad (3)$$

where, $D \subset R^2$ is a bounded domain, Γ is the sufficiently smooth boundary of domain D , $T, a_0 > 0$ are given number, $x = (x_1, x_2) \in D$ is an arbitrary point, $\Omega = D \times (0, T)$, $\Omega_T = D \times (0, t)$, $0 \leq t \leq T$, $S = \Gamma \times (0, T)$ is the

lateral surface of cylinder Ω , Δ is the Laplace operator such that $\Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2^2}$ and $\Delta \psi = \left(\frac{\partial \psi}{\partial x_1}, \frac{\partial \psi}{\partial x_2} \right)$, \mathbf{u} indicates the unit outward normal vector to Γ , a_1 is a complex number such that

$$\operatorname{Im} a_1 > 0, \operatorname{Re} a_1 < 0, \operatorname{Im} a_1 \geq 2|\operatorname{Re} a_1|, \quad (4)$$

$a(x)$ and $v(x)$ are the measurable functions satisfying the conditions

$$0 \leq a(x) \leq \mu_0, \text{ for almost all } x \in D, \mu_0 = \text{const.} > 0 \quad (5)$$

$$v(x) \in L_2(D), |v(x)| \leq b_0 \text{ for almost all } x \in D, b_0 = \text{const.} > 0, \quad (6)$$

respectively.

Definition 1: The function $\psi(x, t) \equiv \psi(x, t; v)$ in the space $B_0 \equiv C^0([0, T], W_2^0(D)) \cap C^1([0, T], L_2(D))$ is called as a generalized solution of the problem (1)-(3), if it satisfies the equation (1) for almost all $(\xi, t) \in S$, and $t \in [0, T]$, the condition (2) for almost all $x \in D$ and the condition (3) for almost all $(\xi, t) \in S$, where the space B_0 is a Banach space defined as in (Yildirim Aksoy et al., 2016).

RESULTS AND DISCUSSION

In this section, under given conditions, we prove the following theorem which shows the existence and uniqueness of the solutions of the problem (1)-(3).

Theorem 1: Assume that a_1 , $a(x)$, $v(x)$ satisfy the conditions (4), (5), (6), respectively and $\varphi \in W_2^0(D)$, $f \in W_2^{0,1}(\Omega)$ are given functions. Then, the problem (1)-(3) has a unique solution $\psi \in B_0$ satisfying the estimation

$$\begin{aligned} \|\psi(\cdot, t)\|_{W_2^0(D)}^2 + \left\| \frac{\partial \psi(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 \leq c_1 \left(\|\varphi\|_{W_2^0(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right. \\ \left. + \|\varphi\|_{W_2^0(D)}^6 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^{18} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

where $c_1 > 0$ is a constant independent from t .

Here, $W_2^1(D)$, $W_2^0(D)$, $W_2^2(D)$, $W_2^0(D)$ and $W_2^{0,1}(\Omega)$ are the Sobolev spaces and these spaces are defined in (Ladyzhenskaya, 1985) widely.

Proof: As a fundamental system of functions in the space $W_2^0(D)$ according to Galerkin's method, the eigenfunctions $u_k = u_k(x)$, $k = 1, 2, \dots$ corresponding to the eigenvalues λ_k of the following spectral problem

are taken:

$$Lu_k(x) = -a_0 \frac{d^2 u_k(x)}{dx^2} + a(x)u_k(x) = \lambda_k u_k(x), \quad x \in D$$

$$u_k(x)|_{\Gamma} = 0, \quad k = 1, 2, \dots$$

As known, the eigenvalues λ_k are real and nonnegative. Also, the eigenfunctions $u_k = u_k(x)$ are real and satisfy the orthogonality condition in the spaces $L_2(D)$, $W_2^1(D)$, $W_2^2(D)$. Assume that the eigenfunctions $u_k = u_k(x)$, $k = 1, 2, \dots$ are an-orthonormal basis in the space $L_2(D)$ and satisfy the inequality

$$\|u_k\|_{W_2^2(D)}^0 \leq d_k, \quad k = 1, 2, \dots$$

where $d_k > 0$ for $k = 1, 2, \dots$ are constants.

The approximate solutions of the problem (1)-(3) with Galerkin's method are investigated in the form:

$$\psi^N(x, t) = \sum_{k=1}^N C_k^N(t) u_k(x)$$

where the coefficients $C_k^N(t) = (\psi^N(., t), u_k)_{L_2(D)} = (\psi^N, u_k)$ are solutions of Cauchy problem:

$$i \left(\frac{\partial \psi^N(., t)}{\partial t}, u_k \right)_{L_2(D)} = (a_0 \nabla \psi^N(., t), \nabla u_k)_{L_2(D)} + (a \psi^N(., t), u_k)_{L_2(D)} + (v \psi^N(., t), u_k)_{L_2(D)} - (a_1 |\psi^N(., t)|^2 \psi^N(., t), u_k)_{L_2(D)} + (f, u_k)_{L_2(D)}, \quad k = \overline{1, N}$$
(8)

$$C_k^N(0) = (\psi^N(., 0), u_k)_{L_2(D)} = (\varphi, u_k)_{L_2(D)} = \varphi_k, \quad k = \overline{1, N}.$$
(9)

Since the coefficients of the system of first-order nonlinear ordinary differential equations (8) is continuous, as known from (Pontryagin, 1962), the problem (8)-(9) has locally at least one solution on $[0, T]$. To show the existence of global solution on

$[0, T]$ of the problem (8)-(9), we prove the following lemma, which show the uniformly boundedness on $[0, T]$ of all possible solutions of the problem (8)-(9).

Lemma 1: The solution of Cauchy problem (8)-(9) satisfies the estimation

$$\sum_{k=1}^N |C_k^N(t)|^2 + \sum_{k=1}^N \left| \frac{dC_k^N(t)}{dt} \right|^2 \leq \|\psi^N(\cdot, t)\|_{W_2^2(D)}^2 + \left\| \frac{\partial \psi^N(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 \leq \tag{10}$$

$$\leq c_2 \left(\|\varphi\|_{W_2^2(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^2(D)}^6 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^{18} \right),$$

for any $t \in [0, T]$ and $N = 1, 2, \dots$, where $c_2 > 0$ is a constant independent from N and t .

Proof: If we multiply the k -th equation in system (8) by $\bar{C}_k^N(t)$ and sum the obtained equalities on k from 1 to N , and later integrate over the region Ω_t , we get

$$\int_{\Omega_t} \left(i \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \bar{\psi}^N - a_0 |\nabla \psi^N|^2 - a(x) |\psi^N|^2 - v(x) |\psi^N|^2 + a_1 |\psi^N|^4 \right) dx d\tau = \int_{\Omega_t} f \bar{\psi}^N dx d\tau. \tag{11}$$

Subtracting the complex conjugate of (11) from itself and using the inequality

$$\|\psi^N(\cdot, 0)\|_{L_2(D)}^2 = \sum_{k=1}^N |C_k^N(0)|^2 \leq \sum_{k=1}^{\infty} |C_k^N(0)|^2 = \|\varphi\|_{L_2(D)}^2 \tag{12}$$

we obtain

$$\begin{aligned} \|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^4 dx d\tau &\leq \|\psi^N(\cdot, 0)\|_{L_2(D)}^2 + 2 \int_{\Omega_t} |f| |\psi^N| dx d\tau \\ &\leq \|\varphi\|_{L_2(D)}^2 + 2 \int_{\Omega_t} |f| |\psi^N| dx d\tau \end{aligned}$$

and then by Young's inequality it is written that

$$\|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + 2 \operatorname{Im} a_1 \|\psi^N\|_{L_4(\Omega_t)}^4 \leq \|\varphi\|_{L_2(D)}^2 + \|f\|_{L_2(\Omega)}^2 + \int_0^t \|\psi^N(\cdot, \tau)\|_{L_2(D)}^2 d\tau.$$

Thus, in inequality above, using Gronwall's lemma, we get

$$\|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_0^t \|\psi^N(\cdot, \tau)\|_{L_4(D)}^4 d\tau \leq c_3 \left(\|\varphi\|_{L_2(D)}^2 + \|f\|_{L_2(\Omega)}^2 \right) \tag{13}$$

for any $t \in [0, T]$.

As similar to obtaining the equality (11), if we take the derivative of the system (8) in variable t and multiply the obtained system with $\frac{d\bar{C}_k^N(t)}{dt}$, we get

$$\int_{\Omega_t} \left(i \frac{\partial^2 \psi^N}{\partial t^2} \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} - a_0 \left| \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \psi^N) \right|^2 - a(x) \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 - v(x) \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 + a_1 \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \right) \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right) dx d\tau = \int_{\Omega_t} \frac{\partial f}{\partial t} \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} dx d\tau. \quad (14)$$

Let's subtract the complex conjugate of (14) from itself. Thus, we have

$$\begin{aligned} & \int_{\Omega_t} i \left(\frac{\partial}{\partial t} \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 \right) dx d\tau + \int_{\Omega_t} i \operatorname{Im} a_1 \left[\frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \right) \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \bar{\psi}^N \right) \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right] dx d\tau \\ &= - \int_{\Omega_t} \operatorname{Re} a_1 \left[\frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \right) \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \bar{\psi}^N \right) \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right] dx d\tau \\ &+ 2i \int_{\Omega_t} \operatorname{Im} \left(\frac{\partial f}{\partial t} \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right) dx d\tau. \end{aligned} \quad (15)$$

It is clear that

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \right) \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \bar{\psi}^N \right) \frac{\partial \psi^N}{\partial t} &= 2 |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 + \left(\frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \right) \right)^2 \\ \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \right) \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \bar{\psi}^N \right) \frac{\partial \psi^N}{\partial t} &= (\psi^N)^2 \left(\frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right)^2 - (\bar{\psi}^N)^2 \left(\frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right)^2, \end{aligned}$$

since

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \right) \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} = 2 |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 + (\psi^N)^2 \left(\frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right)^2.$$

Using above two equalities in equation (15), we obtain

$$\begin{aligned} & \left\| \frac{\partial \psi^N(.,t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau + \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} \left(\frac{\partial}{\partial t} |\psi^N|^2 \right)^2 dx d\tau \leq \\ & \leq 2 |\operatorname{Re} a_1| \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau + 2 \int_{\Omega_t} \left| \frac{\partial f}{\partial t} \right| \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau + \left\| \frac{\partial \psi^N(.,0)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2. \end{aligned}$$

Here, if we take into account the condition (4) and apply Young's inequality, we get

$$\begin{aligned} \left\| \frac{\partial \psi^N(.,t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 + \tilde{a} \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau & \leq \left\| \frac{\partial \psi^N(.,0)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 + \left\| \frac{\partial f}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 \\ & + \int_0^t \left\| \frac{\partial \psi^N(.,\tau)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 d\tau \end{aligned} \quad (16)$$

for any $t \in [0, T]$, where $\tilde{a} = 2(|\operatorname{Im} a_1| - |\operatorname{Re} a_1|) \geq 2|\operatorname{Re} a_1| > 0$.

To evaluate the term $\left\| \frac{\partial \psi^N(.,0)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2$ in (16), let's write the system (8) in the form:

$$\begin{aligned} i \left(\frac{\partial \psi^N(.,t)}{\partial t}, u_k \right)_{L_2(D)} & = - (a_0 \Delta \psi^N, u_k)_{L_2(D)} + (a \psi^N(.,t), u_k)_{L_2(D)} \\ & + (v \psi^N(.,t), u_k)_{L_2(D)} - \left(a_1 |\psi^N(.,t)|^2 \psi^N(.,t), u_k \right)_{L_2(D)} + (f, u_k)_{L_2(D)}, \quad k = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (17)$$

Let's multiply the k -th equation by $\frac{d\bar{C}_k^N(0)}{dt}$ taking $t = 0$ in the system (17). As similar to obtaining the equality (11) we obtain

$$\begin{aligned} \int_D i \left| \frac{\partial \psi^N(x,0)}{\partial t} \right|^2 dx & = \int_D \left[-a_0 \Delta \psi^N(x,0) + a(x) \psi^N(x,0) + v(x) \psi^N(x,0) \right. \\ & \left. + a_1 |\psi^N(x,0)|^2 \psi^N(x,0) + f(x,0) \right] \frac{\partial \bar{\psi}^N(x,0)}{\partial t} dx \end{aligned}$$

and by Young's inequality and the condition (6)

$$\begin{aligned}
 \left\| \frac{\partial \psi^N(.,0)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 &\leq 4 \left\| L\psi^N(.,0) \right\|_{L_2(D)}^2 + 4 \int_D (|v(x)| |\psi^N(x,0)|)^2 dx \\
 &\quad + 4 |a_1|^2 \int_D |\psi^N(.,0)|^6 dx + 4 \int_D |f(x,0)|^2 dx \\
 &\leq 4 \left\| L\psi^N(.,0) \right\|_{L_2(D)}^2 + 4b_0^2 \left\| \psi^N(.,0) \right\|_{L_2(D)}^2 \\
 &\quad + 4 |a_1|^2 \left\| \psi^N(.,0) \right\|_{L_6(D)}^6 + 4 \left\| f(.,0) \right\|_{L_2(D)}^2.
 \end{aligned} \tag{18}$$

Since

$$\left\| \psi^N(.,t) \right\|_{L_6(D)}^6 \leq \beta^6 \left(\left\| \nabla \psi^N(.,t) \right\|_{L_2(D)}^4 \left\| \psi^N(.,t) \right\|_{L_2(D)}^2 \right) \text{ for any } t \in [0, T] \tag{19}$$

according to the known inequality in (Ladyzhenskaya, 1985 p.34), where $\beta = 3^{2/3} > 0$ is a constant, we write the inequality

$$\left\| \psi^N(.,0) \right\|_{L_6(D)}^6 \leq \beta^6 \left(\left\| \nabla \psi^N(.,0) \right\|_{L_2(D)}^4 \left\| \psi^N(.,0) \right\|_{L_2(D)}^2 \right) \leq c_4 \left\| \psi^N(.,0) \right\|_{W_2^1(D)}^6 \leq c_5 \left\| \varphi \right\|_{W_2^1(D)}^6 \tag{20}$$

In inequality (18), if we use the estimation (13), the inequalities (20),

$$\left\| L\psi^N(.,0) \right\|_{L_2(D)}^2 \leq c_6 \left\| \varphi \right\|_{W_2^2(D)}^2,$$

$$\left\| f(.,t) \right\|_{L_2(D)}^2 \leq c_7 \left\| f \right\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 \text{ for any } t \in [0, T], \tag{21}$$

we obtain

$$\left\| \frac{\partial \psi^N(.,0)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 \leq c_8 \left(\left\| \varphi \right\|_{W_2^2(D)}^2 + \left\| f \right\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \left\| \varphi \right\|_{W_2^1(D)}^6 \right), \tag{22}$$

where $c_j > 0, j = \overline{3, 8}$ are constants. Thus, if we use the inequality (22) in (16)

$$\begin{aligned}
 &\left\| \frac{\partial \psi^N(.,t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 + a \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau \\
 &\leq c_9 \left(\left\| \varphi \right\|_{W_2^2(D)}^2 + \left\| f \right\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \left\| \varphi \right\|_{W_2^1(D)}^6 \right) + \int_0^t \left\| \frac{\partial \psi^N(.,\tau)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 d\tau
 \end{aligned} \tag{23}$$

and then apply Gronwall's lemma, we get

$$\left\| \frac{\partial \psi^N(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 \leq c_{10} \left(\|\varphi\|_{W_2^2(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right) \tag{24}$$

for any $t \in [0, T]$. If we apply the estimation (24) to (23), we get

$$\left\| \frac{\partial \psi^N(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 + a \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau \leq c_{11} \left(\|\varphi\|_{W_2^2(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right) \tag{25}$$

for any $t \in [0, T]$, where $c_9, c_{10}, c_{11} > 0$ are the constants.

To evaluate the term $\nabla \psi^N$, let's multiply the k -th equation in the system (8) by $\frac{d\bar{C}_k^N(t)}{dt}$, sum the obtained equalities on k from 1 to N and integrate over the region Ω_t . Thus, summing the complex conjugate of obtained equality with itself, we get

$$\begin{aligned} & a_0 \int_{\Omega_t} \frac{\partial}{\partial t} |\nabla \psi^N|^2 dx d\tau + \int_{\Omega_t} \frac{\partial}{\partial t} (a(x) |\psi^N|^2) dx d\tau = - \int_{\Omega_t} \frac{\partial}{\partial t} (v(x) |\psi^N|^2) dx d\tau \\ & + \int_{\Omega_t} \left(a_1 |\psi^N|^2 \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} + \bar{a}_1 |\psi^N|^2 \bar{\psi}^N \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right) dx d\tau - 2 \int_{\Omega_t} \text{Re} \left(f \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right) dx d\tau. \end{aligned}$$

Since $\text{Re } a_1 < 0$ and

$$a_1 |\psi^N|^2 \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} + \bar{a}_1 |\psi^N|^2 \bar{\psi}^N \frac{\partial \psi^N}{\partial t} = \frac{\text{Re } a_1}{2} \frac{\partial}{\partial t} (|\psi^N|^4) - 2 \text{Im } a_1 \text{Im} \left(|\psi^N|^2 \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right),$$

we obtain the inequality

$$\begin{aligned}
 & a_0 \|\nabla \psi^N(.,t)\|_{L_2(D)}^2 + \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(.,t)\|_{L_4(D)}^4 \leq a_0 \|\nabla \psi^N(.,0)\|_{L_2(D)}^2 + \mu_0 \|\psi^N(.,0)\|_{L_2(D)}^2 \\
 & + \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(.,0)\|_{L_4(D)}^4 + \int_D |v(x)| |\psi^N(x,t)|^2 dx + \int_D |v(x)| |\psi^N(x,0)|^2 dx + \int_D |f(x,0)|^2 dx \\
 & + \int_D |f(x,t)|^2 dx + \int_D |\psi^N(x,0)|^2 dx + \int_D |\psi^N(x,t)|^2 dx + \|\psi^N\|_{L_2(\Omega)}^2 + \left\| \frac{\partial f}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 \\
 & + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right| dx d\tau + \mu_0 \|\psi^N(.,t)\|_{L_2(D)}^2.
 \end{aligned}$$

from the last equality. Here, using the Cauchy-Schwarz inequality, the inequalities (6), (21),

$$\|\psi^N(.,0)\|_{L_2(D)}^2 \leq c_{12} \|j\|_{W_2^1(D)}^2$$

and the estimation (13), we obtain

$$\begin{aligned}
 & a_0 \|\nabla \psi^N(.,t)\|_{L_2(D)}^2 + \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(.,t)\|_{L_4(D)}^4 \leq \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(.,0)\|_{L_4(D)}^4 \\
 & + c_{13} \left(\|\varphi\|_{W_2^1(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 \right) + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right| dx d\tau.
 \end{aligned} \tag{26}$$

In (26), if we use the inequality

$$\|\psi^N(.,0)\|_{L_4(D)}^4 \leq c_{14} \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 + c_{15} \|\varphi\|_{L_2(D)}^2$$

from the known inequality in (Ladyzhenskaya, 1985 p.34), we get

$$\begin{aligned}
 & a_0 \|\nabla \psi^N(.,t)\|_{L_2(D)}^2 + \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(.,t)\|_{L_4(D)}^4 \leq 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right| dx d\tau \\
 & + c_{16} \left(\|\varphi\|_{W_2^1(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right),
 \end{aligned}$$

where the constant $c_j > 0, j = \overline{12} \square 16$ are independent from N and t . Here, since

$$\begin{aligned}
 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \psi^N \frac{\partial \bar{\psi}^N}{\partial t} \right| dx d\tau &\leq \operatorname{Im} a_1 \int_0^t \|\psi^N(\cdot, \tau)\|_{L_4(D)}^4 d\tau + \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau \\
 &\leq c_{17} \left(\|\varphi\|_{L_2(D)}^2 + \|f\|_{L_2(\Omega)}^2 \right) + \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau
 \end{aligned}$$

from the estimation (13), we have from the above inequality

$$\begin{aligned}
 a_0 \|\nabla \psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_4(D)}^4 &\leq \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} |\psi^N|^2 \left| \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \right|^2 dx d\tau \\
 + c_{18} \left(\|\varphi\|_{W_2^1(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right). &
 \end{aligned} \tag{27}$$

for any $t \in [0, T]$, where $c_{18} > 0$ is independent from N and t . Since $\tilde{a} > 0$ and $\operatorname{Im} a_1 > 0$, using (25) in (27), we get

$$a_0 \|\nabla \psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + \frac{|\operatorname{Re} a_1|}{2} \|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_4(D)}^4 \leq c_{19} \left(\|\varphi\|_{W_2^1(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right) \tag{28}$$

for any $t \in [0, T]$, where $c_{19} > 0$ is a constant.

Finally, to evaluate the derivation $\Delta \psi^N$, multiplying the k -th equation in the system (17) by $\lambda_k \bar{C}_k^N$, we have

$$\int_D \left[i \frac{\partial \psi^N}{\partial t} L \bar{\psi}^N - |L \psi^N|^2 - v(x) \psi^N L \bar{\psi}^N + a_1 |\psi^N|^2 \psi^N L \bar{\psi}^N - f L \bar{\psi}^N \right] dx = 0$$

and thus it is written that

$$\|L\psi^N\|_{L_2(D)}^2 \leq 4 \left\| \frac{\partial \psi^N(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 + 4b_0^2 \|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + 4|a_1|^2 \|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_6(D)}^6 + 4\|f\|_{L_2(D)}^2. \quad (29)$$

If we use the inequality

$$\|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 \geq \frac{a_0^2}{2} \|\Delta \psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 - \|a(x)\psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 \quad \text{and the condition (5), the estimations (13), (24) in the (27), we get}$$

$$a_0^2 \|\Delta \psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 \leq c_{20} \left(\|\varphi\|_{W_2^2(0,I)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(0,I)}^6 \right) + 4|a_1|^2 \|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_6(D)}^6. \quad (30)$$

for any $t \in [0, T]$. For the term $\|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_6(D)}^6$ in the (30), from (19), it is written that

$$\|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_6(D)}^6 \leq \beta^6 \left(\|\psi^N(\cdot, t)\|_{W_2^1(D)}^6 \right) \quad \text{for any } t \in [0, T]$$

which implies that

$$\|\psi^N(\cdot, t)\|_{L_6(D)}^6 \leq c_{21} \left(\|\varphi\|_{W_2^2(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^2(D)}^6 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^{18} \right) \quad (31)$$

from the estimations (13) and (28). If we apply the inequality (31) to (30), we obtain

$$\|\Delta \psi^N(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 \leq c_{22} \left(\|\varphi\|_{W_2^2(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^2(D)}^6 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^{18} \right). \quad (32)$$

Thus, combining the estimations (13), (24), (28) and (32), we can easily written that

$$\begin{aligned} \|\psi(\cdot, t)\|_{W_2^2(D)}^2 + \left\| \frac{\partial \psi(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2 &\leq c_{23} \left(\|\varphi\|_{W_2^2(D)}^2 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^2 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^6 \right. \\ &\quad \left. + \|\varphi\|_{W_2^2(D)}^6 + \|f\|_{W_2^{0,1}(\Omega)}^6 + \|\varphi\|_{W_2^1(D)}^{18} \right) \end{aligned} \quad (33)$$

for any $t \in [0, T]$, where $c_j > 0 \ j = \overline{20, 23}$ are constants. Since

$$\sum_{k=1}^N |C_k^N(t)|^2 + \sum_{k=1}^N \left| \frac{dC_k^N(t)}{dt} \right|^2 \leq \|\psi^N(\cdot, t)\|_{W_2^0(D)}^2 + \left\| \frac{\partial \psi^N(\cdot, t)}{\partial t} \right\|_{L_2(D)}^2$$

if we take $c_2 = c_{23}$ in (33), it seem that the functions $\psi^N(x, t)$ satisfy the estimation (10), that is, Cauchy problem (8)-(9) has one global solution on $[0, T]$.

Let's define a family of functions $\ell_{N,k}(t) = (\psi^N(\cdot, t), u_k)_{L_2(D)}$, $k, N = 1, 2, \dots$ by means of the functions

$\psi^N(x, t)$. From (10), it follows that $\ell_{N,k}(t)$ and $\frac{d\ell_{N,k}(t)}{dt}$ are uniformly bounded on $[0, T]$. Also, as similar

to the paper (Yildirim Aksoy et al., 2016), the equicontinuity of the functions $\ell_{N,k}(t)$ and $\frac{d\ell_{N,k}(t)}{dt}$ for fixed k and $N \geq k$, $k, N = 1, 2, \dots$ is shown on $[0, T]$.

In this way, from Ascoli-Arzelà's theorem (Hsieh and Sibuya, 1999), we can extract the subsequences

$\{\ell_{N_m,k}(t)\}$, $\left\{ \frac{d\ell_{N_m,k}(t)}{dt} \right\}$, $m = 1, 2, \dots$ from sequences $\{\ell_{N,k}(t)\}$, $\left\{ \frac{d\ell_{N,k}(t)}{dt} \right\}$, respectively, such that

$$\ell_{N_m,k}(t) \xrightarrow{\text{uniformly}} \ell_k(t), \quad \frac{d\ell_{N_m,k}(t)}{dt} \xrightarrow{\text{uniformly}} \frac{d\ell_k(t)}{dt} \text{ on } [0, T].$$

Now, let's define the function $\psi(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \ell_k(t) u_k(x)$ using the function $\ell_k(t)$ which implies that

$$\frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{d\ell_k(t)}{dt} u_k(x). \text{ It is easily shown that the subsequences } \{\psi^{N_m}(x, t)\} \text{ and } \left\{ \frac{\partial \psi^{N_m}(x, t)}{\partial t} \right\} \text{ are}$$

uniformly with respect to t weakly converge to the functions $\psi(x, t)$ and $\frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t}$ in $W_2^0(D)$ and $L_2(D)$, respectively, i.e., limit relations

$$\{\psi^{N_m}\} \xrightarrow{\text{weakly}} \psi(x, t) \text{ in } W_2^0(D), \quad \left\{ \frac{\partial \psi^{N_m}}{\partial t} \right\} \xrightarrow{\text{weakly}} \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} \text{ in } L_2(D) \tag{34}$$

is written. Thus, since $\{\psi^{N_m}\} \in B_0$, $\psi \in C^0([0, T], W_2^0(D)) \cap C^1([0, T], L_2(D))$.

As similar to the paper (Yildirim Aksoy et al., 2016), it is shown that $\psi(x,t)$ satisfies the equation (1) for almost all $x \in D$ and any $t \in [0,T]$, the condition (2) for almost all $x \in D$ and the condition (3) for almost all $(\xi,t) \in S$. Thus, $\psi(x,t) \in B_0$.

If we take the lower limit of inequality (10) for $N = N_m$ and $m \rightarrow \infty$ by using the relations (34), we get that function $\psi(x,t)$ satisfies the estimation (7).

Finally, let's prove the uniqueness of the solution of the problem (1)-(3) in B_0 . For purpose, let's take two different solutions of the problem (1)-(3) such as $\psi(x,t)$ and $\phi(x,t)$ in B_0 . Then, the function $\omega(x,t) = \psi(x,t) - \phi(x,t)$ holds the following boundary value problem:

$$i \frac{\partial \omega}{\partial t} + a_0 \Delta \omega - a(x)\omega - v(x)\omega + a_1 (|\psi|^2 + |\phi|^2) \omega + a_1 \psi \phi \bar{\omega} = 0, \quad (x,t) \in \Omega \tag{35}$$

$$\omega(x,0) = 0, \quad x \in D, \quad \omega(\xi,t)|_S = 0, \quad (\xi,t) \in S. \tag{36}$$

To show the uniqueness of the solution, let's multiply the equation (35) with $\bar{\omega}(x,t)$ and integrate over Ω_t . Thus, we obtain

$$\int_{\Omega_t} \left[i \frac{\partial \omega}{\partial t} \bar{\omega} - a_0 |\nabla \omega|^2 - a(x) |\omega|^2 - v(x) |\omega|^2 + a_1 (|\psi|^2 + |\phi|^2) |\omega|^2 + a_1 \psi \phi (\bar{\omega})^2 \right] dx d\tau = 0. \tag{37}$$

Subtracting the complex conjugate of (37) from itself and using the condition (36), we obtain

$$\|\omega(\cdot,t)\|_{L_2(D)}^2 + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} (|\psi|^2 + |\phi|^2) |\omega|^2 dx d\tau = -2 \int_{\Omega_t} \operatorname{Im} (a_1 \psi \phi (\bar{\omega})^2) dx d\tau$$

which is equivalent to

$$\begin{aligned} \|\omega(\cdot,t)\|_{L_2(D)}^2 + 2 \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} (|\psi|^2 + |\phi|^2) |\omega|^2 dx d\tau &\leq 2 |a_1| \int_{\Omega_t} |\psi| |\phi| |\omega|^2 dx d\tau \\ &\leq |a_1| \int_{\Omega_t} (|\psi|^2 + |\phi|^2) |\omega|^2 dx d\tau. \end{aligned}$$

Since $|a_1| \leq |\operatorname{Re} a_1| + |\operatorname{Im} a_1| = |\operatorname{Re} a_1| + \operatorname{Im} a_1$ and $\operatorname{Im} a_1 \geq 2|\operatorname{Re} a_1|$ it is written that $|a_1| \leq \frac{3}{2} \operatorname{Im} a_1$. Thus,

$$\|\omega(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 + \frac{1}{2} \operatorname{Im} a_1 \int_{\Omega_t} (|\psi|^2 + |\phi|^2) |\omega|^2 dx d\tau \leq 0$$

for any $t \in [0, T]$, which implies that $\|\omega(\cdot, t)\|_{L_2(D)}^2 = 0$ for any $t \in [0, T]$. Hence,

$$\psi(x, t) = \phi(x, t) \text{ for any } t \in [0, T], \text{ almost all } x \in D$$

i.e., the problem (1)-(3) has a unique solution in B_0 .

CONCLUSION

As a result, we obtained that the solution of the considered initial boundary value problem exists and it has a unique solution. Also, we shown that the

solution of the partial differential equation satisfies a priori estimation. Different from the previous studies we studied a two-dimensional nonlinear Schrödinger equation. So, this study is more comprehensive than previous.

REFERENCES

- Bu C, 1994. An initial-boundary value problem of the nonlinear Schrödinger equation, Appl. Anal. 53: 241-254.
- Bu C, Tsuyata K, Zhang C, 2005. Nonlinear Schrödinger equation with inhomogeneous Dirichlet-Boundary data. J. Math. Phys., 46: 083504.
- Hashimoto H, Ono H, 1972. H. Nonlinear modulation of Gravity Waves. J. Phys. Soc. Jpn., 33: 805-811.
- Holmer J, 2005. The initial-boundary value problem for the 1-d nonlinear Schrödinger equation on the half-line. Diff. Integ. Equation, 18: 647-668.
- Hsieh P F, Sibuya Y, 1999. Basic Theory of Ordinary Differential Equations, Springer Verlag, New York. 468p.
- Iskenderov A D, Yagubov G Y, 2007. Optimal control Problem with unbounded potential for multidimensional, nonlinear and nonstationary Schrödinger equation. Proceedings of the Lankaran State University, Natural Sciences series. 3-56.
- Kaikina E I, 2013. Inhomogeneous Neumann initial-boundary value problem for the nonlinear Schrödinger equation. Journal of Differential Equation, 255: 3338-3356.
- Kelley P L, 1965. Self-focusing of optical beams. Physical Review Letters, 15: 1005-1008.
- Ladyzhenskaya O A, 1985. The Boundary Value Problems of Mathematical Physics, Springer Verlag. 322p.
- Mahmudov N M, 2007. Solvability of Boundary Value Problems for a Schrödinger Equation with Pure Imaginary Coefficient in the Nonlinear Part of This Equation. Proceedings of IMM of NAS of Azerbaijan, Vol.27, issue 35: 25-36.
- Pontryagin L S, 1962. Ordinary Differential Equations. Addison-Wesley Publishing Comp., (translated from the Russian).
- Schimizu K, Ichikawa Y H, 1972. Automodulation of Ion Oscillation Modes in Plasma. J. Phys. Soc. Jpn., 33: 789-792.
- Stewartson K, Stuart J T, 1971. A Nonlinear Instability Theory for a Wave System in Plane Poiseuille Flow. J. of Fluid Mechanic, 48(3): 529-545.
- Strauss W, Bu C, 2001. An Inhomogeneous Boundary Value Problem for Nonlinear Schrödinger Equations. Journal of Differential Equations, 173: 79-91.
- Talanov V I, 1965. Self-focusing of wave beams in nonlinear media. Soviet Physics-JETP Letters, 2: 138-141.
- Tsutsumi M, 1991. On Global Solutions to the Initial Boundary Value Problem for Nonlinear Schrödinger Equation in Exterior Domain. Comm. Partial Differential Equations, 6: 885-907.
- Yildirim Aksoy N, Kocak Y, Ozeroglu Y, 2016. On the solvability of initial boundary value problems for nonlinear time-dependent Schrödinger equations. Quaestiones Mathematicae, 39(6): 751-771.

Detection of Ten Resistance Genes Against *P. syringae* pv. *phaseolicola* and *X. axonopodis* pv. *phaseoli* in Twelve Local Bean Varieties Using SCAR Markers

İsmail POYRAZ¹, Berru ŞAHİN¹, Evren ATMACA²

ABSTRACT: Bean (*Phaseolus vulgaris*) is an important food and source of vitamin worldwide. It is preferred in different cooking forms in different cultures. Some bacterial and fungal diseases cause serious loss in bean production and impend nutrition and economy. In this study, we aimed to investigate the presence of some resistance genes against two plant diseases (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) in twelve local bean varieties (Aslan, Elinda, İstanbul, Bursa, Flash, Belluga, White cordinal, Beryl, Yunus-90, Göynük-98, Önceler-98, Eskişehir-855). We scanned four resistance genes (*SR13*, *ST8*, *SH11* and *SB10*) for *P. syringae* pv. *phaseolicola* and six resistance genes (*SAP6*, *BAC6*, *SU91*, *BC420*, *R7313* and *R4864*) for *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. PCR amplifications were performed with specific SCAR markers for each resistance gene. The obtained DNA bands were scored as present or absent for the detection of resistance genes. For comparison, the virulence rates of two plant diseases against twelve bean varieties were obtained from field results. We especially observed that two bean varieties (Aslan and Beryl) including four resistance genes against *P. syringae* pv. *phaseolicola* are more resistant to this disease in field. We revealed analysis results for all resistance genes in twelve bean varieties and compared with resistance rates in field. The data obtained from this study will seriously be conduce to the improvement of resistant varieties against pathogens in bean production.

Keywords: PCR, *phaseolus vulgaris*, plant diseases, resistance gene markers

SCAR Markörler Kullanarak On İki Yerel Fasulye Çeşidinde *P. Syringae* Pv. *Phaseolicola* ve *X. Axonopodis* Pv. *Phaseoli*'ye Karşı On Direnç Geninin Tespit Edilmesi

ÖZET: Fasulye (*Phaseolus vulgaris*), dünya genelinde önemli bir besin ve vitamin kaynağıdır. Farklı kültürlerde farklı yemek formları olarak tercih edilmektedir. Bazı bakteriyel ve fungal hastalıklar, fasulye üretiminde ciddi kayıplara neden olmakta ve beslenme ve ekonomiyi tehdit etmektedir. Bu çalışmada, on iki yerel fasulye çeşidinde (Aslan, Elinda, İstanbul, Bursa, Flash, Belluga, White cordinal, Beryl, Yunus-90, Göynük-98, Önceler-98, Eskişehir-855), iki bitki hastalığına (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) karşı bazı direnç genleri belirlenmesini amaçlanmıştır. *P. syringae* pv. *phaseolicola* için dört direnç geni (*SR13*, *ST8*, *SH11* ve *SB10*) ve *X. axonopodis* pv. *phaseoli* için ise altı (*SAP6*, *BAC6*, *SU91*, *BC420*, *R7313* ve *R4864*) direnç geni taranmıştır. Her bir direnç geni için polimeraz zincir reaksiyonu (PCR)-çoğaltımları spesifik SCAR belirteçler ile gerçekleştirilmiştir. Direnç genlerinin tespiti için elde edilen DNA bantları, var veya yok olarak kaydedilmiştir. Karşılaştırma yapmak için, iki bitki hastalığına karşı hastalık yapma oranları tarla verilerinden elde edilmiştir. Özellikle, *P. syringae* pv. *phaseolicola*'ya karşı dört direnç geni içeren iki fasulye türünün (Aslan ve Beryl), tarlada bu hastalığa karşı daha dirençli olduğunu gözlenmiştir. On iki fasulye çeşidindeki tüm direnç genleri için analiz sonuçlarını ortaya konulmuş ve tarladaki direnç oranları ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler, fasulye üretiminde patojenlere karşı dirençli çeşitlerin geliştirilmesine ciddi bir katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bitki Hastalıkları, direnç gen belirteçleri, pcr, *phaseolus vulgaris*

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bilecik, Türkiye

² Eskişehir Geçitkuşluğu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Yemeklik Tane Baklagiller Birimi, Eskişehir, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: İsmail POYRAZ, ismail.poyraz@bilecik.edu.tr

INTRODUCTION

Bean (*Phaseolus vulgaris*) is popular legume worldwide (Raggi et al., 2014; Scarano et al., 2014; Meziadi et al., 2016) and have many specialties as food source in human nutrition (Osdaghi and Rak, 2015; Darkwa et al., 2016). It includes A, B1, B2, C vitamins and has a high protein level, assisting the neutralization of acids accumulated in human body (FAO, 2014).

Dry bean is one of the most important major crop in Turkey and its annual production is about 200.000 tones (Ceylan et al., 2014). *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* is a very dangerous bacterial pathogen causing greenish or grayish angular blots in bean cotyledons. This pathogen infects all bean varieties and cause serious economic lose worldwide (Taylor et al., 1996). *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* is a pathogen of a plant disease decreasing efficiency and quality of bean.

This pathogen also causes same and pale blots in cotyledons (KFFABS, 2016). Fighting against these diseases is very difficult and expensive. The pesticides including copper are generally used for fighting against bacterial diseases (Madakbaş and Ellialtıoğlu, 2012).

However, these pesticides are very costly chemicals and not usually preferred by bean farmers. The environmental pollution, cost of bean production and marketing problems increased due to expensive chemical pesticides, which rise negative attitudes of farmers against bean farming (Çalışkan, 2014).

Plant genetic resources are very important for progress in plant breeding, genetics and molecular biology (Martins et al., 2006). The higher genetic diversity in plants provides a strong base for selecting superior genotypes for plant breeding (Ceylan et al., 2014).

Breeding of resistant bean cultivars against bacterial and fungal pathogens is an alternative method in fighting the diseases (Turunç, 2010; Meziadi et al., 2016; Zhu et al., 2016). Four

resistance genes have been identified (*SR13*, *ST8*, *SH11* and *SB10*) for *P. syringae* pv. *phaseolicola* and six resistance genes (*SAP6*, *BAC6*, *SU91*, *BC420*, *R7313* and *R4864*) for *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (Carlos et al., 2009; Perry et al., 2013; Miklas et al., 2014).

The use of pathogen resistant cultivars provides important economic and environmental advantages (Broughton et al., 2003). In this study, we scanned ten resistance genes for these diseases using SCAR (Sequence characterized amplified region) markers in order to reveal the presence of these genes in twelve local bean varieties.

MATERIAL AND METHODS

Materials

Twelve bean varieties and seed samples were provided from Geçitkuřađı Agricultural Research Institute (GARI) (Eskişehir, Turkey) (Table 1.). Resistance levels for bean varieties were obtained from the field data by GARI. Bean seeds were germinated in sterile petri dishes using filter paper wetted with sterile water at room temperature. The fresh leaves from the germinated beans were stored at -20°C. For the DNA isolation, leaf samples were ground to fine powder and transferred to eppendorf tubes.

DNA isolation

DNA extraction from bean leaves was performed using the CTAB (cetyl trimethylammonium bromide) procedure with minor modifications (Doyle and Doyle 1987). Approx. 100 mg powdered materials for each bean varieties was transferred to a 2 ml Eppendorf tubes and 1 ml freshly prepared extraction buffer was added. The quantity and quality of DNA samples were determined by using a Nanodrop Spectrophotometer (Shimadzu, Kyoto, Japan). DNA samples were diluted with sterile distilled water to 2 ng μ l.

Table 1. Bean varieties and resistance levels in field

Used Wheat Varieties	Resistance to <i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	Resistance to <i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>
Aslan	Resistant	Resistant
Elinda	Semi Resistant	Semi Resistant
İstanbul	Semi Resistant	Semi Resistant
Bursa	Sensitive	Sensitive
Flash	Sensitive	Sensitive
Belluga	Resistant	Resistant
White cordinal	Resistant	Resistant
Beryl	Resistant	Resistant
Yunus-90	Semi Resistant	Semi Resistant
Göynük- 98	Semi Resistant	Semi Resistant
Önceler-98	Semi Resistant	Semi Resistant
Eskişehir-855	Sensitive	Sensitive

Table 2. SCAR Markers used in PCR amplifications

SCAR Markers	Pathogen	Forward ve Reverse Primers	Referance
SR13	<i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	F: 5'GGACGACAAGGAACATATTCA 3' R: 5'GGACGACAAGGCTGCAAGAACCAT 3'	Miklas et al., 2000
ST8	<i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	F: 5'AACGGCGACATCAGTGTAAGG 3' R: 5'AACGGCGACAACCGACCATGTTTTAC 3'	Miklas et al., 2000
SH11	<i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	F: 5'CTTCCGCAGTCGAGAGAT 3' R: 5'CTTCCGCAGTAGCACC 3'	Miklas et al., 2000
SB10	<i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	F: 5'CTGCTGGGACAATCACCAAGTC 3' R: 5'CTGCTGGGACTCTTTAC3'	Fourie et al., 2004
SAP6	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	F: 5'GTCACGTCTCCTTAATAGTA 3' R: 5'GTCACGTCTCAATAGGCAAA 3'	Miklas et al., 2000
BAC6	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	F: 5'TAGGCGGCGGCACGTTTTG 3' R: 5'TAGGCGGCGGAAGTGCGGTG 3'	Jung et al., 1999
SU91	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	F: 5'CCACATCGGTAAACATGAGT 3' R: 5'CCACATCGGTGTCAACGTGA 3'	Pedraza et al., 1997
BC420	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	F: 5'GCAGGGTTCGAAGACACACTGG 3' R: 5'GCAGGGTTCGCCAATAACG 3'	Yu et al., 2000
R7313	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	F: 5'ATTGTTATCGTCGACACG 3' R: 5'AATATTTCTGATCACACGAG 3'	Bai et al., 1997 Beattie et al., 1998
R4865	<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	F: 5'TCCAAAGCCATTCTAGTT 3' R: 5'CAGCTACTTTCAAAC 3'	Bai et al., 1997 Beattie et al., 1998

PCR amplifications

PCR amplification for SCAR marker primers (Table 2) from genomic DNA was performed in a total reaction volume of 25 μ l containing 10 ng of template bean DNA, 1X *Taq* polymerase reaction buffer, 2 mm MgCl₂, 0.1 mm of each dNTPs (dATP, dCTP, dGTP, and dTTP), 0.2 mM primers and 1 U of *Taq* DNA polymerase (Fermentas). Amplifications were performed in a Techne TC Plus thermocycler (Techne Inc.) programmed as follows: 4 min denaturation at 94 °C, 35 cycles of 45 sec. denaturation at 94 °C, 50 sec annealing at 45-60 °C for PCR amplification, and a 1.5 min extension at 72 °C, followed by a final extension at 72 °C for 7 min.

SCAR marker primers were used in PCR amplifications the detection of resistance genes. Amplification products were separated on 1.3% agarose gel containing ethidium bromide (0.5 μ g/ml). Gels were visualized under UV light and digitally photographed with Gel Logic 212Pro imaging system (Carestream, USA). Molecular weights of ISSR-PCR products were estimated using a 100 bp Plus DNA Ladder (Fermentas).

RESULTS AND DISCUSSION

Bean is a premier plant on account of sowing area and production among other edible grain legumes (FAO, 2014). It is also extensively consumed as fresh vegetable aside from dried beans (TUIK, 2013). Bean, lentil and chick pea farming comprises 60% of the world legume production. The production of legumes in world is 58,7 million tons in 63 million ha sowing area. These numbers for bean production in Turkey is respectively 200.000 tons in 93.174 ha (TUIK, 2013; Ceylan et al., 2014; GTHB, 2016). Additionally, because of its economical and nutritional importance, the self-pollinating trait and small genome, bean is an excellent species for genetic analysis (Xu et al., 2014; El-Garhy et al., 2016). Despite being a premier plant in the world legume production, bean varieties are adapted to some farming regions and the use of certificated seed is very inadequate. In addition to this, bacterial and fungal diseases have especially increased in some farming regions (Friesen et al., 2014). For

example, the hemibiotrophic fungus *Colletotrichum lindemuthianum* caused anthracnose disease and it is one of the most important diseases of bean causing serious crop loss worldwide. Anthracnose is a difficult disease to control because the pathogen shows high genetic variability, survives in cultural debris and can be efficiently transmitted through seeds (Freitas and Stadnik, 2012). Freitas and Stadnik (2012) aimed to monitor and compare race-specific and ulvan-induced defense responses to race 73 of *C. lindemuthianum* in resistant and susceptible bean plants (Freitas and Stadnik, 2012). Similarly, common bacterial blight (*X. axonopodis* pv. *phaseoli*) is easily spread from infected seed and is the number one foliar disease of dry bean (Friesen et al., 2014; Zhu et al., 2016). Friesen et al. (2014) investigated effects of microwave radiation on dry bean seed infected with *X. axonopodis* pv. *phaseoli* with and without the use of chemical seed treatment (Friesen et al., 2014). Additionally, Zhu et al. (2016) showed that QTL (quantitative trait loci) and candidate genes were associated with common bacterial blight resistance in the common bean cultivar Longyundou 5 from China (Zhu et al., 2016). The development of wilt-resistant common bean cultivars is the most cost-effective and long lasting method for controlling the disease.

Osdaghi and Rak (2015) aimed to evaluate the common bean cultivars and lines in Iran for their resistance to bacterial wilt. (Osdaghi and Rak, 2015). Molecular markers are very important for the detection of resistance against plant diseases. Meziadi et al. (2016) performed some research on the development of molecular markers linked to disease resistance genes in common bean based on whole genome sequence (Meziadi et al., 2016). In this study, we performed PCR amplifications for the detection of *resistance* genes, using SCAR marker primers. We scanned twelve local bean varieties for four resistance genes (*SR13*, *ST8*, *SH11* and *SB10*) against *P. syringae* pv. *phaseolicola* and six resistance genes (*SAP6*, *BAC6*, *SU91*, *BC420*, *R7313* and *R4864*) against *X. axonopodis* pv. *phaseoli*. Our results revealed the presence or absence of these resistance genes in twelve bean varieties against *P. syringae* pv. *phaseolicola* and *X. axonopodis* pv. *phaseoli* bacterial pathogens (Table 3.).

Table 3. Resistance genes in twelve bean varieties (✓: Present, ✱: Mutant form)

Bean Variety	<i>For P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>				<i>For X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>					
	SR13	ST8	SH11	SB10	SAP6	BAC6	SU91	BC420	R7313	R4865
Aslan	✓	✓	✓	✓	0	✓	0	0	0	0
Elinda	0	0	✓	✓	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0	✓	✓	0	0	0	0	0	0
Bursa	0	0	✓	✱	0	0	0	0	0	0
Flash	0	0	✓	✱	0	0	0	0	0	0
Belluga	0	0	✓	✱	0	0	0	0	0	0
White cordinal	0	0	✓	✱	0	0	0	0	0	0
Beryl	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0
Yunus 90	0	0	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0
Göynük-98	0	0	✓	✱	0	0	0	0	0	0
Önceler-98	0	0	✓	✓	0	0	0	0	0	0
Eskişehir 855	0	0	✓	✓	0	0	0	0	0	0

We detected the presence of some resistance genes in twelve bean varieties. We obtained 800 bp band yield for *SH11*, 820 bp band yield for *SAP6* (Figure 1), 525 bp band yield *SB10*, 1350 bp band yield *ST8* (Figure 2) and 1250 bp band yield *BAC6*, 1150 bp band yield *SR13* (Figure 3) with PCR amplification.

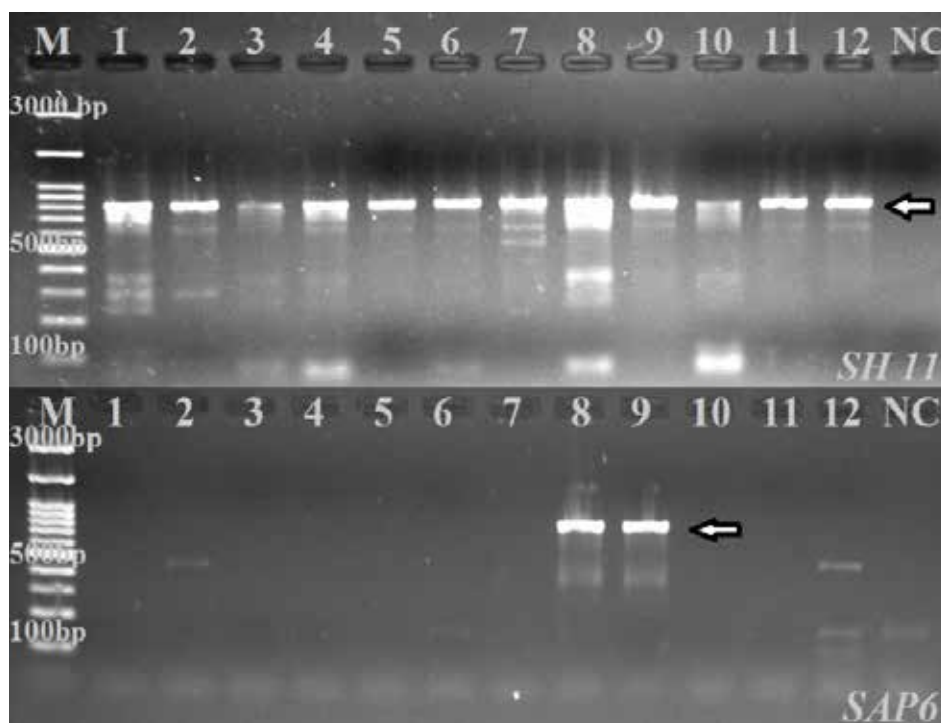


Figure 1. Agarose gel image of PCR amplification with *SH11* (800 bp yield) and *SAP6* (820 bp yield) primers. M: 100 bp DNA marker, 1-12: Bean varieties, NC: Negative control

We observed that all bean varieties include *SH11* and *SB10* genes. Aslan and Beryl varieties are more resistant to *P. syringae* pv. *phaseolicola*. These two varieties also include *BAC6* gene (Figure 3) and verify to field data against two diseases. We determined

Eskişehir-855 variety as sensitive consistent with the literature.

On the contrary, while Belluga was notified resistant in the field data, this variety includes only *SH11* and mutant *SB10* genes.

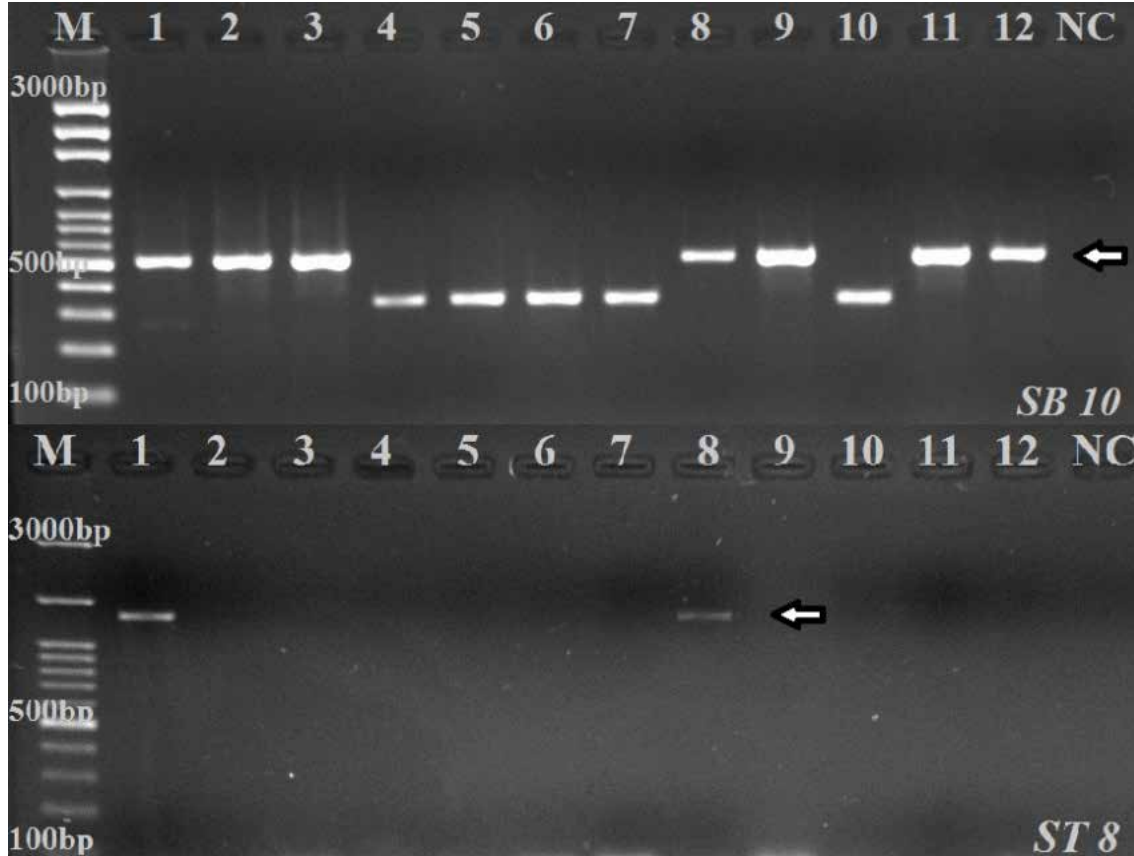


Figure 2. Agarose gel image of PCR amplification with *SB10* (525 bp yield) and *ST8* (1350 bp yield) primers. M: 100 bp DNA marker, 1-12: Bean varieties, NC: Negative control

Despite Yunus-90 is semi-sensitive, it is interesting that we determined four resistance genes in Yunus-90 against both diseases. We didn't observe any result for *SU91*, *BC420*, *R7313* and *R4864* resistance genes. Today, crop improvement programs based on plant disease resistance genes are being optimized

by incorporating molecular marker techniques and biotechnology.

Therefore, plant resistance genes need to be studied extensively to decrease the existing problem of pest and diseases apart from the abiotic challenges (Gururani et al 2012).

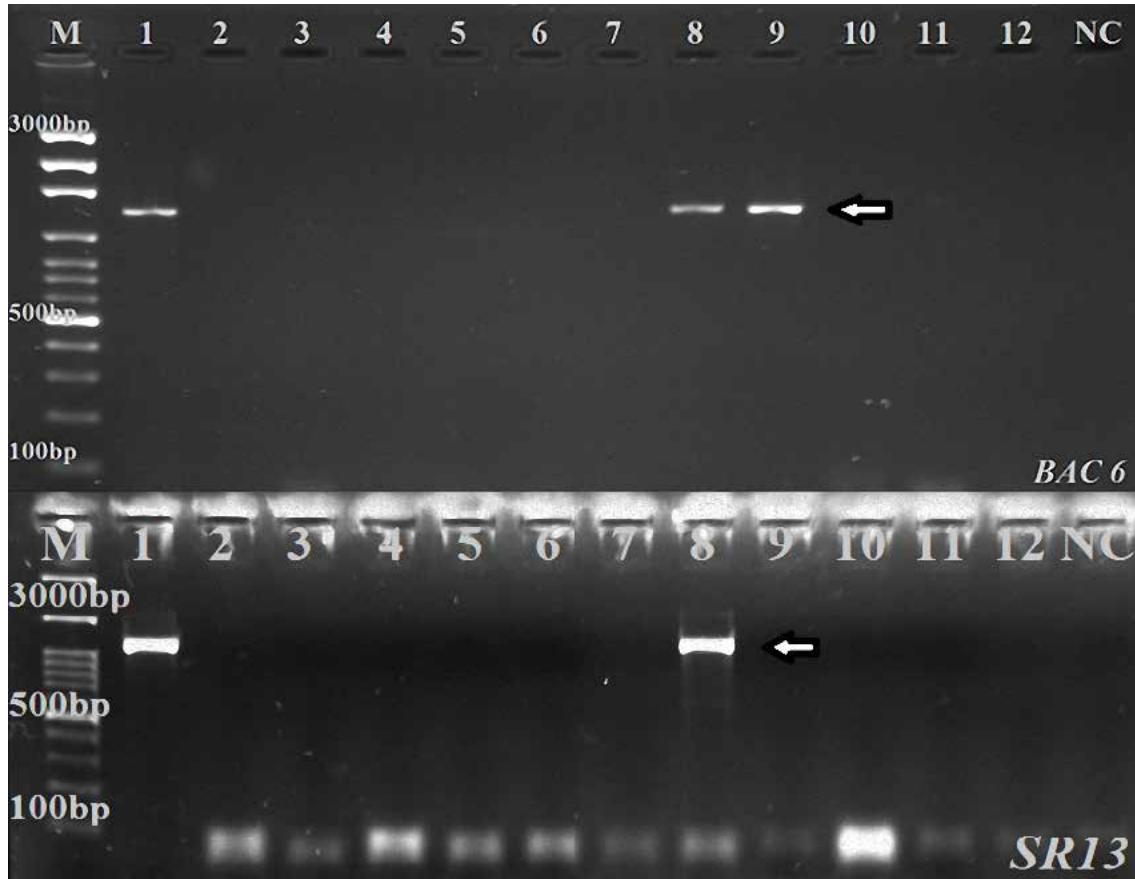


Figure 3. Agarose gel image of PCR amplification with *BAC6* (1250 bp yield) and *SR13* (1150 bp yield) primers. M: 100 bp DNA marker, 1-12: Bean varieties, NC: Negative control

CONCLUSION

The genetic research for resistance gene sources in cultivation plants has an important role for the plant breeding studies in agriculture. The genetic potential of many local bean varieties in Turkey haven't been identified yet. We observed that the SCAR markers developed to detect resistance genes against bean diseases are very useful and sensitive for breeding studies. In this study, we determined that some bean

varieties as Beryl and Aslan have resistance genes against both *P. syringae* pv. *phaseolicola* and *X. axonopodis* pv. *phaseoli* pathogens.

These results are compatible with the field data of GARI. These bean varieties may be used as parental resource in bean breeding studies. Consequently, we assert that the results of this study will seriously conduce to the improvement of resistant varieties against pathogens in bean production.

REFERENCES

- Bai Y, Michaels TE, Pauls KP, 1997. Identification of RAPD markers linked to common bacterial blight resistance genes in *Phaseolus vulgaris* L. *Genome*, 40: 544-551.
- Beattie A, Michaels TE, Paul KP, 1998. An efficient reliable method to screen for common bacterial blight (CBB) resistance in *Phaseolus vulgaris* L. *Annu. Rept. Bean Improv. Coop*, 41: 53-54.
- Broughton WJ, Hernandez G, Blair M, Beebe S, Gepts P, Vanderleyden J, 2003. Beans (*Phaseolus vulgaris*) - Model Food Legumes. *Plant and Soil*, 252: 55-128.
- Çalışkan S, 2014. TR71 bölgesinde fasulye tarımının mevcut durumu, sorunları ve çözüm önerileri. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2): 60-65.
- Carlos A, Urrea JR, Steadman MA, Pastor-Corrales DT, 2009. Lindgren, and J. P. Venegas, Registration of Great Northern common bean cultivar 'coyne' with enhanced disease resistance to common bacterial blight and bean rust. *Journal of Plant Registrations*. doi:10.3198/jpr2008.12.0692crc.
- Ceylan A, Öcal N, Akbulut M, 2014. Genetic diversity among the Turkish common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) as assessed by SRAP, POGP and cpSSR markers. *Biochemical Systematics and Ecology*, 54: 219-229.

- Darkwa K, Ambachew D, Mohammed H, Asfaw A, Blair MW, 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. *The crop journal*, 4: 367-376.
- Doyle JJ, Doyle JL, 1987. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.*, 19: 11-15.
- El-Garhy HAS, Rashid IAS, Abou-Ali RM, Moustafa, MMA, 2016. Field application of safe chemical elicitors induced the expression of some resistance genes against grey mold and cottony rot diseases during snap bean pods storage. *Gene*, 576: 358-365.
- FAO, 2014. Food and Agriculture Organization Statistical Database. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?> (Accessed Date: 13 October 2016).
- Fourie D, Miklas PN, Ariyaratne HM, 2004. Genes conditioning halo blight resistance to races 1, 7, and 9 occur in a tight cluster. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.*, 47: 103-104.
- Freitas MB, Stadnik MJ, 2012. Race-specific and ulvan-induced defense responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) against *Colletotrichum lindemuthianum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 78: 8-13.
- Friesen AP, Conner RL, Robinson DE, Barton WR, Gillard CL, 2014. Effect of microwave radiation on dry bean seed infected with *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* with and without the use of chemical seed treatment. *Crop Protection*, 65: 77-85.
- Gururani MA, Venkatesh J, Upadhyaya CP, Nookaraju A, Pandey SK, Park SW, 2012. Plant disease resistance genes: Current status and future directions. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 78: 51-65.
- GTHB, 2016. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü “Yemeklik Baklagil Çalıştayı”. <http://www.tarim.gov.tr/BUGEM/Belgeler/Duyurular/YEMEKLİK%20BAKLAGİL%200%20CALISTAYI%20WEB%20i%C3%A7in%20Son.pdf>, (Accessed Date: 13 October 2016).
- KFFABS, 2016. Karaman City Food, Farming and Animal Breeding Secretariat, <http://karaman.tarim.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?OgeId=23&Liste=Duyuru> (Accessed Date: 13 October 2016).
- Jung G, Skroch PW, Nienhuis J, Coyne DP, Arnaud-Santana E, Ariyaratne HM, Marita JM, 1999. Confirmation of QTL associated with common bacterial blight resistance in four different genetic backgrounds in common bean. *Crop Sci.*, 39: 1448-1455.
- Madakbaş S, Ellialtıoğlu Ş, 2012. Fasulye antraknozu (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Lambs. Scrib.) hastalığına dayanıklılığın kalıtımı üzerine araştırmalar. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (1): 99-109.
- Martins SR, Vences FJ, Sa'enz de Miera, LE, Barroso MR, Camide V, 2006. RAPD analysis of genetic diversity among and within Portuguese landraces of common white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae*, 108: 133-142.
- Meziadi C, Richard MMS, Derquennes A, Thareau A, Blanchet S, Gratias A, Pflieger S, Geffroy V, 2016. Development of molecular markers linked to disease resistance genes in common bean based on whole genome sequence. *Plant Science*, 242: 351-357.
- Miklas PN, Larsen R, Victry K, Delorme R, Marma C, Riley RH, Kelly JD, 2000. Marker-assisted selection for the bc-12 gene for resistance to BCMV and BCMNV in common bean. *Euphytica*, 116: 211-219.
- Miklas PN, Fourie D, Trapp J, Davis J, Myers JR. 2014. New loci including *pse-6* conferring resistance to halo bacterial blight on chromosome pv04 in common bean. *Crop Science*. doi: 10.2135/cropsci2014.03.0213 .
- Osdaghi E, Rak MR, 2015. A source of resistance to bacterial wilt in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Iran. *Crop Protection*, 74: 37-41.
- Pedraza F, Gallego G, Beebe S, Tohme J, 1997. Marcadores SCAR y RAPD para la resistencia a la bacteriosis comun (CBB). p.130-134. En Singh, S.P. y O. Voyses (eds.). *Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para America Latina*. 559 pp. CIAT, Cali, Colombia.
- Perry G, DiNatale C, Xie W, Navabi A, Reinprecht Y, Crosby W, Yu K, Shi C, Pauls KP, 2013. A comparison of the molecular organization of genomic regions associated with resistance to common bacterial blight in two *Phaseolus vulgaris* genotypes. *Frontiers in Plant. Science Plant Genetics and Genomics*. doi: 10.3389/fpls.2013.00318.
- Raggi L, Tissi C, Mazzucato A, Negri V, 2014. Molecular polymorphism related to flowering trait variation in a *Phaseolus vulgaris* L. collection. *Plant Science*, 215-216: 180-189.
- Scarano D, Rubio F, Ruiz JJ, Rao R, Corrado G, 2014. Morphological and genetic diversity among and within common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from the Campania region (Southern Italy). *Scientia Horticulturae*, 180: 72-78.
- Taylor JD, Teverson DM, Allen DJ, Pastor-Corrales MA, 1996. Identification and origin of races of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* from Africa and other bean growing areas. *Plant Pathol.*, 45:469-478.
- TUIK, 2013. Bitkisel Üretim İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/itkiselapp/bitkisel.zul>, (Accessed Date: 13 October 2016).
- Turunç A, 2010. Klemantin mandarininde (*Citrus clementina* Blanco) SSR markörleri ile genetik haritalama. Master Thesis, Çukurova University, Adana.
- Xu S, Wang G, Mao W, Hu Q, Liu N, Ye L, Gong Y, 2014. Genetic diversity and population structure of common bean (*Phaseolus vulgaris*) landraces from China revealed by a new set of EST-SSR markers. *Biochemical Systematics and Ecology*, 57: 250-256.
- Yu K, Park SJ, Poysa V (2000) Marker-assisted selection of common beans for resistance to common bacterial blight: efficiency and economics. *Plant Breed.*, 119: 411-416.
- Zhu J, Wu J, Wang L, Blair MW, Xhu Z, Wang S, 2016, QTL and candidate genes associated with common bacterial blight resistance in the common bean cultivar Longyundou 5 from China. *The crop journal*, 4, 344-352.

İnsanda Uzun Kodlanmayan RNA'ların Doku İfade Örüntüleri ve Varsayımsal İşlevlerinin Benzeşme Yayılması Algoritması ile İncelenmesi

Gökhan KARAKÜLAH¹

ÖZET: Kümeleme yöntemleri, yüksek hacimli gen ifadesi örüntülerinden biyolojik olarak anlamlı bilginin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzeşme yayılması algoritması, veri noktaları arasından örnekler adı verilen küme merkezlerinin belirlendiği ve bunların etrafında kümelerin oluşturulduğu yeni bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, hastalık, gelişim ve farklılaşma gibi farklı hücrel olaylarda düzenleyici transkriptler olan uzun kodlanmayan RNA'ların, benzeşme yayılması algoritması ile 16 farklı sağlıklı insan dokusundaki ifade örüntüleri incelendi. Bununla beraber uzun kodlanmayan RNAların varsayımsal işlevleri, kümeleme yaklaşımı ile bilgisayar tabanlı olarak tahminlendi ve kapsamlı bir ifade örüntüsü – işlev kataloğu hazırlandı.

Anahtar Kelimeler: Benzeşme yayılması algoritması, biyoenformatik, kümeleme, uzun kodlanmayan RNA

Investigation of Tissue Expression Patterns and Putative Functions of Human Long Non-Coding RNAs with Affinity Propagation Algorithm

ABSTRACT: Clustering methods have been widely used for extracting biologically relevant information from high-throughput gene expression patterns. Affinity propagation algorithm is a novel clustering approach based on the determination of cluster centers, called exemplars, among data points and the generation of clusters around these exemplars. In this study, expression patterns of human long non-coding RNAs, new class of regulatory transcripts in diverse cellular events, including disease, development and differentiation, were investigated using affinity propagation algorithm in 16 different healthy human tissues. Besides, their putative functions were computationally predicted with clustering approach and a comprehensive long non-coding RNA expression pattern – function catalogue was created.

Keywords: Affinity propagation algorithm, bioinformatics, clustering, long non-coding RNA

¹ İzmir Uluslararası Biyotıp ve Genom Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnciraltı, 35340, İzmir, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gökhan KARAKÜLAH, gokhan.karakulah@deu.edu.tr

GİRİŞ

Biyoteknoloji alanında 2000’li yılların başından itibaren yaşanan gelişmeler ile birlikte günümüzde, binlerce genin zaman boyunca ya da farklı durumlar altında ifade düzeylerindeki değişimler eş zamanlı olarak ölçülebilmektedir (Schena et al., 1995; Brenner et al., 2000; Chaitankar et al., 2016). Genom düzeyindeki gen ifade profilleri içerisinde, biyolojik ya da klinik olarak anlamlı örüntülerin belirlenebilmesi ancak özel istatistiksel yöntemlerin kullanılması ile mümkün olmaktadır. Bu yöntemler arasında kümeleme analizi, bir biri ile benzer özelliklere sahip nesnelere benzerliklerine göre aynı grup ya da kümeler ayrılması için sıkça tercih edilen bir çözümlenme yöntemidir (Kerr et al., 2008). Benzer ifade örüntülerine sahip gen kümelerinin belirlenmesi, özellikle rolleri tam olarak anlaşılammış genlerin biyolojik işlevlerinin aydınlatılmasına yardımcı olabilmektedir. Bir biri ile ilişkili biyolojik görevleri üstlenen genler, çoğunlukla ifade profilleri açısından aynı gen kümelerinde bulunmaya daha yatkındırlar ve bu yolla işlevleri bilinmeyen bazı genlerin biyolojik rolleri tahminlenebilmektedir (D’Haeseleer, 2005). Hiyerarşik, k-ortalama ya da özdüzenleyici harita kümeleme yöntemleri, gen ifade profillerinin anlamlandırılmasında yaygın bir şekilde kullanılan başlıca yaklaşımlardır (D’Haeseleer, 2005).

Son yıllarda geliştirilen kümeleme algoritmalarından, benzeşme yayılması (=affinity propagation) algoritmasının, pek çok kümeleme metodundan farklı olarak küme sayısının önceden belirlenmesini gerektirmemesi, her veri noktası için tercihlerin değerlerinin düzeltilmesi ile küme sayısını kontrol edilebilmesi, girdilerin metrik olmayan benzerlikleri de içerebilmesi, kolaylıkla uygulanabilmesi, tüm veri noktalarını olası örnekler (=exemplars) olarak içermesi gibi avantajları bulunmaktadır (Frey and Dueck, 2007; Li and Wang, 2015).

Benzeşme yayılması algoritması, şu ana kadar beyin fonksiyonlarının tanımlanmasında fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme verilerinin analizi (Li et al., 2010; Zhang et al., 2011; Li and Wang, 2015), DNA dizileme ve genetik çözümlenmeler (Sun et al., 2015; Cao and Amendt, 2016; Jiang et al., 2016), top-

luluk (=ensemble) özellik seçimi (Meng et al., 2016), hedef takibi (Zhang and Wu, 2015) ve kapalı mekanlarda konumlandırma sistemleri için parmak izi oluşturma tasarımları (Caso et al., 2015) gibi sağlık, fen ve mühendislik alanındaki pek çok çalışmada kullanılmıştır. Homojen dağılmayan veri setlerinde, verilerin ideal kümelerle gruplanması durumu, problemi algoritmanın genişletilen versiyonunda çalışılmıştır (Zhao and Xu, 2015). Yöntemin uygulanmasında, her nokta büyük bir ağ yapısındaki birer nokta olarak alınmakta, noktaların birbirlerine gönderdikleri farklı tipteki iletiler aracılığı ile her noktanın merkezi ağ içerisinde belirlenmektedir (Baş ve İkizler-Cinbis, 2013).

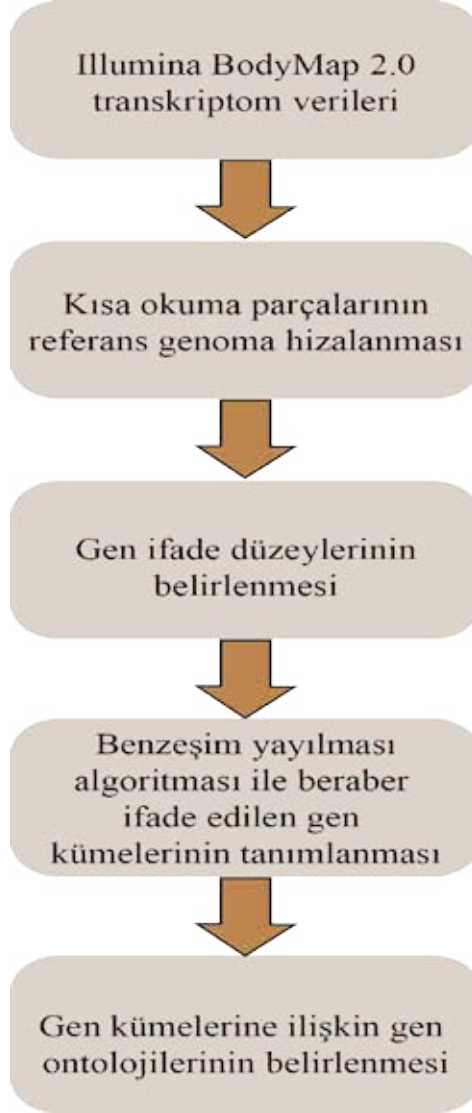
Bu çalışmada, gelişim ve farklılaşma gibi biyolojik süreçlerde gen ifadesinin düzenlenmesinde rol oynayan uzun kodlanmayan RNAların (=long non-coding RNA, ukRNA), (Fatica and Bozzoni, 2014) farklı insan dokularındaki ifade örüntülerinin aydınlatılması ve ilişkili oldukları olası protein kodlayan RNA (pkRNA) transkriptlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, *Illumina BodyMap 2.0* RNA dizileme verileri üzerinde benzeşme yayılması kümeleme yöntemi uygulanarak, birlikte ifade edilen ukRNA ve pkRNA gen kümeleri belirlenmiş, ukRNAların olası rolleri bu yolla tahminlenmeye çalışılarak, kapsamlı bir ukRNA işlev kataloğu hazırlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Illumina BodyMap 2.0 projesi kapsamında üretilen 16 farklı doku tipine (adipoz, adrenal bez, akciğer, beyin, böbrek, iskelet kası, kalp, karaciğer, kolon, lenf nodu, lökosit, meme, ovaryum, prostat, testis, tiroid) ait eşli dizileme transkriptom kütüphanesi, *Sequence Read Archive* veri tabanından (Leinonen et al., 2011) (veri tabanı erişim tanımlayıcısı: ERP000546) indirildi (Şekil 1). Transkriptom kütüphanelerine ait kısa okumaların kalite kontrolleri FastQC (Andrews, 2010) yazılımı kullanılarak yapıldı.

Trimmomatic (sürüm 0.36) (Bolger et al., 2014) aracılığı ile *Illumina* adaptör dizileri kısa okuma parçalarından kesilerek uzaklaştırıldı. Her bir transkriptom kütüphanelerine ait kısa okumalar daha sonra Ensembl veri tabanından (Hubbard et al., 2002) indirilen insan referans genomuna (GRCh38.

p7 asemblesi, sürüm 85) STAR (sürüm 2.5) (Dobin et al., 2013) yazılımı aracılığı ile hizalandı. STAR hizalama algoritması iki-geçiş modunda çalıştırılırken, ön tanımlı parametrelerde herhangi bir değişiklik yapılmadı.



Şekil 1. Çalışmaya ait iş akışı şeması

STAR programından elde edilen gen düzeyindeki kısa okuma sayım değerleri, R (sürüm 3.3.1) (Team, 2014) istatistiksel hesaplama ortamında edgeR (Robinson et al., 2010) paketi kullanılarak kütüphane büyüklüğüne göre normalize edildi ve her bir gen için o genin ifade seviyesini belirtmekte kullanılan kilobaz milyondaki toplam okuma sayısı (RPKM değeri) hesaplandı. RPKM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan gen dizisi uzunlukları, Ensembl veri

tabanından BioMart ara yüzü kullanılarak indirildi. Çalışmaya 16 farklı dokunun en az sekizinde ifade edilen genler dahil edilirken, bu koşulu sağlamayan genler filtrelendi ve çalışmanın bundan sonraki basamaklarından çıkarıldı.

Benzeşme yayılması algoritmasının gen ifadesi örüntülerinin üzerine uygulanması ile dokuya özgü ukRNA kümeleri ve ayrıca bu ukRNAlar ile birlikte ifade edilen pkRNAlar belirlendi. Benzeşme yayılması

algoritmasının çalıştırılmasında, algoritmanın R ortamına uyarlanmış hali olan APCluster (Bodenhofer et al., 2011) paketinden faydalanıldı. corSimMat() fonksiyonu ile gen ifade profilleri arası korelasyon benzerlik matrisi hesaplandı ve her bir kümeye ilişkin örnek genler belirlendi.

Benzeşme yayılması algoritması ile tanımlanan gen kümelerinin biyolojik rollerinin tahmini için gen ontolojisi (GO) (Ashburner et al., 2000) çözümlenmesi kullanılarak, ukRNAların biyolojik süreçlerdeki olası işlevleri bilgisayar tabanlı olarak tahminlendi.

GO çözümlenmesi yine R ortamında gProfileR paketi (Reimand et al., 2016) aracılığı ile gerçekleştirilirken, 'Benjamini Hochberg' düzeltmesi uygulanan olasılık değerlerinden, 0.05 eşik değerinden daha küçük hatalı keşif oranına (=False Discovery Rate) sahip GO terimleri anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

FastQC yazılımı ile gerçekleştirilen transkriptom kütüphanelerinin kalite kontrolünde, herhangi bir RNA dizileme artefaktına rastlanmadı ve çalışmaya tüm kütüphaneler dahil edildi.

Illumina adaptör dizileri belirlenip, uzaklaştırılan kısa okuma parçalarının STAR hizalama algoritması ile insan referans genomu üzerinde eşleştirilmesi sonrasında ortalama %87.74 eşsiz hizalama oranı elde edilirken, ortalama okuma uzunluğu 99 nükleotit ve kütüphanelere ait toplam ortalama okuma sayısı 69 milyon civarında belirlendi. Çizelge 1'de referans genoma hizalama sonrası elde edilen tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Gerek toplam okuma sayıları gerekse hizalama yüzdeleri açısından değerlendirildiğinde, transkriptom kütüphaneleri biyolojik çıkarımlar yapmak için yeterli okuma sayısı ve kaliteye sahip olarak belirlendi.

Çizelge 1. Sequence Read Archive veri tabanından elde edilen transkriptom kütüphanelerine ait toplam okuma sayıları ve insan referans genomuna hizalanma oranları.

Doku tipi	SRA veri tabanı erişim kimliği	Toplam okuma sayısı	Ortalama eşsiz hizalama oranı (%)
Adipoz	ERX011220	70844000	83.07
Adrenal bez	ERX011217	68143585	85.07
Akciğer	ERX011227	72141860	89.69
Beyin	ERX011200	42454601	89.49
Böbrek	ERX011182	72844954	83.60
İskelet kası	ERX011212	73466073	91.56
Kalp	ERX011197	74643822	87.43
Karaciğer	ERX011229	71109359	88.92
Kolon	ERX011204	75602271	86.97
Lenf nodu	ERX011193	73613850	86.37
Lökosit	ERX011195	68119332	91.10
Meme	ERX011225	58098948	85.14
Ovaryum	ERX011184	69769385	87.36
Prostat	ERX011205	74635206	90.68
Testis	ERX011203	73065173	89.24
Tiroid	ERX011194	72947915	88.20
Ortalama değer		69468770.88	87.74

Ensembl veri tabanından elde edilen gen anotasyonu verilerinde toplam 22298 pkRNA, 7842 ukRNA yer aldığı belirlendi. Bu genlerin edgeR paketi ile hesaplanan RPKM değerlerine göre yapılan filtreleme işlemi sonrası, 4061 ukRNA çalışmaya dahil edilirken, pkRNAların ise 11401 tanesi filtreleme koşulunu sağlamadığı için veri setinden çıkarıldı. Düşük oranlarda ifade edilen genlerin filtrelenmesi, gen ifadesi örüntülerinin istatistiksel olarak çözümlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntem olmakla beraber, bu genlerin veri setinden uzaklaştırılmasının duyarlılığı anlamlı bir şekilde artırdığı daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (Sha et al., 2015). Bu bağlamda, çalışmanın bundan sonraki basamaklarında Ensembl veri tabanında tanımlanan tüm genler yerine belirlenen eşik değerinin üzerinde ifade edilen genler üzerine yoğunlaşmıştır.

Günümüzde pek çok ukRNA'nın dokuya özgü ifade biçimine sahip olduğu ve ifade edildikleri dokularda gen ifadesinin düzenlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir (Gloss and Dinger, 2016). Ağustos 2016 tarihi itibarı ile Ensembl veri tabanında ukRNA olarak tanımlanmış genlerin, dokuya özgü ifade örüntülerinin ortaya konması için uygulanan benzeşme yayılması algoritması ile sadece bir doku tipinde ifade edilen ukRNA kümeleri belirlendi. Şekil 2'de 16 farklı insan dokusunun yalnızca birinde yüksek miktarlarda ifade edilen ukRNA kümeleri ısı haritası üzerinde görülmektedir.

Normalize edilmiş RPKM değerleri kullanılarak oluşturulan ısı haritasında, her bir sütun doku tipini ifade ederken her bir satır bir gene karşılık gelmektedir. Bunun yanında Şekil 2'de sağ alt köşede yer alan renk anahtarında da gösterildiği gibi koyu kırmızı yüksek gen ifade düzeyini simgelerken, mavi renkler düşük seviyeler de ya da sıfır seviyesinde gen ifadesini işaret etmektedir.

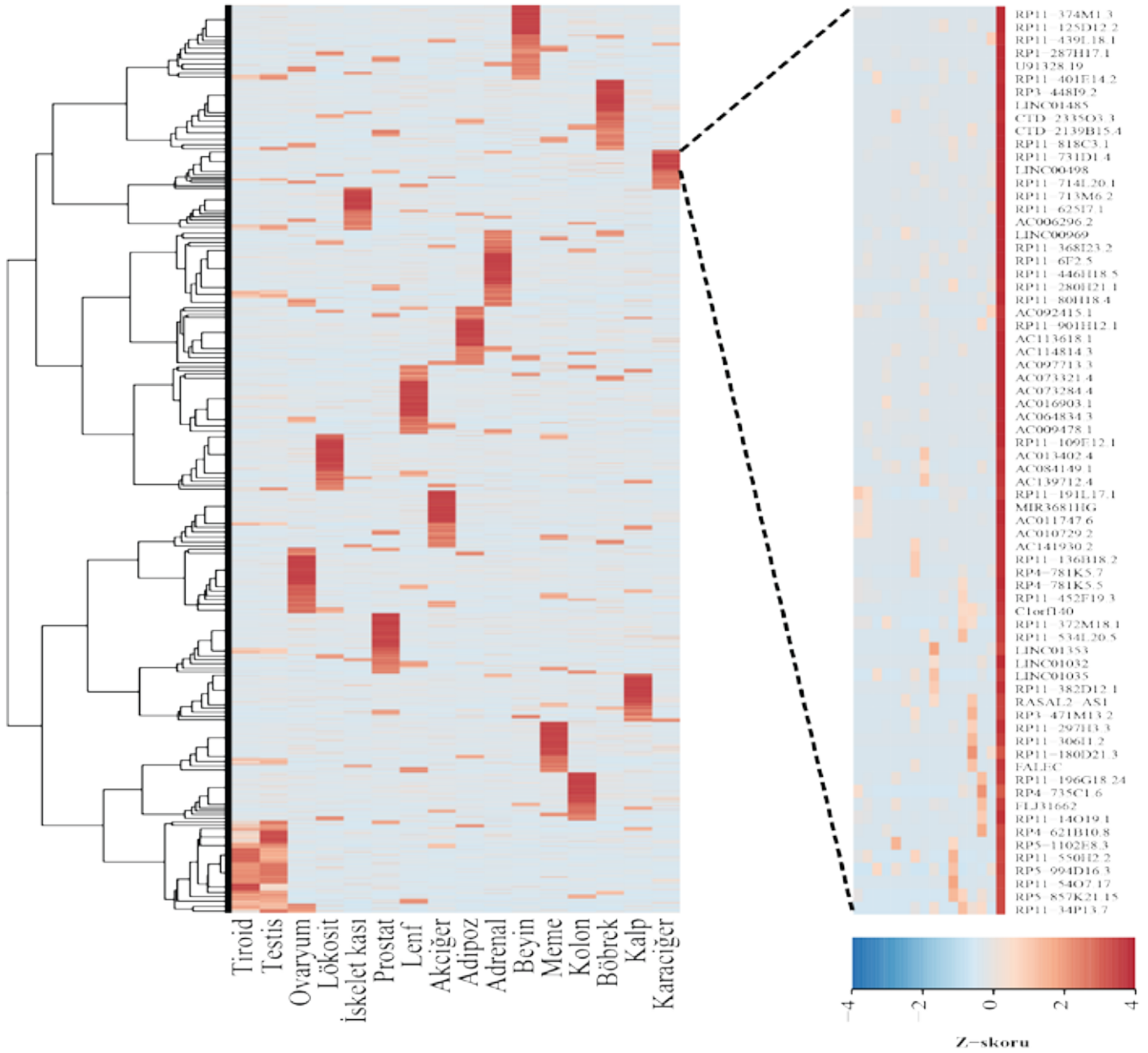
Benzeşme yayılması algoritması ile gerçekleştirilen kümeleme analizinde, tiroid ve testis dokularında az sayıda ukRNA'nın dokuya özgü ifade edildiği belirlenirken, diğer dokularda görece daha çok elemandan oluşan ukRNA kümelerinin var olduğu belirlendi. Şekil 2'nin sağ sütununda yer alan ısı haritasında karaciğerde yüksek düzeylerde ifade edildiği belirlenen ukRNA genleri gösterilmektedir.

Mikrodizin ve yeni nesil dizileme yöntemleri gibi yüksek hacimli profillemeye verileri kullanılarak oluşturulan eş ifade ağları (=co-expression networks), son yıllarda özellikle işlevi iyi karakterize edilememiş genlerin biyolojik rollerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Childs et al., 2011; Wong et al., 2014). Buradaki yaklaşım, benzer ifade profillerine sahip olan genlerin birlikte kümelenildiği ve aynı biyolojik yollarda yer alacağı üzerine kuruludur (Wong et al., 2014).

Aynı yaklaşım ile ukRNA-pkRNA birlikte ifade ağlarının oluşturulması ve ukRNAların hücre içerisindeki işlevlerinin tanımlanmasına yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu şekilde, şizofreni ve kanser gibi karmaşık hastalıklarda ukRNAların rolleri tahminlenmeye çalışılmış ve hastalıklarla olan olası ilişkileri ortaya konulmuştur (Ren et al., 2015). Bu çalışmada, benzer bir yaklaşımı *Illumina BodyMap 2.0* gen ifadesi verilerine uygulayarak, dokuya özgü ifade edilen ukRNAların hangi biyolojik olaylar ile ilişkili olduğu, benzeşme yayılması algoritması ile tahminlenmiş ve kapsamlı bir insan ukRNA anotasyon kataloğu oluşturulmuştur.

Yürütülen analizlerde 255 farklı ukRNA-pkRNA birlikte ifade kümesi belirlenirken, bu kümelerin her birinin ayrı ayrı GO terimi analizi sonrası toplam 2748 GO biyolojik işlev teriminin bu kümeler ile anlamlı bir şekilde ilişkili olduğu belirlenmiştir (FDR<0.05). Şekil 3'de ukRNA-pkRNA birlikte ifade kümelerinin ısı haritası gösterimi ile istatistiksel anlamlılık düzeyi en yüksek ilk 10 GO biyolojik süreç terimi gösterilmektedir. Gerçekleştirilen GO analizinde, ukRNAların gen ifadesinin düzenlenmesi (Geisler and Collier, 2013) ve gelişim ile ilişkili genlerin (Fatica and Bozzoni, 2014) yanı sıra öğrenme ve davranış gibi karmaşık biyolojik süreçlerde de rol alan genler ile de ilişkili olabileceği biyoenformatik olarak ortaya konmuştur.

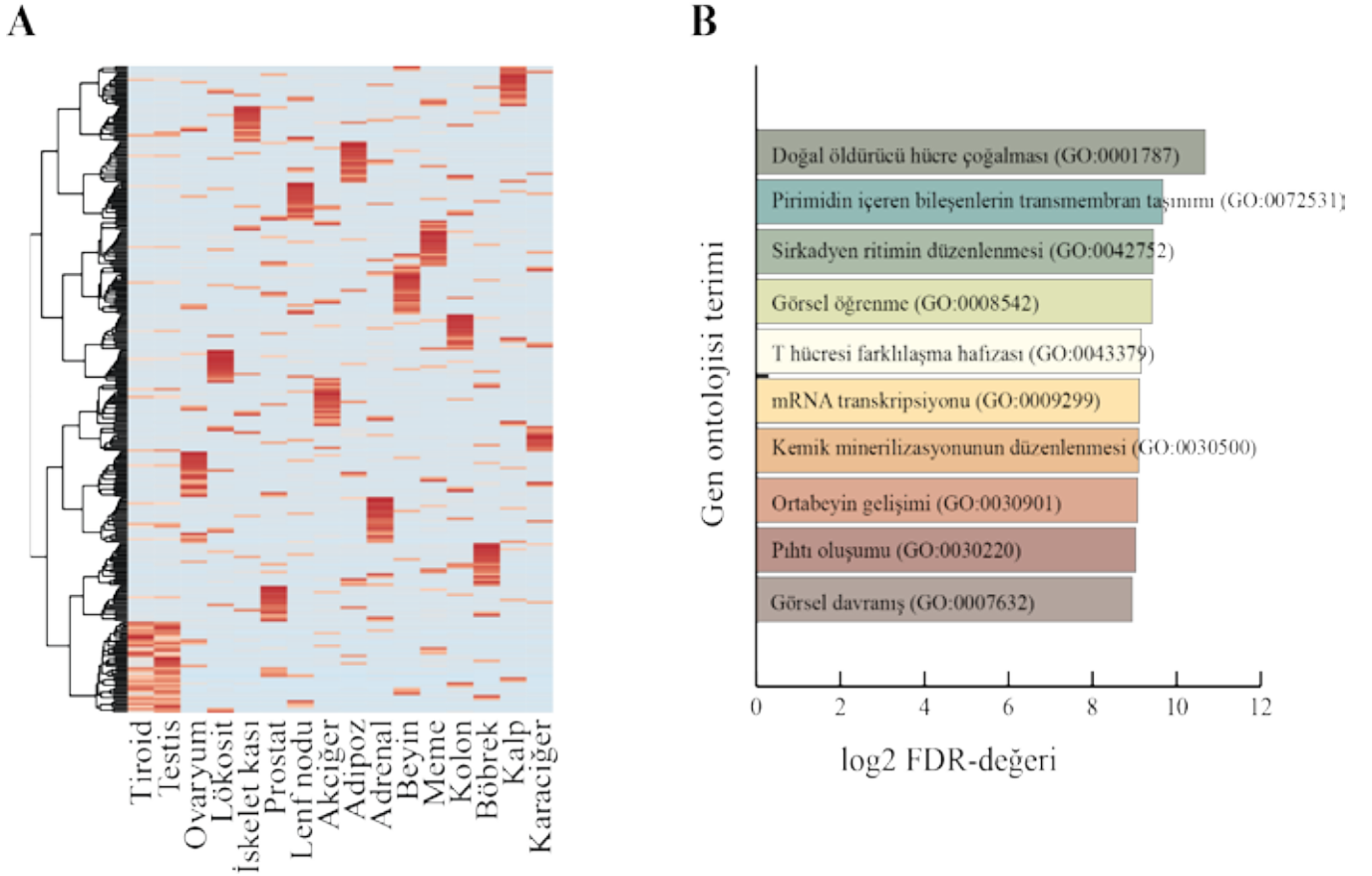
Ancak bulguların gerçekleşmesi için fonksiyonel genetik çalışmalar mutlaka gereklidir. Bu bağlamda çalışmada ortaya konan olası ukRNA işlevleri ile ukRNAlar ve hedeflendikleri protein kodlayan gen kümeleri test edilebilir hipotezlerin oluşturulmasında ukRNA araştırmacılarına yardımcı olabilecek potansiyeldedir.



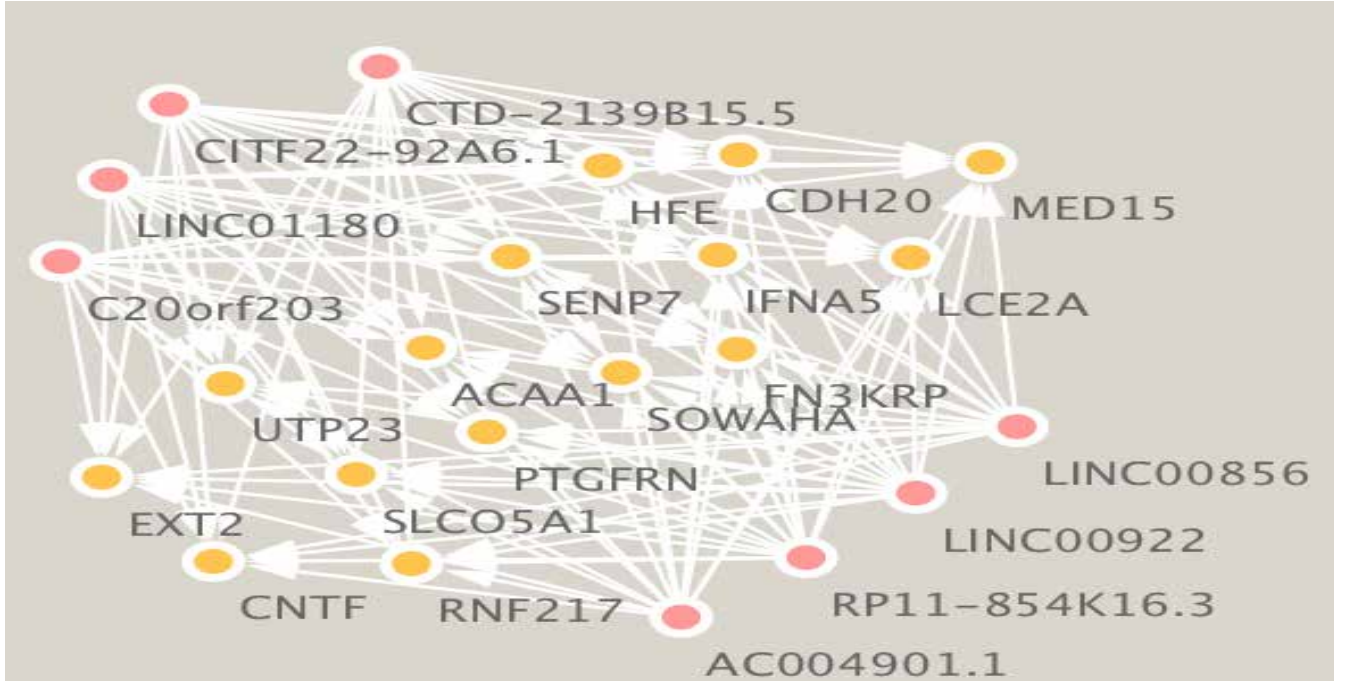
Şekil 2. İnsan dokularında ukrNA ifade profillerine ait ısı haritası ve karaciğere özgü ukrNAlar

Şekil 4’de APLcluster R paketi ile yapılan çözümlenme sonrası 227 numaralı kümede yer alan ukrNAlar ve protein kodlayan genler arasındaki eş ifade ağı temsil edilmektedir. Açık kırmızı renk ile ifade edilen düğümler ukrNAları temsil ederken sarı renkli düğümler pkRNA genlerini simgelemektedir. Kırmızı ve sarı renkli ağ düğümleri arasındaki kenarlar ukrNA – pkRNA çifti arasında benzeşme yayılması

algoritması ile ortaya konan olası ilişkiyi ifade etmekte olup, ukrNAnın ilişkili olduğu protein kodlayan genini hedefleyebileceği ve ifadesini düzenleyebileceğini simgelemektedir. Bu çalışmada elde edilen verilere, mikroRNAlar gibi diğer düzenleyici genetik elementlerinde eklenmesi ile biyolojik süreçlere ait tamamlanmış ve bütüne yakın düzenleyici ağların oluşturulması mümkün olabilir.



Şekil 3. ukRNA ve pkRNA ifade profillerine ait ısı haritası ve en yüksek istatistiksel anlamlılık düzeyine sahip ilk 10 GO terimi



Şekil 4. Benzeşme yayılması ile belirlenmiş örnek bir ukRNA-pkRNA eş ifade ağı

SONUÇ

Bu çalışmada farklı insan dokularından RNA dizileme yöntemi ile elde edilen gen ifadesi örüntüleri, benzeşme yayılması algoritması ile irdelenmiş, birlikte ifade edilen ukRNA ve protein kodlayan gen kümeleri tanımlanmıştır. Elde edilen gen kümeleri doğrultusunda biyolojik işlevleri karakterize edilememiş pek çok ukRNA için biyoenformatik yöntemler aracılığı ile olası biyolojik roller tanımlanmıştır.

Çalışmada, yüksek işlem hacimli moleküler biyolojik yöntemlerin ve bilgisayar tabanlı işlemsel yöntemlerin doğası gereği çok sayıda çıktı elde

edilmiştir. Bu bağlamda, (i) dokuya özgü ifade edildiği tahminlenen ukRNA kümeleri ve ilgili ukRNA Ensembl veri tabanı tanımlayıcıları, (ii) ukRNA ve pkRNA birlikte ifade kümeleri ve (iii) bu kümelerin ilişkili oldukları biyolojik süreçler ve bunların istatistiksel anlamlılık düzeyleri <https://goo.gl/hIjF3s> adresinden herhangi bir kısıt olmadan indirilebilir. İnternet üzerinden erişilebilir bu kapsamlı kataloğun, sağlık ve temel bilim araştırmalarında hipotez oluşturmada ve bulguların desteklenmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan yaklaşımın fare, zebra balığı gibi diğer model organizmalardaki ukRNAların annotasyonu içinde kullanılması olasıdır.

KAYNAKLAR

- Andrews S, 2010. FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data. from <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc>. (Erişim tarihi: 1 Ağustos, 2016)
- Ashburner M, Ball C A, Blake J A, Botstein D, Butler H, Cherry J M, Davis A P, Dolinski K, Dwight S S, Eppig J T, Harris M A, Hill D P, Issel-Tarver L, Kasarskis A, Lewis S, Matese J C, Richardson J E, Ringwald M, Rubin G M, Sherlock G, 2000. Gene ontology: tool for the unification of biology. The Gene Ontology Consortium. *Nat Genet*, 25(1): 25-29.
- Baş Ç, İkizler-Cinbis N, 2013. Comparison of clustering methods for pose based video summarization. In *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 1-4. IEEE.
- Bodenhofer U, Kothmeier A, Hochreiter S, 2011. APCluster: an R package for affinity propagation clustering. *Bioinformatics*, 27(17): 2463-2464.
- Bolger A M, Lohse M, Usadel B, 2014. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics*, 30(15): 2114-2120.
- Brenner S, Johnson M, Bridgham J, Golda G, Lloyd D H, Johnson D, Luo S, McCurdy S, Foy M, Ewan M, Roth R, George D, Eletr S, Albrecht G, Vermaas E, Williams S R, Moon K, Burcham T, Pallas M, DuBridgde R B, Kirchner J, Fearon K, Mao J, Corcoran K, 2000. Gene expression analysis by massively parallel signature sequencing (MPSS) on microbead arrays. *Nat Biotechnol*, 18(6): 630-634.
- Cao H, Amendt B A, 2016. pySAPC, a python package for sparse affinity propagation clustering: Application to odontogenesis whole genome time series gene-expression data. *Biochim Biophys Acta*.
- Caso G, de Nardis L, di Benedetto M G, 2015. A Mixed Approach to Similarity Metric Selection in Affinity Propagation-Based WiFi Fingerprinting Indoor Positioning. *Sensors*, 15(11): 27692-27720.
- Chaitankar V, Karakulah G, Ratnapriya R, Giuste F O, Brooks M J, Swaroop A, 2016. Next generation sequencing technology and genomewide data analysis: Perspectives for retinal research. *Prog Retin Eye Res*.
- Childs K L, Davidson R M, Buell C R, 2011. Gene Coexpression Network Analysis as a Source of Functional Annotation for Rice Genes. *PLoS One*, 6(7).
- D'Haeseleer P, 2005. How does gene expression clustering work? *Nat Biotechnol*, 23(12): 1499-1501.
- Dobin A, Davis C A, Schlesinger F, Drenkow J, Zaleski C, Jha S, Batut P, Chaisson M, Gingeras T R, 2013. STAR: ultrafast universal RNA-seq aligner. *Bioinformatics*, 29(1): 15-21.
- Fatica A, Bozzoni I, 2014. Long non-coding RNAs: new players in cell differentiation and development. *Nat Rev Genet*, 15(1): 7-21.
- Frey B J, Dueck D, 2007. Clustering by passing messages between data points. *Science*, 315(5814): 972-976.
- Geisler S, Collier J, 2013. RNA in unexpected places: long non-coding RNA functions in diverse cellular contexts. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 14(11): 699-712.
- Gloss B S, Dinger M E, 2016. The specificity of long noncoding RNA expression. *Biochim Biophys Acta*, 1859(1): 16-22.
- Hubbard T, Barker D, Birney E, Cameron G, Chen Y, Clark L, Cox T, Cuff J, Curwen V, Down T, Durbin R, Eyraas E, Gilbert J, Hammond M, Huminiecki L, Kasprzyk A, Lehvaslaiho H, Lijnzaad P, Melsopp C, Mongin E, Pettett R, Pocock M, Potter S, Rust A, Schmidt E, Searle S, Slater G, Smith J, Spooner W, Stabenau A, Stalker J, Stupka E, Ureta-Vidal A, Vastrik I, Clamp M, 2002. The Ensembl genome database project. *Nucleic Acids Res*, 30(1): 38-41.
- Jiang J, Huang J, Wang X R, Quan Y H, 2016. Investigating key genes associated with ovarian cancer by integrating affinity propagation clustering and mutual information network analysis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 20(12): 2532-2540.
- Kerr G, Ruskin H J, Crane M, Doolan P, 2008. Techniques for clustering gene expression data. *Comput Biol Med*, 38(3): 283-293.
- Leinonen R, Sugawara H, Shumway M, International Nucleotide Sequence Database C, 2011. The sequence read archive. *Nucleic Acids Res*, 39(Database issue): D19-21.

- Li K M, Guo L, Li G, Nie J X, Faraco C, Zhao Q, Miller L S Liu T M, 2010. Cortical Surface Based Identification of Brain Networks Using High Spatial Resolution Resting State Fmri Data. 2010 7th Ieee International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro: 656-659.
- Li X, Wang, H X, 2015. Identification of functional networks in resting state fMRI data using adaptive sparse representation and affinity propagation clustering. *Frontiers in Neuroscience*, 9.
- Meng J, Hao H, Luan Y, 2016. Classifier ensemble selection based on affinity propagation clustering. *J Biomed Inform*, 60: 234-242.
- Reimand J, Kolde R, Arak M T R, Curl I, 2016. Package 'gProfileR'.
- Ren Y, Cui Y, Li X, Wang B, Na L, Shi J, Wang L, Qiu L, Zhang K, Liu G Xu Y, 2015. A co-expression network analysis reveals lncRNA abnormalities in peripheral blood in early-onset schizophrenia. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 63: 1-5.
- Robinson M D, McCarthy D J, Smyth G K, 2010. edgeR: a Bioconductor package for differential expression analysis of digital gene expression data. *Bioinformatics*, 26(1): 139-140.
- Schena M, Shalon D, Davis R W, Brown P O, 1995. Quantitative monitoring of gene expression patterns with a complementary DNA microarray. *Science*, 270(5235): 467-470.
- Sha Y, Phan J H, Wang M D, 2015. Effect of low-expression gene filtering on detection of differentially expressed genes in RNA-seq data. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2015: 6461-6464.
- Sun C X, Huo H W, Yu Q, Guo H T, Sun Z G, 2015. An Affinity Propagation-Based DNA Motif Discovery Algorithm. *Biomed Research International*.
- Team R C (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013, ISBN 3-900051-07-0.
- Wong D C J, Sweetman C, Ford C M, 2014. Annotation of gene function in citrus using gene expression information and co-expression networks. *Bmc Plant Biology*, 14.
- Zhang J, Tuo X G, Yuan Z, Liao W, Chen H F, 2011. Analysis of fMRI Data Using an Integrated Principal Component Analysis and Supervised Affinity Propagation Clustering Approach. *Ieee Transactions on Biomedical Engineering*, 58(11): 3184-3196.
- Zhang T, Wu R B, 2015. Affinity Propagation Clustering of Measurements for Multiple Extended Target Tracking. *Sensors*, 15(9): 22646-22659.
- Zhao X L, Xu W X, 2015. An Extended Affinity Propagation Clustering Method Based on Different Data Density Types. *Computational Intelligence and Neuroscience*.

Safran (*Crocus sativus* L.) Bitkisinde Biyoteknolojik Çalışmalar

Yonca SURGUN ACAR¹, Rabia İŞKİL², Betül BÜRÜN³

ÖZET: Iridaceae familyasına ait olan *Crocus sativus* L. triploid ($2n=3x=24$) bir bitkidir ve korm (corm)'ları aracılığı ile vejetatif olarak çoğaltılmaktadır. *Crocus sativus* çiçeklerinin stigmaları bitkinin ekonomik olarak en önemli kısmını oluşturmakta ve hem kuru stigmalarından elde edilen baharat hem de bitkinin adı safran olarak isimlendirilmektedir. Safran bitkisi kokusunu safranal, tadını pikrokrosin, rengini ise krosin adı verilen sekonder bileşiklerinden almakta olup bu metabolitleri stigmasında bulundurmaktadır. Safranın ekonomik değeri, boya, gıda ve kozmetik gibi çeşitli endüstri dallarında çok geniş kullanım alanının yanı sıra sekonder metabolitlerinin sahip olduğu anti-kanser özelliğinden ileri gelmektedir. Kormların çoğalma oranının yüksek olmaması ve patojenlerle bulaşık olma durumu safran üretimini kısıtlamakta ve kaliteyi düşürmektedir. Bu olumsuzluklar ve yetiştirme zorlukları nedeniyle yıllık safran üretiminin giderek azalması ve safran ihtiyacının karşılanamaması, araştırmaları safranın in vitro çoğaltımı üzerine yoğunlaştırmıştır. İn vitro kültür gibi biyoteknolojik yöntemler; safran bitkisi için kısa sürede büyük miktarlarda çoğaltım materyali elde etmeyi sağlamakta ayrıca, krosin, pikrokrosin ve safranal gibi ticari öneme sahip kimyasal maddelerin üretimi için de imkan sunmaktadır. Bu makalede, safranın başlıca sekonder metabolitleri ve in vitro kültürü üzerine yapılan bazı çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İn vitro kültür, krosin, pikrokrosin, safran, safranal

Biotechnological Studies in Saffron (*Crocus sativus* L.) Plant

ABSTRACT: A member of Iridaceae family, *Crocus sativus* L. is a triploid ($2n=3x=24$) plant and is reproduced vegetatively via its corms. Stigmas of *Crocus sativus* flowers constitutes economically the most important part of the plant and both the spice obtained from dry stigmas and the name of the plant is termed as saffron. Saffron gets odor from safranal, taste from picrocrocin, colour from crocin secondary metabolites and keeps these metabolites in its stigma. Economic value of saffron arises from extensive areas of usage in various industry branches such as dye, food and cosmetics as well as anti-cancer properties of secondary metabolites. Not having high reproduction rate of corms and infection with pathogens situation limit the production and reduces the quality of saffron. Because of these negativities and difficulties of growing, decrease of annual saffron production gradually and dissatisfaction of saffron need is concentrated the searches on in vitro production of saffron. Biotechnological methods as in vitro culture; provide for saffron plant to obtain vast amount of multiplication material in short times, also give the opportunity for production of commercially important chemicals such as crocin, picrocrocin and safranal. In this article, main secondary metabolites of saffron and some studies on in vitro culture were reviewed.

Keywords: Crocin, in vitro culture, picrocrocin, saffron, safranal

¹ Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bartın, Türkiye

² Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji A.B.D., Bartın, Türkiye

³ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Yonca SURGUN ACAR¹, yoncasurgun@gmail.com

GİRİŞ

Crocus sativus L. (safran), Iridaceae familyası (endemik türler bakımından oldukça zengin)'nin alt familyalarından en büyüğü olan Crocoideae familyasına ait ve ekonomik değeri en yüksek olan türdür (Açıkgöz, 2010). Triploid ($2n=3x=24$) olan bu tür asimetrik mayoz nedeniyle steril polenler üretmekte ve yalnızca kormları ile çoğaltılmaktadır (Parray et al., 2012). Safran kormları doğal koşullarda sadece bir sezon hayatta kalabilmekte, her ana kormdan 4-5 kormel (yavru korm) oluşmakta ve bunların olgunlaşım yavru kormları vermesi 3-4 yıl sürmektedir (Sharma and Piqueras, 2010; Parray et al., 2012). Safranın temel karakteristiği, yaz dönemi uzun bir dormansi dönemi geçirerek sonbaharda aktif büyüme periyoduna geçmesidir (Açıkgöz, 2010). Dünyanın en pahalı baharatı olan safran, *Crocus sativus* çiçeğinin koyu turuncu olan 2.5-3.2 cm uzunluğundaki stigmalarının el ile toplanması, kurutulması ve ardından toz haline getirilmesi sonucu elde edilir (Açıkgöz, 2010). Ortalama 160 kg safran çiçeğinden yaklaşık 1 kg kuru stigma elde edilmesi ve yetiştiriciliğinin zahmetli olması en pahalı baharatlardan biri olmasının başlıca sebepleridir (Sharifi et al., 2010).

Günümüzde safran yetiştiriciliği Avrupa ülkelerinin yanı sıra Türkiye, İsrail, Pakistan, Hindistan, İran, Mısır, Azerbaycan, Çin, Japonya ve Avustralya'da da yapılmaktadır (Ahmad et al., 2014). Ülkemizde Osmanlılar döneminde safran yetiştiriciliği İstanbul, İzmir, Adana, Tokat, Şanlıurfa ve Safranbolu'nun 40 kadar köyünde yapılmakta ve yurt dışına ihraç edilmekteyken günümüzde Safranbolu'nun sadece Davutobası, Yörük, Aşağıgüney, Geren, Yazıköy ve Değirmencik köylerinde yapılmaktadır (Ünaldı, 2007).

Ülkemiz, endemik bitkiler bakımından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir ve Türkiye'deki endemik bitkilerin sayısı yaklaşık 3000 civarındadır. Türkiye'de yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalan türlerin sayısı ise, floradaki toplam bitki türü sayısının %23'ünü oluşturmaktadır (Ünaldı, 2007). Tehdit altındaki bu bitkilerden biri olan safranın sahip olduğu sekonder metabolitlerin farklı kanser türleri üzerindeki inhibe edici etkileri son yıllarda yaygın olarak araştırılmaktadır (Ahmad et al., 2014). Fakat safranın dar genetik tabanı ve autotriploid

doğası, geleneksel ıslah yöntemleriyle iyileştirilmesi çalışmalarını zor hale getirmektedir. Kültüre alınan safran gerekli şartlar sağlandığında in vitro ortamda büyük ölçekte ve hastaliksız olarak üretilebilmekte ve sekonder metabolitler sentezleyebilmektedir. Bu makalede, yok olma tehlikesi ile karşı karşıya olan, giderek ekimi ve üretimi azalan safranın başlıca sekonder metabolitleri ve in vitro çoğaltımı (direkt ve indirekt organogenesis ile somatik embriyogenesis) üzerine yapılan çalışmalar derlenmiştir.

SAFRANIN BAŞLICA SEKONDER METABOLİTLERİ

Safran 150'den fazla uçucu ve aroma verici bileşik içermektedir. Bunların çoğu zeaksantin, likopen ve değişik α ile β karoten içeren karotenoidlerdir (Abdullaev, 2002).

Safranın içerdiği sekonder metabolitler arasında en önemlileri ve bilinenleri stigmada bulunan ve safrana özgü rengi veren krosin ($C_{44}H_{64}O_{24}$), acı tadından sorumlu olan pikrokrosin ($C_{16}H_{26}O_7$) ve koku veren safranal ($C_{10}H_{14}O$)'dır (Abdullaev, 2002). Kuru safran kütesinin %10'undan fazlasını oluşturan krosin, suda çözünabilirliği ve büyüme üzerine inhibe edici etkisi nedeniyle son yıllarda yapılan çalışmalarda kematöröpötik ajan olarak kullanılmaktadır (Escribano et al., 1995). Krosinin, kanserin başlama ve ilerleme aşamalarında dikkate değer inhibisyon etki gösterdiği ayrıca, meme kanser hücrelerinde, pankreas kanser hücrelerinde, insan rabdomiyosarkom hücrelerinin de bulunduğu birçok tümör hücresinde hücre büyümesini engellediği ya da hücreyi ölüme yönlendirdiği tespit edilmiştir (Chen et al., 2015). Zeaksantin karotenoidinin oksidatif parçalanma ile kısalmış hali olan pikrokrosin, kuru safran stigmalarının %4'ünü oluşturmaktadır (Açıkgöz, 2010). Safranal, safranın uçucu bileşenlerinin %70'ini oluşturur ve safranın hasatından sonra depolama süresince sıcaklığında etkisiyle pikrokrosinin hidroliziyle oluşur. Safrana aroma veren diğer bir ana bileşik ise HTCC (2-hidroksi-4,4,6-trimetil-2,5-sikloheksadien-1-on)'dir. Safranala oranla daha az bulunmakta ve pikrokrosinden ısı ya da enzimatik yolla üretilmektedir (Aliakbarzadeh et al., 2016).

SAFRANIN İN VİTRO KÜLTÜRÜ

Safranın geleneksel yöntemlerle üretiminin talebi tam olarak karşılayamaması, yetiştiriciliğinin zor olması, hastalık etmeni problemleri gibi nedenlerden dolayı doğal üretim tekniklerine alternatif olarak laboratuvar şartlarında in vitro kültür teknikleriyle çoğaltımı üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Bu araştırmaların hedefi, safranın büyük ölçekte ve hastaliksız olarak üretimi için gerekli koşulların optimize edilmesi ve in vitro sekonder metabolit üretimi olmuştur (Sharma and Piqueras, 2010; Gantait and Vahedi, 2015).

Safranın Direkt Organogenesis, İndirekt Organogenesis ve Somatik Embriyogenesis Yoluyla Çoğaltımı Üzerine Bazı Araştırmalar

Bilindiği gibi eksplanttan kallus oluşturmaksızın adventif sürgün ya da diğer organların doğrudan oluşumu direkt organogenesis olarak tanımlanmakta ve indirekt organogenesis (kallusdan rejenerasyona) oranla bitkinin klonal çoğaltımında daha avantajlı bir metot olarak görülmektedir (Gantait and Vahedi, 2015). Yüksek çoğalma oranı, indirekt yöntemlere göre daha kısa sürede sonuç alınması ve genetik uniformluk, safran genetik kaynaklarının ex situ korunmasında, direkt organogenesisi uygun bir yöntem haline getirmektedir (Renau-Morata et al., 2013). Safranın direkt organogenesis yoluyla in vitro klonal çoğaltımına ilişkin çalışmalardan bazı örnekler Çizelge 1’de verilmiştir.

İn vitro kültür teknikleriyle kısa sürede çok sayıda mikrokorm üretilmesi safranın mikro çoğaltımını ideal hale getirmektedir. Ayrıca mikrokormların boyutlarının küçük olması, kolay taşınması, düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmesi ve germplazm kaynağı olarak kullanılması bakımından avantaj sağlamaktadır (Sharma and Piqueras, 2010).

Diğer bitkilerde olduğu gibi safranda da, korm oluşumu için sükröz/karbonhidrat konsantrasyonu en kritik faktör olup yüksek sükröz konsantrasyonu (%6-9) mikrokorm oluşumunu, gelişimini ve biyokütle artışı teşvik etmektedir (Raja et al.,

2007). Safranda yapılan çalışmalarda, gibberellik asit uygulamaları korm oluşumunu ihbihe ederken, absisik asit uygulamalarının da senesens ile ilişkili olarak korm teşvikini engellediği ancak partenokarpik meyve gelişimine yol açtığı saptanmıştır (Sharma and Piqueras, 2010). Korm oluşumunu etkileyen bir diğer faktör ise eksplant tipi olup, tek sürgünden korm oluşumuna zayıf bir yanıt alınırken, iki veya üç dallı sürgünlerden fazla sayıda ve yüksek ağırlıkta mikrokorm gelişimi gözlenmiştir (Milyaeva et al., 1995).

İndirekt organogenesis, eksplanttan kallus aracılığı ile sürgün gelişiminin elde edilmesine dayanmakta ve bu durumu başta bitki büyüme düzenleyicileri olmak üzere birçok faktör etkilemektedir. İndirekt organogenesisde yani kallustan sürgün oluşumunda, öncelikle bitki hücre ve dokularının çoğalarak amorf dokulara dönüşmesi, ardından uygun kimyasal ve fiziksel koşullar altında bu kallus yapılarının organa dönüşmesidir (Gantait and Vahedi, 2015).

Safranın in vitro kültür çalışmalarında çoğunlukla korm eksplantının kullanılması ile yüksek verimin elde edilmesinde kormun bölünen meristematik hücrelerinin yeni primordiyal sürgün gelişim yeterliliğini taşıyor olmasından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir (Gantait and Vahedi, 2015). Safranda farklı bitki büyüme düzenleyicilerinin ve konsantrasyonlarının kallus ve kallustan rejenerasyon üzerine etkilerinin belirtildiği bazı çalışmalar Çizelge 2’de özetlenmiştir.

Somatik embriyogenesis, tek veya bir grup hücrenin önce kallusa, ardından somatik embriyogenesis aracılığı ile tam bir bitkiye dönüşmesidir (Gantait and Vahedi, 2015).

Safranın somatik embriyogenesis yolu ile rejenerasyonuna ilişkin bazı çalışmalar Çizelge 2’de özetlenmiştir. Blazquez et al. (2004), geçici daldırma sistemini (TIS: Temporary Immersion System) kullanarak embriyonik kallus üretimini ve yarı-katı ortama nazaran yaş ağırlığı dört kat arttırmayı başarmışlardır.

Safranın *İn vitro* Kültüründe Sekonder Metabolitlerin Üretimi

Doku kültürü yöntemleri ile sekonder metabolitlerin üretimi için iki alternatif geliştirilmiştir. Bunlardan ilki, kallus veya hücre kültürlerinde sekonder bileşiklerin sentezlenmesidir. İlk zamanlarda yapılan çalışmalarda, safranın organize olmamış hücrelerinden elde edilen krosin ya da krosetin miktarının doğal stigma içeriğine kıyasla çok düşük konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir (Sharma and Piqueras, 2010).

Safran kallus kültürlerinde, sekonder metabolit üretiminin düşük miktarda olmasının yanı sıra kalluslarının rengin kahverengine döndüğü de belirtilmekte ve kahverengi olan kallusların ölü/kuru hücreler olup, bölünme veya sekonder metabolit üretme yeteneğini kayb ettikleri ortaya koyulmuştur (Sharma and Piqueras, 2010). Uygun konsantrasyonlarda bitki büyüme düzenleyicileri, besin ortamı bileşenleri, öncül kimyasallar ve ağır metaller gibi bazı faktörler *in vitro* kültürlerde sekonder metabolitlerin ve özellikle krosin sentezinin arttırılmasında önemli potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, safranda son yıllarda yapılan çalışmalarda tek aşamalı kültür sistemi yerini iki aşamalı kültür sistemine bırakmıştır (Sharma and Piqueras, 2010).

Chen et al. (2003), hücre büyümesi ile krosin sentezinin ayrı süreçler olduğunu belirtmiş ve uyguladıkları iki aşamalı kültür sisteminde IAA (2 mg L^{-1}) ve BAP (0.5 mg L^{-1}) eklenmiş B5 besin ortamından maksimum miktarda krosin (0.43 g L^{-1}) elde etmişlerdir. Diğer bir araştırmada ise, La^{+3} , Ce^{+3} ve Nd^{+3} gibi nadir bulunan elementlerin, safran hücrelerinin büyümesi ve krosin üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır. La^{+3} ve Ce^{+3} 'un tek başına ya da birlikte verildiğinde kallusların krosin üretimini arttırırken, bütün metal iyonların $100 \text{ }\mu\text{M}$ üstünde toksik olduğu belirtilmiştir (Chen et al., 2004). *In vitro* ortamda oluşan safran stigmasına benzer yapılar, stigma-benzeri yapılar (SBY) (SLS: Stigma-Like Structures) veya doku kültürü stigmaları (DKS) (TCS: Tissue Culture Stigmas)

olarak adlandırılmaktadır (Sharma and Piqueras, 2010). *In vitro* kültürde düşük konsantrasyonlarda NAA ve BA direkt SBY'in rejenerasyonunu teşvik ederken, bu bitki büyüme düzenleyicilerinin yüksek konsantrasyonlarının indirekt rejenerasyonu indüklediği ortaya konulmuştur (Loskutov et al., 1999; Ebrahimzadeh et al., 2000a). Ayrıca, direkt rejenerasyonla elde edilen SBY'in doğal stigmalara şekil, renk, boyut ve sekonder içeriği bakımından indirekt rejenerasyonla elde edilenlere göre daha çok benzediği belirtilmektedir (Sharma and Piqueras, 2010).

Ovaryum (Sano and Himeno, 1987; Loskutov et al., 1999), stigma (Koyama et al., 1988) ve petal (Zeng et al., 2003) eksplantlarından rejenerasyon sonucu elde edilmiş olan SBY'da krosin, pikrokrosin, safranal ve krosetin gibi başlıca sekonder metabolitlerin varlığının tespitine ilişkin de birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda, 4 sekonder metabolit arasından, anti-kanser özelliğinden dolayı en çok krosin üretimi üzerine yoğunlaşmıştır (Chen et al., 2015). Sano and Himeno (1987) çalışmalarında, doğal *Crocus sativus* bitkilerinin genç stigma ve yarım ovaryumlarını sitokinin, oksin ve sitokinin-oksin kombinasyonunu içeren LS besin ortamında kültüre almışlardır. Kültür sonunda elde ettikleri SBY'da sekonder metabolitlerin sentezlendiğini tespit etmişler fakat *in vivo* ortamdaki stigma içeriğine nazaran daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Sarma et al. (1991), NAA ve BA içeren MS besin ortamında kültüre aldıkları ovaryum eksplantlarından SBY üretmiş ve ürettikleri SBY'in sekonder metabolit içeriğinin doğal safran stigmasına kıyasla 6-11 kat daha az olduğunu belirlemişlerdir. Loskutov et al. (1999), *C. sativus*'un yarım ovaryum eksplantlarını $54 \text{ }\mu\text{M}$ NAA, $44.4 \text{ }\mu\text{M}$ BAP, %0.05 kazein ve $11 \text{ }\mu\text{M}$ L-alanin içeren B5 ortamında kısa aralıklarla alt kültürlerle almışlar ve 9-10 aylık bir periyotta elde ettikleri SBY'da, HPLC analizi ile krosin, krosetin, pikrokrosin ve safranal miktarlarını belirlemişlerdir. Sekonder metabolit miktarlarının doğal safranda bulunan miktarlara benzer olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 1. *Crocus sativus*'un direkt organogenesis aracılığı ile in vitro klonal çoğaltımına ilişkin bazı çalışmalar

Eksplant tipi	Besin ortamı	Bitki büyüme düzenleyicisi	Yanıt	Kaynak
Yarım ovaryum, stigma	LS	1 mg L ⁻¹ Kn + 10mg L ⁻¹ NAA 1mg L ⁻¹ BAP + 20mg L ⁻¹ IBA 5 mg L ⁻¹ BAP + 1 mg L ⁻¹ IAA	Stigma-benzeri yapı	Sano and Himeno, 1987
Stigma, stil	LS	30 µM BAP + 50 µM NAA 10 µM BAP + 10 µM NAA 10 µM BAP + 50 µM NAA 1 µM BAP + 50 µM NAA	Stigma-benzeri yapı	Koyama et al., 1988
Apikal tomurcuk	MS	3 mg L ⁻¹ ZEA	Korm	Plessner et al., 1990
Stigma	MS	10 mg L ⁻¹ NAA + 1mg L ⁻¹ BAP	Stigma-benzeri yapı	Sarma et al., 1990
Yarım ovaryum, stigma, anter, petal	White	4 mg L ⁻¹ NAA + 4 mg L ⁻¹ ZEA	Stigma-benzeri yapı	Fakhrai and Evans, 1990
Anter Ovaryum (stigmadahil) Ovaryum (stigma hariç)	MS	54 µM NAA + 4.4µM BAP 27 µM NAA + 44 µM BAP 54 µM NAA + 4.4µM BAP	Stigma-benzeri yapı	Sarma et al., 1991
Petal, stil	MS	5 mg L ⁻¹ Kn + 4 mg L ⁻¹ NAA 6 mg L ⁻¹ BAP + 9 mg L ⁻¹ NAA	Stigma-benzeri yapı	Lu et al., 1992
Ovaryum	MS	26.9 µM NAA + 4.4 µM BAP	Çoklu Sürgün	Bhagyalakshmi, 1999
Yarım ovaryum	B5	5.4 µM NAA + 44.4 µM BAP + %0.05 kazein + 11 µM L-alanin	Stigma-benzeri yapı	Loskutov et al., 1999
Stil	MS	5 mg L ⁻¹ Kn + 5 mg L ⁻¹ NAA	Stigma-benzeri yapı	Ebrahimzadeh et al., 2000a
Stamen	MS	5 mg L ⁻¹ NAA + 6 mg L ⁻¹ BAP	Stigma-benzeri yapı	Zhao et al., 2001
Petal, stigma, stil	MS	5 mg L ⁻¹ Kn + 4 mg L ⁻¹ NAA + 1 mM SA	Stigma-benzeri yapı	Zeng et al., 2003
Stil	MS	26.8 µM NAA + 31.1µM BAP	Çiçek	Jun et al., 2007

(Çizelge 1'in devamı)

Eksplant tipi	Besin ortamı	Bitki büyüme düzenleyicisi	Yanıt	Kaynak
Apikal ve lateral tomurcuk	MS	5mg L ⁻¹ BAP, 1 mg L ⁻¹ 2İP	Çoklu sürgün	Majourhat et al., 2007
Korm	MS	0.5 mg L ⁻¹ NAA + 2 mg L ⁻¹ BAP	Kormlet	Karaoğlu et al., 2007
*Korm Çoklu sürgün	MS ½ MS	14 mg L ⁻¹ BAP + 3 mg L ⁻¹ IBA 3 mg L ⁻¹ BAP	Çoklu sürgün Kormlet	Sharma et al., 2008
**Korm Çoklu sürgün	MS B5	4.54 µM TDZ 2.22 µM NAA + 2.68 µM BAP	Çoklu sürgün Bitki rejenerasyonu	Sharifi et al., 2010
Sürgün	MS	1 mg L ⁻¹ NAA + 1 mg L ⁻¹ TDZ 1 mg L ⁻¹ NAA + 2 mg L ⁻¹ Kn	Sürgün Kök	Vatankhah et al., 2010
Yarım ovaryum Apikal tomurcuk	B5 LS	27 µM NAA + 44.4 µM BAP 21.6 µM NAA + 22.2 µM BAP	Stigma-benzeri yapı Mikrokorm	Mir et al., 2010
Ovaryum, stil	MS	10 mg L ⁻¹ NAA + 10 mg L ⁻¹ BAP	Stigma-benzeri yapı	Namin et al., 2010
*Korm Çoklu sürgün	MS	26.64 µM BAP + 5 µM NAA 1.7 µM PAC	Çoklu sürgün Kormlet	Devi et al., 2011
Korm Apikal tomurcuk	½ MS	20 µM TDZ + 10 µM IAA 20 µM BAP + 20 µM NAA	Kormlet Kormlet	Parray et al., 2012
*Korm Çoklu sürgün	MS	0.1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 2 mg L ⁻¹ BAP 1 mg L ⁻¹ IBA	Çoklu sürgün Korm	Zeybek et al., 2012
*Korm	½ MS	5 mg L ⁻¹ BAP + 0.5 mg L ⁻¹ NAA 1 mg L ⁻¹ TDZ + 0.5mg L ⁻¹ NAA	Çoklu sürgün	Renau-Morata et al., 2013
Çoklu sürgün	½ MS	-	Korm	Simona et al., 2013
Apikal ve lateral tomurcuk	MS	1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 1 mg L ⁻¹ BAP	Çoklu sürgün	
*Korm Çoklu sürgün	MS	6 mg L ⁻¹ ZEA + 2 mg L ⁻¹ 2,4-D 0.2 ml L ⁻¹ CCC	Çoklu sürgün Kormlet	Salwee and Nehvi, 2014

*:Yapılan çalışmalarda önce kormlardan çoklu sürgün, sonrasında çoklu sürgünden kormlet ya da korm oluşumu gerçekleştirilmiştir

** :Yapılan çalışmalarda önce kormlardan çoklu sürgün, sonrasında çoklu sürgünden bitki rejenerasyonu gerçekleştirilmiştir

2,4-D:2,4-Diklorofenoksiasetik asit, 2İP:İzopentiladenin, B5:Gamborg besin ortamı (Gamborg et al., 1968), BAP:6-benzilaminopürin, CCC:Chlorocholineklorid, IAA:İndol-3-asetik asit, IBA:İndol-3-butirik asit, Kn:Kinetin, LS:Linsmaier and Skoog (1965), MS:Murashige and Skoog (1962), NAA:Naftalen asetik asit, PAC:Paclotrazol, SA:Sodyum asetat, TDZ:Thidiazuron, White: White (1964), ZEA:Zeatin

Çizelge 2. *Crocus sativus*'un indirekt organogenesis ve somatik embriyogenesis aracılığı ile in vitro klonal çoğaltımına ilişkin bazı çalışmalar

İndirekt Organogenesis			
Eks-plant tipi	Besin ortamı	Bitki büyüme düzenleyicileri ve indirekt organogenesis aşamaları	Kaynak
Korm	½MS	0.5 mg L ⁻¹ 2,4-D + 0.5 mg L ⁻¹ BAP + %2 CM → Kallus → 0.1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 0.5 mg L ⁻¹ BAP → Sürgün tomurcuğu 0.1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 0.1 mg L ⁻¹ BAP → Sürgün rejenerasyonu	Ilahi et al., 1987
Ovaryum	MS	5 mg L ⁻¹ BAP + 10 mg L ⁻¹ NAA → Kallus → 1 mg L ⁻¹ BA + 1 mg L ⁻¹ NAA → Stigma rejenerasyonu	Castellar and Iborra, 1997
Korm	MS	2 mg L ⁻¹ BA + 0.1 mg L ⁻¹ 2,4-D → Nodular kallus → 2 mg L ⁻¹ - 5 mg L ⁻¹ BAP + 0.5 mg L ⁻¹ imazalil → Sürgün rejenerasyonu	Piqueras et al., 1999
Apikal tomurcuk	LS	2 mg L ⁻¹ NAA + 2 mg L ⁻¹ BAP → Embriyonik olmayan kallus, 1 mg L ⁻¹ NAA + 1 mg L ⁻¹ BAP → Embriyonik kallus	Darvishi et al., 2006
Yaprak	MS	1 mg L ⁻¹ BAP + 1 mg L ⁻¹ 2,4-D → Kallus → 2 mg L ⁻¹ BAP + 0.5 mg L ⁻¹ NAA → Sürgün rejenerasyonu	Raja et al., 2007
Korm	MS	1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 4 mg L ⁻¹ Kn → Embriyonik kallus	Sharifi et al., 2012
Korm	MS	0.25 mg L ⁻¹ 2,4-D + 1 mg L ⁻¹ BAP → Kallus → 1.5 mg L ⁻¹ BAP → Çoklu Sürgün → 1 mg L ⁻¹ IBA → Korm, kök	Zeybek et al., 2012
Korm	MS	2 mg L ⁻¹ 2,4-D + 0.1 mg L ⁻¹ BAP → Kallus → 0.1 mg L ⁻¹ BAP + 1 mg L ⁻¹ NAA → Sürgün rejenerasyonu	Vahedi et al., 2014
Somatik Embriyogenesis			
Eks-plant tipi	Besin ortamı	Bitki büyüme düzenleyicileri ve Somatik Embriyogenesis aşamaları	Kaynak
Korm	MS	2 mg L ⁻¹ 2,4-D + 0.5 mg L ⁻¹ Kn → Kallus → 2 mg L ⁻¹ IAA + 2 mg L ⁻¹ Kn + 100 mg L ⁻¹ askorbik asit → Somatik embriyo → ½ MS + 1 mg L ⁻¹ ABA → Embriyo farklılaşması → 2 mg L ⁻¹ IAA + 4 mg L ⁻¹ Kn → Çoklu sürgün → 2 mg L ⁻¹ IAA + 2 mg L ⁻¹ Kn + 100 mg L ⁻¹ askorbik asit → Bitkicik rejenerasyonu	George et al., 1992
Sürgün ucu	LS, ½ MS, MS	20 µM BAP + 20 µM NAA → Somatik embriyo → 25 mg L ⁻¹ GA ₃ → Embriyo farklılaşması → 50 µM BAP + 50 µM NAA → Bitkicik rejenerasyonu ve korm gelişimi	Ebrahimzadeh et al., 2000b
Sürgün	LS	4mg L ⁻¹ NAA + 4 mg L ⁻¹ BAP → Kallus → ½ MS + 1 mg L ⁻¹ ABA → Somatik embriyo → 25 mg L ⁻¹ GA ₃ Embriyo farklılaşması → ½ MS + 1 mg L ⁻¹ NAA + 1 mg L ⁻¹ BAP → Bitkicik rejenerasyonu	Karamian, 2004
Yaprak	MS	1mg L ⁻¹ BAP + 1 mg L ⁻¹ 2,4-D → Embriyonik kallus → 2.25 mg L ⁻¹ BAP + 0.1 mg L ⁻¹ 2,4-D → Somatik embriyo → ½ MS + 1.75 mg L ⁻¹ ABA + 0.5 mg L ⁻¹ BAP + 20 mg L ⁻¹ GA ₃ → Olgun embriyo ½ MS + 4 mg L ⁻¹ BAP + 0.5 mg L ⁻¹ NAA → Bitkicik rejenerasyonu ve mikrokorm gelişimi	Raja et al., 2007
Protoplast	MS	1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 0.2 mg L ⁻¹ Kn → Kallus → 1 mg L ⁻¹ ABA → Somatik embriyo → 25 mg L ⁻¹ GA ₃ → Olgun embriyo → 1 mg L ⁻¹ NAA + 1 mg L ⁻¹ BAP → Bitkicik rejenerasyonu	Chaloushi et al., 2007
Korm	MS	0.5 mg L ⁻¹ TDZ → Embriyonik kallus → 0.25 mg L ⁻¹ TDZ → Somatik embriyo → ½ MS → Mikrokorm	Sheibani et al., 2007
Korm	MS	0.1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 1 mg L ⁻¹ BAP → Embriyonik kallus → 0.05 mg L ⁻¹ NAA + 2 mg L ⁻¹ BAP → Somatik embriyo	Blazquez et al., 2009
Korm	MS	1 mg L ⁻¹ 2,4-D + 1 mg L ⁻¹ BAP → Kallus → 0.5 mg L ⁻¹ 2,4-D + 1 mg L ⁻¹ BAP → Somatik embriyo	Shahabzadeh et al., 2013
Yaprak, korm	MS	1 mg L ⁻¹ BAP + 1 mg L ⁻¹ 2,4-D → Embriyogenik kallus → 1 mg L ⁻¹ BAP + 1 mg L ⁻¹ NAA Sürgün rejenerasyonu → 5 mg L ⁻¹ PAC → Mikrokorm	Zaffar et al., 2014
Yaprak	MS	2.5 µM TDZ + 1µM PIC → Somatik embriyo → 26.64 µM BAP + 1 µM NAA → Çoklu sürgün	Devi et al., 2014

2,4-D:2,4-Diklorofenoksi asetik asit, 2İP:İzopentiladenin, ABA:Absisik asit, B5:Gamborg besin ortamı (Gamborg et al., 1968), BAP:6-benzilamino pürin, CCC:Chlorocholine chloride, CM:Hindistan cevizi sütü, IAA:İndol-3-asetik asit, IBA:İndol-3-butirik asit, GA₃:Gibberellik asit, Kn:Kinetin, LS:Linsmaier and Skoog (1965), MS:Murashige and Skoog (1962), NAA:Naftalen asetik asit, PAC:Paclobutrazol, SA:Sodyum asetat, TDZ:Thidiazuron, ZEA:Zeatin

Zeng et al. (2003), Kn ve NAA içeren ortama sodyum asetat ve PVP (polyvinylpyrrolidone) gibi maddeler ekleyerek eksplant kaynağı petal olan stigma benzeri yapılarda krosin sentezini arttırdıklarını

belirtmişlerdir. Son yıllarda ise, Shahabzadeh et al. (2013), sodyum azid uygulaması ile in vitro ortamda krosin, pikrokrosin ve safranal üretimini arttırmayı başarmışlardır.

SONUÇ

Safranın da dahil olduğu birçok geofit bitkinin geleneksel yöntemlerle çoğaltılmasında elde edilen üretim materyali oldukça düşüktür. Klasik çoğaltım yöntemleri yanında, biyoteknolojik yöntemler de birçok önemli ve ekonomik bitkinin çoğaltımına katkıda bulunmaktadır. Safranın in vitro kültür yöntemleri ile çoğaltımı, bitkinin büyük ölçekli ve hastaliksız olarak üretiminin yanı sıra sekonder metabolitlerinin üretimi için de bir araçtır. Safranın in vitro kültüründe ticari kullanıma uygun kormların üretimi için yeni ve kullanışlı protokollere de ihtiyaç duyulmaktadır. Safranda, in vitro organogenesis (özellikle in vitro mikrokorm oluşumu ve stigma benzeri yapıların oluşumu) ve somatik embriyogenesis çalışmaları devam ederken alginat kapsüllü sentetik tohum üretimi, in vitro saklama ve koruma üzerine de çalışmaların

yoğunlaştırılması araştırmacılar tarafından önerilmektedir. Hücre kültürlerindeki krosin sentezinin artırılması üzerine yapılan çalışmaların standart protokoller haline gelmesi ile hücre süspansiyonlarından safran metabolitlerinin ticari üretimi için biyoreaktör temelli sistemlerin gelişmesine olanak sağlanacaktır. In vitro kültürde pratik protokollerin geliştirilmesi ve standart hale getirilmesi sadece hastaliksız klonların büyük miktarlarda çoğaltılmasına yardımcı olmamakta aynı zamanda rekombinant DNA teknolojisi uygulamalarıyla transgenik safranların geliştirilmesi için yeni bakış açıları da kazandırmaktadır. Gelecek yıllarda genetik mühendisliği üzerine çalışmaların artması ve uygun transformasyon protokolleri ile düşük maliyetli, hastalıklara dayanıklı ve yüksek miktarda krosin sentezleyen transgenik safran bitkilerinin üretilmesi umut edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdullaev FI, 2002. Cancer chemo preventive and tumoricidal properties of saffron (*Crocus sativus* L.). *Experimental Biology and Medicine*, 227:20-25.
- Açıkgöz ÖA, 2010. Safran bitkisinin (*Crocus sativus* L.) yetiştirilmesi, kalitesi ve ticari önemi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111s.
- Ahmad M, Zaffar G, Habib M, Arshid A, Dar NA, Dar ZA. 2014. Saffron (*Crocus sativus* L.) in the light of biotechnological approaches: A review. *Scientific Research and Essays*, 9 (2):2348-2353.
- Aliakbarzadeh G, Sereshti H, Parastar H, 2016. Pattern recognition analysis of chromatographic fingerprints of *Crocus sativus* L. secondary metabolites towards source identification and quality control. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(12): 3295-3307.
- Bhagyalakshmi N, 1999. Factors influencing direct shoot regeneration from ovary explants of saffron. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 58: 205-211.
- Blazquez S, Piqueras A, Serna M, Casa JL, Fernandez JA, 2004. Somatic embryogenesis in saffron (*Crocus sativus* L.): optimisation through temporary immersion and polyamine metabolism. *Acta Horticulturae*, 650:259-276.
- Blazquez S, Olmos E, Hernandez JA, Fernandez-Garcia N, Fernandez JA, 2009. Somatic embryogenesis in saffron (*Crocus sativus* L.). Histological differentiation and implication of some components of the anti-oxidant enzymatic system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 97:49-57.
- Castellar MR, Iborra JL, 1997. Callus induction from explants of *Crocus sativus*. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 6: 97-100.
- Chaloushi B, Zarghami R, Abd-Mishani C, Omid M, Agayev YM, Pakdaman Sardood B, 2007. Effects of different hormonal treatments on the callus production and plantlet regeneration in saffron (*Crocus sativus* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 1625-1631.
- Chen S, Wang X, Zhao B, Yuan X, Wang Y, 2003. Production of crocin using *Crocus sativus* callus by two-stage culture system. *Biotechnology Letters*, 25:1235-1238.
- Chen S, Zhao B, Wang X, Yuan X, Wang Y, 2004. Promotion of the growth of *Crocus sativus* cells and the production of crocin by rare elements. *Biotechnology Letters*, 26:27-30.
- Chen S, Zhao S, Wang X, Zhang L, Jiang E, Gu Y, Shanguan JA, Zhao H, Lv T, Yu Z, 2015. Crocin inhibits cell proliferation and enhances cisplatin and pemetrexed chemosensitivity in lung cancer cells. *Translational Lung Cancer Research*, 4 (6): 775-783.
- Darvishi E, Zarghami R, Mishani CA, Omid M, Sarkhosh A, 2006. In vitro production of pathogen free plantlets via meristem culture in saffron (*Crocus sativus* L.). *Biotechnology*, 5:292-295.
- 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. *Engineering in Life Sciences*, 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.
- Ebrahimzadeh H, Radjabian T, Karamian R, 2000a. In vitro production of floral buds and stigma-like structures on floral organs of *Crocus sativus* L. Pakistan Journal of Botany, 32: 141-150.
- Ebrahimzadeh H, Karamian R, Noori-Dalooi MR, 2000b. Somatic embryogenesis and regeneration of plantlet in saffron, *Crocus sativus* L. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 11:169-173.
- Escribano J, Alonso LG, Prados CM, Fernandez AJ, 1995. Crocin, safranal and picrocrocin from saffron (*Crocus sativus* L.) inhibit the growth of human cancer cells in vitro. Cancer Letters, 100:23-90.
- Fakhrai F, Evans PK, 1990. Morphogenetical potential of cultured floral explants of *Crocus sativus* L. for the in vitro production of saffron. Journal of Experimental Botany, 41:47-52.
- Gamborg OL, Miller RA, Ojima K, 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Experimental Cell Research, 50:151-158.
- Gantait S, Vahedi M, 2015. In vitro regeneration of high value spice *Crocus sativus* L.: A concise appraisal. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2:124-133.
- George PS, Visvanath S, Ravishankar GA, Venkataraman LV, 1992. Tissue culture of saffron (*Crocus sativus* L.): somatic embryogenesis and shoot regeneration. Food biotechnology, 6:217-223.
- Ilahi I, Jabeen M, Firdous N, 1987. Morphogenesis with saffron tissue cultures. Journal of Plant Physiology, 128: 227-232.
- Jun Z, Xiaobin C, Fang C, 2007. Factors influencing in vitro flowering from styles of saffron. Acta Horticulturae, 739: 313-320.
- Karamian R, 2004. Plantlet regeneration via somatic embryogenesis in four species of *Crocus*. Acta Horticulturae, 650: 253-259.
- Karaoğlu C, Çöçü S, İpek A, Parmaksız İ, Uranbey S, Sarihan E, Arslan N, Kaya MD, Sancak C, Özcan S, Gürbüz B, Mirici S, Er C, Khawar KM, 2007. In vitro micropropagation of saffron. Acta Horticulturae (ISHS), 739:223-227.
- Koyama A, Ohmori Y, Fujioka N, Miyagawa H, Yamasaki K, Kohda H, 1988. Formation of stigma-like structures and pigments in cultured tissues of *Crocus sativus*. Planta Medica, 54: 375-376.
- Linsmaier EM, Skoog F, 1965. Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 8:100-127.
- Loskutov AV, Beninger CW, Ball TM, Hosfield GL, Nair M, Sink AC, 1999. Optimization of in vitro conditions for stigma-like-structure production from half-ovary explants of *Crocus sativus* L. In vitro Cellular & Developmental Biology, 35: 200-205.
- Lu WL, Tong XR, Zhang Q, Gao WW, 1992. Study on in vitro regeneration of style-stigma-like structure in *Crocus sativus* L. Acta Botanica Sinica, 34: 251-256.
- Majourhat K, Martinez-Gomez P, Piqueras A, Fernandez JA, 2007. Enhanced plantlet regeneration from cultured meristems in sprouting buds of saffron corms. Acta Horticulturae, 739: 275-278.
- Milyaeva EL, Azizbekova NS, Komarova EN, Akhundova DD, 1995. In vitro formation of regenerant corms of saffron crocus (*Crocus sativus* L.). Russian Journal of Plant Physiology, 42:112-119.
- Mir JI, Ahmed N, Wani SH, Rashid R, Mir H, Sheikh MA, 2010. In vitro development of microcorms and stigma like structures in saffron (*Crocus sativus* L.). Physiology and Molecular Biology, 16: 369-373.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15:473-495.
- Namin MH, Ebrahimzadeh H, Ghareyazie B, Radjabian T, Namin HH, 2010. Initiation and origin of stigma-like structures (SLS) on ovary and style explants of saffron in tissue culture. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 52: 55-60.
- Parray JA, Kamili AN, Hamid R, Husaini AM, 2012. In vitro cormlet production of saffron (*Crocus sativus* L. Kashmirianus) and their flowering response under greenhouse. GM Crops and Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain, 3(4):289-295.
- Piqueras A, Han BH, Escribano J, Rubio C, Hellin E, Fernandez JA, 1999. Development of cormogenic nodules and microcorms by tissue culture, a new tool for the multiplication and genetic improvement of saffron. Agronomie, 19:603-610.
- Plessner O, Ziv M, Negbi M, 1990. In vitro corm production in the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 20: 89-94.
- Raja W, Zaffer G, Wani SA, 2007. In vitro microcorm formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Acta Horticulturae, 739:291-296.
- Renau-Morata B, Moya L, Nebauer SG, Segui-Simarro JM, Parra-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. Industrial Crops and Products, 46: 97-104.
- Salwee Y, Nehvi FA, 2014. In vitro microcorm formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Cell & Tissue Research, 14:4463-4470.
- Sano K, Himeno H, 1987. In vitro proliferation of saffron (*Crocus sativus* L.) stigma. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 11:159-166.
- Sarma KS, Maesato K, Hara T, Sonoda Y, 1990. In vitro production of stigma-like structures from stigma explants of *Crocus sativus* L. Journal of Experimental Botany, 41:745-748.
- Sarma KS, Sharada K, Maesato K, Hara T, Sonoda Y, 1991. Chemical and sensory analysis of saffron produced through tissue cultures of *Crocus sativus*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 26:11-16.
- Shahabzadeh Z, Heidari B, Dadkhodaie A, 2013. Regenerating salt tolerant saffron (*Crocus sativus*) using tissue culture with increased pharmaceutical ingredients. Journal of Crop Science and Biotechnology, 16:209-217.

- Sharifi G, Ebrahimzadeh H, Ghareyazie B, Karimi M, 2010. Globular embryo-like structures and highly efficient thidiazuron-induced multiple shoot formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 46: 274-280.
- Sharifi G, Ebrahimzadeh H, Ghareyazie B, Gharechahi J, Vatankhah E, 2012. Identification of differentially accumulated proteins associated with embryogenic and non-embryogenic calli in saffron (*Crocus sativus* L.). *Proteome Science*, 10:3.
- Sharma KD, Singh BM, Sharma TR, Rathour R, Sharma R, Goel S, 2008. In vitro cormlet development in *Crocus sativus*. *Biologia Plantarum*, 52:709-712.
- Sharma KD, Piqueras A, 2010. Saffron (*Crocus sativus* L.) Tissue Culture: Micropropagation and Secondary Metabolite Production. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 4 (Special Issue 2):15-24.
- Sheibani M, Nemati SH, Davarinejad GH, Azghandi AV, Habashi AA, 2007. Induction of somatic embryogenesis in saffron using thidiazuron (TDZ). *Acta Horticulturae*, 739: 259-268.
- Simona L, Cerasela P, Florina F, Lazar A, Giancarla V, Danci M, Maria B, 2013. In vitro regeneration of *Crocus sativus* L. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 17: 244-247.
- Ünalđı EÜ, 2007. Tehdit ve tehlike altında bir kültür bitkisi:safran (*Crocus sativus* L.).*Firat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4: 53-67.
- Vatankhah E, Niknam V, Ebrahimzadeh H, 2010. Activity of anti-oxidant enzyme during in vitro organogenesis in *Crocus sativus*.*Biologia Plantarum*,54:509-514.
- Vahedi M, Kalantari S, Salami SA, 2014. Factors affecting callus induction and organogenesis in saffron (*Crocus sativus* L.). *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 24:1-9.
- White PR, 1964. The cultivation of animal and plant cells. *Soil Science*, 97:74.
- Zaffar G, Ahmad M, Shahida I, Razvi SM, Habib M, Ahmad A, 2014. Effect of paclobutrazol and sucrose on in vitro corm formation in saffron (*Crocus sativus*). *Journal of Cell and Tissue Research*, 14.1:4069-4072.
- Zeng Y, Yan F, Tang L, Chen F, 2003. Increased crocin production and induction frequency of stigma-like-structure from floral organs of *Crocus sativus* by precursor feeding. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 72: 185-191.
- Zeybek E, Önde S, Kaya Z, 2012. Improved in vitro micropropagation method with adventitious corms and roots for endangered saffron. *Central European Journal of Biology*, 7.1:138-145.
- Zhao J, Chen F, Yan F, Tang L, Xu Y, 2001. In vitro regeneration of style-stigma-like structure from stamens of *Crocus sativus*. *Acta Botanica Sinica*, 43: 475-479.

Soğuk İklim Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımları

Doğan DURSUN¹, Merve YAVAŞ¹

ÖZET: Kış mevsimi ve kar, Erzurum kenti kimliğinin merkezindeki iki kavramdır ve kentin bugünkü gelişim çizgisinde düşünülme zorundadır. Kentsel aktiviteleri sürdürebilmenin soğuk iklim koşulları nedeniyle çok zor olduğu Erzurum’da kış güneşini alan kamusal alanları tasarlayabilmek, soğuk rüzgârlardan bu alanları koruyabilmek, kenti yaya-bisiklet ve araç için keyifli ve güvenli olarak oldukça ulaşılabilir kılmak en temel zorunluluklardır. Şehir planlama disiplini böyle bir strateji için önemli bir paya sahiptir. Bu disiplin içerisinde kapsamlı bir şekilde geliştirilecek olan kentsel tasarım yaklaşımları ile kentsel yaşam kalitesi artırılabilecek, kış mevsimi algısı değişecek ve bir kış ekonomisi yaratılacaktır. Ekonomik etkilerinin uzun vadede hissedileceği bu yaklaşımlar ve uygulamaları kısa vadede yaşam kalitesini artıracaktır. Yukarıda belirtilen çerçeve içerisinde bu çalışmanın amacı Erzurum kenti için soğuk iklime duyarlı tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesidir. Dünyada ki örnek proje çalışmaları ve akademik literatürün tarandığı bu çalışma bir derleme niteliğindedir. Çalışma kapsamında kent formu, kent geometrisi, yoğunluklar, kentsel doku ve sokak yönlendirmeleri gibi daha üst ölçek tasarım kararlarına ek olarak kamusal alanlar, komşuluk birimi tasarımı ve açık alan yer seçimi gibi daha alt ölçek kararlarda sıralanmıştır. Çalışma sonucunda literatür ve örnek çalışmalardan çıkarılan uygun kentsel biçime (kent formu, sokak yönlendirmeleri, cadde genişlikleri, gökyüzü görünürlük oranları, yoğunluk, bitkilendirme gibi) dair sonuçlar ile Erzurum kentinin mevcut kentleşme deneyiminin örtüşmediği, soğuk iklim koşullarının kentsel yaşam kalitesini düşürdüğü ve fırsata dönüşme konusunda oluşturulacak tasarım kararlarının bir adım olabileceği görülmüştür. Bu tür bir kavramsal çerçeve dâhilinde geliştirilen tasarım yaklaşımları hem kentin olması gereken baskın kimliğini ortaya çıkaracak hem de yaşam kalitesini artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Kış, iklim duyarlılığı, Erzurum, yapı çevre, kentsel tasarım

Urban Design Approaches for Cold-Climate Cities

ABSTRACT: Snow and winter are two concepts for Erzurum city’s identity and must be considered in the present development of the city. Due to the cold climate conditions, maintaining of urban activities in Erzurum get difficult. In this direction, designing of public space where receive the sun, protection of this gathering space from the winter winds, and making them accessible for pedestrian, cycle and vehicles as safe and enjoyable are the main necessities. Urban planning has the largest share for such a strategy. With the defining and developing of comprehensive urban design approaches in planning area, the quality of life will be increased, perception of winter will be changed, and economy will be created. In this context, it is aimed to develop urban design approaches for cold-climate cities such as Erzurum. This study is a compilation constituted with scanned of world project examples and academic literature. In the scope of study, both upper scale decisions related to urban form, urban geometry, density, settlement pattern and street orientation, and lower scale decisions such as public space and neighborhood design and location selection of outdoor spaces are made and listed. The results of both literature review and case study of Erzurum show that urbanization experiences do not consistent with the climate conditions and the level of quality of life is low. Urban design approaches can be starting point for the use of winter as an opportunity. If an urban design practices can be developed within such a conceptual framework, it will reveal city’s dominant identity and improve the quality of life in the city.

Keywords: Winter, climate sensitivity, Erzurum, built environment, urban design

¹ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Doğan DURSUN, dogan08@gmail.com

SOĞUK İKLİMLİ YERLEŞMELER İÇİN YENİ BİR TASARIM GEREKLİLİĞİ

Soğuk iklime sahip yerleşim alanlarının belirli özellikleri bulunmaktadır ve bu karakteristik özellikler gündelik hayatın akışı üzerinde çok belirleyicidir. Yoğun kar yağışı, don ve buzlanma, kısa gündüz süreleri, buzla kaplı araç ve yaya yolları gibi unsurlar soğuk iklime sahip kentsel yerleşimlerde yaşamın ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir. Bu zorlayıcı özelliklerinden dolayı soğuk iklim koşulları kentlerin kimliği üzerinde de belirleyici bir role sahip olmaktadır. Kimlik o yerleşim üzerinde yaşayan insanların coğrafi özelliklerin de etkisiyle, yaşam tarzlarıyla oluşturdukları maddi ve manevi değerlerin bütününe ifade etmektedir. Bu durumda soğuk iklim sınırlı dış mekan aktivitelerine imkan tanınması, enerji tüketimini artırması, rekreasyon ve ulaşım olanaklarını azaltması gibi etkileriyle kimlik üzerinde çok baskın bir duruma gelmektedir. Bu sebeplerden dolayı soğuk iklime sahip gelişmiş ülkelerde, plancılar iklim koşulları ve yaşam kalitesi perspektifinden tasarım çalışmaları ve rehberleri üretmekte ve kendilerini bu anlamda zorlamaktadırlar. Yaz mevsiminde iklime duyarlı kentsel tasarım başlığı altında çok fazla çalışma bulunmasına rağmen ülkemizde benzer bir durum söz konusu değildir. İklim ve kent kimliği ilişkisi üzerine sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu (Balık ve Yüksel, 2014; Basıbuyuk, 2005; Caliskan, 2012; Caliskan and Matzarakis, 2013; Caliskan, Cicek, and Matzarakis, 2011; Ercoskun, 2007; Girginer, 2006; Güçlü, 1988; Gülten, 2007; Gülten ve Aksoy, 2010; Gürer, 2017; Hisarligil, 2009; Koseoglu, 2012; Kuscu, 2010; Soysal, 2008; Şahin ve Dostoglu, 2007; Şimşek, 2016; Şimşek ve Şengezer, 2012; Yılmaz et.al., 2013) ülkemiz örneğinde, problem sadece akademik alanda değil planlama pratiklerinde ki zorlayıcı dinamikler yüzünden de ortaya çıkmaktadır. İklim şartları ile kentleşme süreçleri arasındaki karşılıklı ilişkiye dair bilgiler her geçen gün artmasına rağmen, aynı derecede bir

etkiyi kentsel çevrelerde ve planlama süreçlerinde gözlemleyememekteyiz. Soğuk iklime duyarlı kentsel tasarım anlayışıyla ilgili olarak detaylı bilgilere özellikle kuzey Avrupa ülkelerindeki çalışmalarda rastlanmaktadır (Pressman, 1985; 1995; 2004; Ebrahimabadi et al., 2012; Milosovicova, 2010).

Bu çalışmada örnek alan olarak soğuk iklim koşulları nedeniyle Erzurum kenti seçilmiştir. Kent merkezi, yaklaşık 1800 metre rakımda kurulmuş, toplam 417.385 (TÜİK, 2016) kişilik nüfusa sahip bir alandır. Koppen iklim sınıflandırmasına göre nemli karasal iklime sahip olan kent (Kottek et al., 2006) sezona bağlı sıcaklık farklılıklarının yüksek olduğu, sıcak yaz ve keskin kış koşullarına sahip bir yerleşim alanıdır (Çizelge 1-2).

Ülkemizin en soğuk kentlerinden birisi olan yerleşimin sıcaklığı kış aylarında -30°C 'nin altına düşebilmektedir. Kış ikliminin yaklaşık altı aya yakın sürdüğü kentte yapıli çevrenin oluşumu ve kentleşme süreçleri bu durumdan bağımsız olarak gerçekleşmekte ve sonuçta kentsel yaşam kalitesi düşmektedir. Kentleşme süreçlerinde belirleyici kurumlar olan belediyelerin özel kentsel tasarım yaklaşımları ve bu yaklaşımları içeren rehberleri olmadığı gibi iklime duyarlı geliştirilmiş bir plan kararı da bulunmamaktadır. Bazı bölgelerde iklime uygun çözümlere rastlansa da bu durumun kendiliğinden ortaya çıktığı görülmektedir.

Bu sorunlu durumdan hareketle kent formundan başlayarak, sokak yönelmeleri ve tasarımları, doku, yoğunluk, bina yerleşimleri ve kullanımları ile arazi kullanımları gibi konularda soğuk iklime duyarlı çözüm önerilerin sıralandığı bu çalışma iklim ve planlama arasındaki ilişkiyi anlatan bir bölümle başlayıp tasarım temelli çözümlerin açıklanmasıyla devam etmektedir. Sonuç kısmında Erzurum özelinde mevcut durum ve öneri çözümlerin tartışıldığı bir bölüm ile çalışma sonlandırılmıştır.

Çizelge 1. Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2015) (MGM)

ERZURUM	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-9.3	-7.9	-2.3	5.5	10.6	14.9	19.3	19.4	14.6	8.0	0.7	-6.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-4.0	-2.4	2.9	11.2	16.9	21.9	26.7	27.3	22.7	15.3	6.7	-1.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-14.3	-13.0	-6.9	0.1	4.1	7.1	11.0	10.8	6.0	1.5	-4.3	-10.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.1	4.3	5.1	6.3	8.0	10.2	11.2	10.7	9.0	6.7	4.7	3.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.3	11.1	12.8	14.2	16.6	11.0	6.4	5.3	5.0	9.9	9.2	10.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	19.6	23.1	32.0	51.5	70.3	46.7	25.8	16.5	22.5	46.8	30.7	20.5

Çizelge 2. Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2015) (MGM)

En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.0	10.6	21.4	26.5	29.1	32.2	35.6	36.5	33.3	27.0	17.8	14.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-36.0	-37.0	-33.2	-22.4	-7.1	-5.6	-1.8	-1.1	-6.8	-14.1	-34.3	-37.2

İKLİM VE KENT PLANLAMA

İklim ve planlama ilişkisi dendiğinde akla gelen durum dış mekanlar da termal konforun yani yaşam kalitesinin artırılması olmaktadır (Ebrahimabadi et al., 2012). Bu doğrultuda iklimle ilişkili yapılan çalışmalarda; kentsel mekânda konfor düzeyini belirleyen tanımlayıcı analizler yapılırken kentleşme problemlerinden bahsedilmemektedir. Kış ve soğuk iklim koşulları özelinde yapılan çalışmalara baktığımızda yağışın kar şeklinde olduğu ve çok sık don olaylarının yaşandığı bölgelerde insanların gündelik hayatlarında çok kısıtlayıcı durumların ortaya çıktığı ve iyi tasarlanmamış çevrelerin de bu şartlara eklenmesiyle yaşam kalitesinin düştüğü görülmektedir (Pressman, 2004). Ancak birçok insan için kış koşulları, doğanın güzelliği ile spor ve rekreasyonel aktivite imkânlarını ifade etmektedir. Kent plancılarının bu süreçte düşen görev iklim koşullarını planlama çalışmalarında girdi olarak kullanmalarıdır (Ebrahimabadi, 2012).

Bu süreçte uyumsuzlukların azaltılması, kış koşullarının yarattığı stresi azaltıcı önlemler ve

faidalanma yönünde yaratıcı çözümlerin üretilmesi gerektiği açıktır (Pressman, 2004). Kentsel tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi ve tüm kent ölçeğinde farklılaşan çözüm önerilerine yer verilmesi gerekmektedir. Kent makro (tüm kent), mezo (mahalle ve küme) ve mikro (bina) olmak üzere üç ölçekte ele alınabilmektedir (Pressman, 2004; Ebrahimabadi, 2012). Bu ölçek sisteminde kent planlama ve tasarım genellikle tüm kent formu, mahalle ve küme ölçekleriyle ilgilidir. İklim duyarlı tasarım sürecinde kompakt (derişik) ya da yaygın kent formu, bina konumlandırılması, sokak yönelmeleri ve yoğunluk önemli kriterlerdendir. İklim duyarlı bir kentsel tasarım için öncelikle iklim koşullarının anlaşılması ve buna uygun tasarım ilkelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

TASARIM KRİTERLERİ

Kentsel tasarımla ilgili kriterler yaşam kalitesine doğrudan etkileri nedeniyle dikkatlice ele alınmak zorundadır. Bu nedenle öncelikle makro ölçeği ilgilendiren maddelerle başlamak daha doğru olacaktır. Bu anlamda Milosovicova'nın (2010) çalışması,

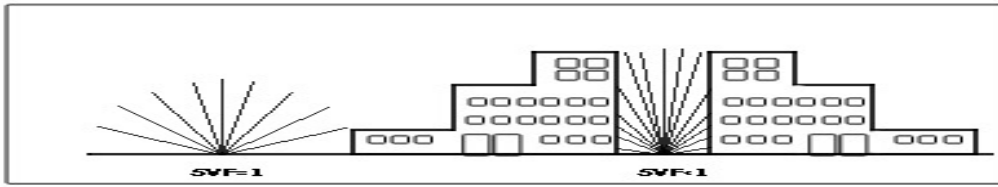
kullandığı konu başlıklarıyla önemli bir çerçeve çizmektedir. Kent geometrisi, yoğunluk, yerleşim dokusu ve arazi kullanımları gibi tasarım elemanları kentsel ısı adası oluşumu, hava akımları, gölgelenme gibi birçok iklimsel değişkeni etkileyen makro ölçekteki konu başlıklarıdır.

Kent Geometrisi

Kent geometrisi kentsel iklim ve dış mekan konforu açısından en belirleyici etmen olarak ifade edilmektedir ve bina yüksekliği ile sokak genişliği arasındaki oran (Y/G) ile gökyüzü görünürlük oranları –GGO- (Sky View Factor-SVF) üzerinden analiz edilmektedir. Bu göstergeler kentin güneşlenme ve havalanma

imkânlarını tanımlayan önemli ölçütler olarak yaz mevsimi içinde çokça kullanılmaktadır. Sokaklarda yaya seviyesinde hissedilen iklimsel koşullar hakkında belirleyici olan bu etmenler tasarım sürecinde dikkatli bir biçimde belirlenmelidir (Milosovicova, 2010).

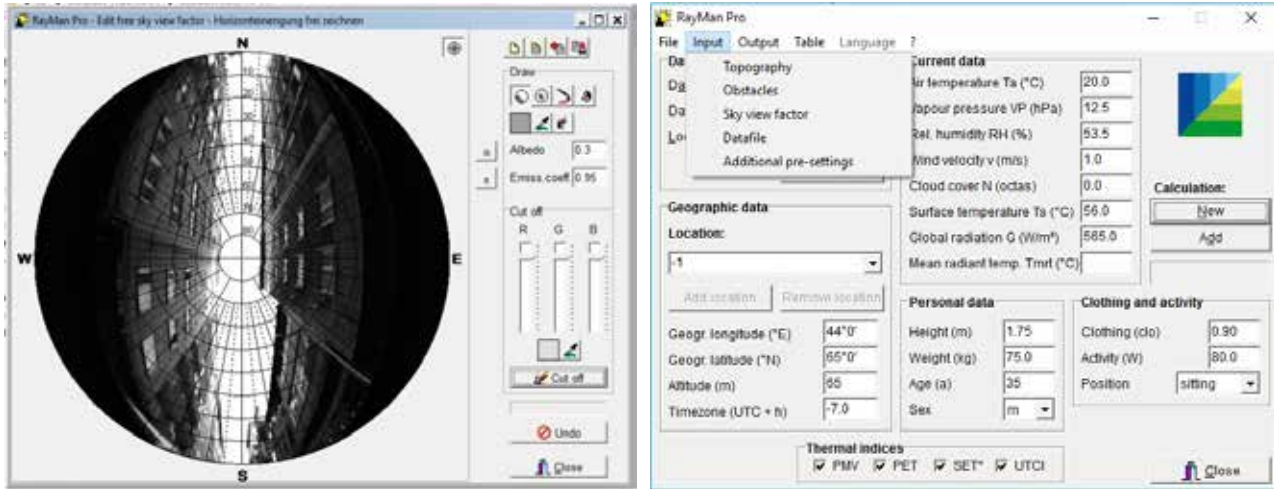
Yüksekliğin genişliğe oranı “0”a eşit olduğunda o bölgede bir yapılaşma olmadığı, “4” olduğunda ise derin bir kanyon formu olduğunu anlayabilmekteyiz. Orta yoğunluklu bir yerleşimde bu oran “1” civarlarında bir sonuç vermektedir. GGO oranları da benzer durumları ifade etmektedir ancak sayısal karşılıkları farklıdır. Değerin “1” olduğu durumlarda yapılaşma söz konusu değilken “1”den küçük olduğunda kanyon formu oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. GGO değeri 1 ise soldaki durum, 1'den küçük ise sağdaki durum (Milosovicova, 2010)

Y/G oranının yüksek olması ise kentsel alanlardan atmosfere ısı yayılımını kısıtlayan ve gece soğumasını yavaşlatan bir süreci ifade etmektedir (Milosovicova, 2010; Shishegar, 2013). Sokak tasarımlarıyla ilgili olarak yazında kullanılan kanyon geometrisi kavramı da iklime duyarlı tasarımlar için önemli bir girdi oluşturmaktadır ve Y/G oranıyla belirlenmektedir. Kanyonlardaki yatay ve dikey yüzeyler yaşam kalitesine etki eden tasarım elemanları olmaktadır. İdeal bir Y/G oranı yazında tanımlanmamıştır ancak bu çalışmada Emmanuel'in (2005) önerisi Erzurum gibi bir kış kenti için makul görünmektedir. Bu öneride kanyonlar için 0.4-0.6 arasında bir değer yaz aylarında sıcaklığı düşük tutacağı, kış aylarında ise sıcaklığı artıracığı belirtilmektedir. Her iklim koşulu için geçerli olabilecek bir değer olamayacağı için bilinmesi

gereken düşük değerlere sahip bir yerleşim alanında sokak düzeyinde güneş ışınlarına erişimin daha kolay olmasıdır. Soğuk iklime sahip yerlerde bu durumun arzu edildiği bilindiğinden Y/G değerini mümkün olduğunca düşük tutmak gerekmektedir. Gökyüzü görünürlük oranı hesaplamaları matematiksel olarak yapılabildiği gibi çeşitli yazılımlar vasıtasıyla da yapılabilmektedir. RayMan programı bu hesaplamayı yapabilen araçlardan birisi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Matzarakis et.al., 2006). Oranın hesaplanmak istediği sokakta, balıkgözü lense sahip bir fotoğraf makinesi ile yerden 1.5m yükseklikte gökyüzüne doğru dik olarak alınan bir fotoğraf, bu program aracılığıyla yapılacak hesaplama için yeterli olmaktadır. Şekil 2 de görüldüğü gibi bir arayüze sahip olan yazılım fotoğrafı alınan sokak içim gökyüzü görünüş oranını hesaplamaktadır.



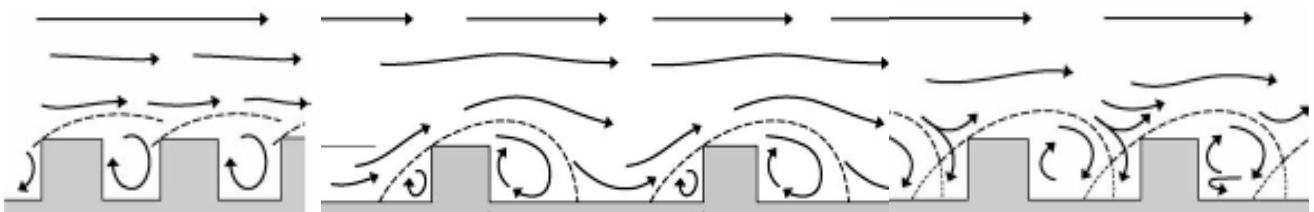
Şekil 2. Balıkgözü fotoğraf ve Rayman programında GGO hesaplama penceresi

Kent geometrisi ile ilgili olarak diğer bir önemli husus bina hacimleri ve biçimleridir. Eğer bina yüzeyleri geniş ve büyükse güneş ışınlarını tutma düzeyi yüksek olacaktır ve ısı yayımı daha uzun sürecektir. Kent iklimi üzerinde doğrudan etkisi olduğu anlaşılan bina form ve kullanımlarıyla ilgili olarak kompakt ve çok işlevli binaların tercih edilmesinin soğuk iklim koşullarıyla daha az yüzey oluşturması, daha az enerji sarfiyatı ve daha az ulaşım ihtiyacı yaratması yönlerinden uyumlu olduğu ifade edilmektedir (Milosovicova, 2010).

Kentsel yerleşim alanlarında sokak yönlenmelerine göre farklı durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu durumlar literatürde, hava akımları, yaya mekanların da termal konfor seviyeleri ve açık-kapalı alanların güneşlenme düzeyleri olarak karşılık bulmaktadır (Emmanuel, 2005; Herrmann ve Matzarakis, 2010;

Milosovicova, 2010; Shishegar, 2013). Dolayısıyla sokak tasarımlarında mevsimsel farklılıkları göz önüne alan ve özellikle kış aylarında güneş ışınlarının yaya seviyesine ulaşmasına imkan veren çözümler üretilmelidir. Bu durum kompakt ve gökyüzüne açık tasarımları gerekli kılmaktadır.

Kentsel alanlardaki rüzgâr akımları da iklim duyarlı tasarım rehberlerinde vurgulanan önemli konulardandır. Rüzgâr ile yapılı çevrenin ilişkisi kentsel yaşam kalitesi üzerinde önemli bir belirleyiciliğe sahiptir. İnsan sağlığı, iç ve dış mekan konforu, kentsel ısı adası oluşumunu engelleyici etkileri nedeniyle kentsel hava akımları dikkate alınmak zorundadır. Y/G oranı bu akımları üç farklı şekilde belirleyen tasarım elemanı olmaktadır (Şekil 3).



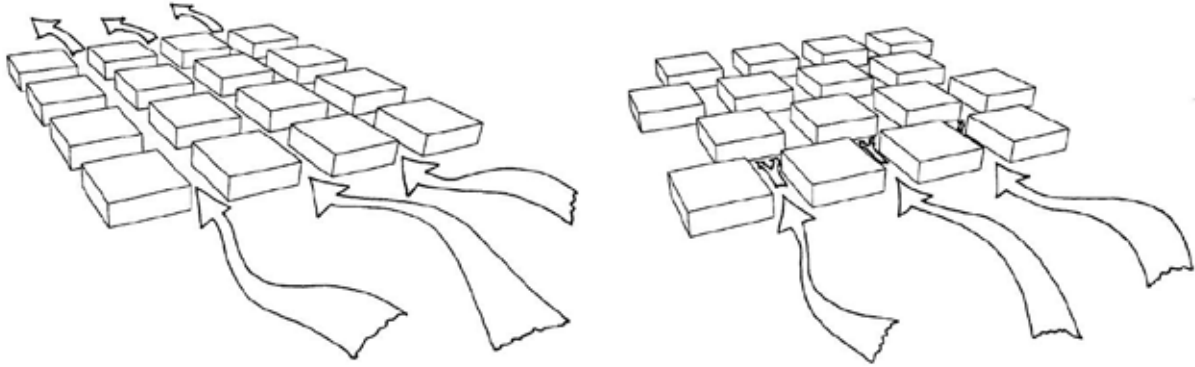
Şekil 3. Hava akımları: (a) ayrık pürüzlü; (b) zayıf dokunuş; (c) yüzeiden sıyrarak geçen (Shishegar, 2013)

Şekil 3'de görüldüğü gibi Y/G oranı arttıkça hava akımlarının yaya düzeyine inmesi mümkün olmamaktadır. Bu durum kış aylarında istenmeyen

soğuk rüzgârlar için kesici önlem olarak kullanılabilir. Ancak Erzurum gibi rüzgâr fakiri bir kentte bu duruma ilişkin olarak bazı bölgelerde

rüzgârı hızlandırıcı, yoğun yerleşik alanlarda ise kesici çözümlerin kullanılması gerekmektedir. Bina yükseklikleri de hava akımlarının biçimlendirilişinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Milosovicova (2010) ve Shishegar (2013) stratejik olarak yerleştirilmiş birkaç tane yüksek katlı yapının eğer rüzgâr yönü sokağa paralel veya dikey ise akım hızını

artırabildiğini ifade etmiştir. Yüksek katlı yapıların konumlandırılışı sıcaklık artışına veya azalışına da sebep olabilmektedir. Sokakların hâkim rüzgâr yönüne paralel olarak tasarlanması kentsel alanlarda hava hareketlerini artıracak gibi dar ve dönemeçli tasarlanan tam tersi durumlarda rüzgâr hareketlerini yavaşlatacaktır (Şekil 4).



Şekil 4. Paralel Sokaklar & Dar ve Dönemeçli Sokaklar (Shishegar, 2013, s.54)

Soğuk iklime sahip bölgelerde güney-kuzey doğrultusunda tasarlanan sokaklar güneş ışınlarını karşılama bakımından daha uygun olmaktadır. Bu şekilde planlanmış sokaklar daha yüksek sıcaklıklara ulaşırken, doğu-batı hattında planlananlar daha düşük sıcaklıklara sahiptir (Herrmann and Matzarakis, 2010; Milošovića, 2010). Soğuk iklimin hâkim olduğu yerleşimlerde sokak yönelimleri kuzey rüzgarlarının etkisini en aza indirecek şekilde olmalıdır. Givoni'nin belirttiği gibi geniş kentsel arterler kış kentlerinde rüzgâr yönüne dik olarak tasarlanmalı ve rüzgârın hızı düşürülmelidir (1998). Ancak, çalışma alanı olan Erzurum kenti rüzgâr hızı ve esintili gün sayısı çok düşük olan bir yerleşimdir. Ortalama rüzgar hızı 2.7m/sn olan kentte esintili gün sayısı (0.3-1.5m/sn) 2016 yılı için 204 gündür (MGM, 2016). Ayrıca hava kirliliği problemini yoğun olarak yaşayan kentin rüzgâr hızını düşürmekten ziyade belirli alanlarda artırmak gerektiği açıktır. Bu anlamda, düzenleme yapılırken kontrollü olarak belirli arterlerin rüzgâr yönüne uygun olarak tasarlanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Yoğunluk

Yoğunluk bir kentsel yerleşimin yalnızca fiziksel yapısına dair bilgi vermemekte, o bölgedeki yaşam biçimini de yansıtmaktadır. Ayrıca, kentsel iklimi

etkileyen ve sokakların havalanma düzeylerini belirleyen bir etmen olarak gözükmemektedir. Belirli bir alanda yaşayan insan sayısını ifade etmekte olan yoğunluk verisi ülkemizde bir hektar alanda yaşayan insan sayısı olarak kullanılmaktadır. Kaplamalı yüzeylerin yoğunlukla birlikte arttığını düşündüğümüzde, kentsel sıcaklığın yoğunlukla birlikte artacağını, yeşil yüzeylerin fazlalığı ile düşeceğini tahmin edebilmekteyiz. Yüksek yoğunluklu ve derişik (kompakt) tasarlanmış kentsel alanlarda sıcaklığın daha fazla olduğu görülmektedir. Bu türden etkileri dolayısıyla yoğunluğun kentsel alanlarda kontrol edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Milosovicova'nın da (2010) belirtildiği gibi hektarda 250 kişiden fazla nüfus olması o bölgenin yüksek yoğunluk grubunda olduğunu göstermektedir ve kentsel sıcaklığın artışını ifade etmektedir. İdeal yoğunluk rakamının ne olduğuna dair yazında bir bilgiye rastlanmamıştır ancak yüksek yoğunluğun kaplamalı yüzeylerin fazlalığını gösterdiği ve olumsuz kentsel iklim şartları yaratacağı bilinmektedir. Soğuk iklim koşullarını düşündüğümüzde yüksek yoğunluk ve derişik kent formununun kentsel yaşama iklimsel açıdan olumlu etkileri olacağını öngörebilmekteyiz. Ayrıca yürüyüş ve araç sürüş mesafelerini kısaltacağından dolayı ulaşım problemlerini de azaltacağı için daha

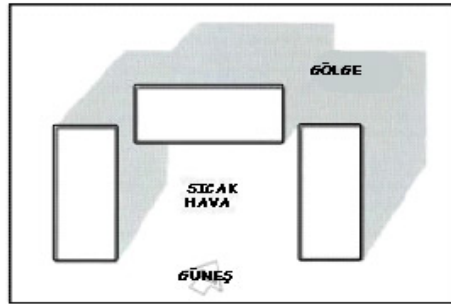
doğru bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır (Givoni, 1998). Bu noktada dikkat edilmesi gereken husus bina yükseklikleri ile aralarında bırakılan mesafelerdir. Yoğunlukla ilgili olarak soğuk iklim koşullarına uygun çözüm orta yoğunluk olarak ifade edilmektedir (Givoni, 1998). İki ve üç katlı güney yönelimli konutların genel anlamda kullanılması, bazı bölgelerde ise yüksek katlı binaların rüzgâra yön verme amacıyla tercih edilmesi doğru olacaktır. Yüksek yapıların tercih edildiği bölgelerde geniş açık alanlar bırakılmalıdır.

Arazi Kullanımı ve Yerleşim Dokusu

Farklı arazi kullanımları, bu kullanımların geometrisi ve tasarımı kentlerin enerji dengesini ve iklimsel karakterini belirlemektedir. Kentsel alanlarda iki tür kullanım bulunmaktadır. Bunlar soğuk hava üreten alanlar olarak kabul edilen park, nehir ve göller ile kentsel çekirdeği ve sanayi bölgelerini

kapsayan yerleşim alanlarıdır (Milosovicova, 2010). Karma kullanımlar her türden iklim tipinde kullanılan planlama çözümleridir ancak gürültü kirliliği gibi bazı problemlere yol açtığı da bilinmektedir. Soğuk iklimde sahip kentler için karma kullanımlar (ofis, konut ve ticaret gibi kullanımların aynı binada yer alması) uygun bir çözümdür ancak olumsuz durumları ortadan kaldırmak için yatay ve düşey ayrışma olarak ifade edilen ayrı bina ve ayrı katta kullanımların yerleştirilmesi yapılabilmektedir. Binalar arasında kapalı pasajlarla geçişler tasarlanarak ulaşım ve yaşam daha da kolaylaştırılabilir (Givoni, 1998).

Yerleşim dokusu olarak özellikle konut alanlarının tasarımı kentsel iklim koşulları açısından önemli olmaktadır. Kümelenme sıcak havayı ortak mekânlar da toplamak için daha uygun bir tasarım olarak kullanılmalıdır.



Şekil 5. Küme Tasarımı (St.Clair, 2010, p.12)

Bitkilendirme ve Açık/Yeşil Alan

Kentsel alanlarda yapılaşmış bölgeler dışında önemli arazi kullanımları parklar ve yeşil alanlardır. Bu türden alanların kent iklimi ve hava kalitesi üzerine olumlu etkileri bilinmektedir (Barış, 2005; Koç et.al., 2016; Özyavuz, 2016; Şimşek and Şengezer, 2012; Şimşek, 2016;). Yeşil alanlar, yağmur sularının drenajını yapan, hava kirliliğini ve trafik kaynaklı gürültüyü azaltan ve doğal havalandırma sağlayan alanlar olarak önerildikleri yerlere dikkat edilmesi gereken alanlardır (Milosovicova, 2010). Soğuk iklimde sahip kentlerde yeşil alanların biçimi ve konumlandırılışı soğuk rüzgârlara paralel olmamalıdır. Eğer böyle tasarlanmışsa bile soğuk rüzgarları kesici şekilde bitkilendirme yapılmalıdır (Shaghghi et al., 2011). Tasarım kararlarının dört mevsimi de ele alması ve yeşil alanların kışın nasıl kullanılacağına açıklanması

gerekmektedir. Yoğun ve her daim yeşil olan bitki örtüsü alanları, insanları rüzgârın soğutma etkilerinden koruyan “rüzgar süngeri” olarak kullanılabilir.

Boşlukları tanımlamak ve rüzgârları engellemek için çim tepeleri, banketler ve bitki örtüleri kullanılmalıdır. Çim tepeleri ve banketler kayma alanları oluşturmak için de tercih edilmelidir. Bir parkın doğal topoğrafyası, kızakla kayma alanları için fırsatlar sağlayabilmekte, ancak yollar kayılan alanlardan uzakta tasarlanmalıdır. Dolayısı ile buz pateni, kayak, kızak ve kar borusu gibi mevcut kış sporları özelliklerini rekreasyon alanlarına adapte etmek için yöntemler geliştirilmelidir. Kardan buz heykelleri, buz kaleleri, kar tasarımları gibi geçici, eşsiz ve eğlenceli sergiler için nehir vadisinde ve parklarda uygun alanlar tahsis edilmelidir (City of Edmonton, 2016).

Bir alanın kuzey-batı tarafındaki yoğun iğne yapraklı bitki örtüsü, rüzgârın engellenmesine yardımcı olurken, güneyin açıkta kalması, bölgeyi ısıtarak güneş erişimini en üst düzeye çıkaracaktır. Karın halka açık yürüyüş yollarına veya patikalara sürüklenmesini önlemek için peyzaj düzenlemesinin yapılması da ayrıca önemlidir. Banketler ve bitki örtüsü aynı zamanda karların doğrudan bina girişlerinden uzaklaşmasına ve kar kaldırma sıklığının azaltılmasına yardımcı olmaktadır (City of Edmonton, 2016).

Uzun dönem kış mevsimi yaşandığı için renk ve meyve gibi çekici veya kullanışlı kış özellikleri sunan bitki türleri seçilmelidir. Uzun çimlen ve sert yeşil renkler dâhil olmak üzere, yıl boyunca ilginç manzaralar yaratacak yerli ya da müdahale gerektirmeyen türler tercih edilmelidir. Çünkü renkli kabuğu olan veya meyvelerini kışın tutan ağaçlar kış kuşlarını çekecek ve ek renk ve doku ekleyecektir. Yaz aylarında ise yıllık çiçeklerin dikildiği mekânlarda geçici kış öğelerinin kullanılması düşünülmelidir (City of Edmonton, 2016).

Erzurum Kenti için Tasarım Önerileri

Bu bölümde iklime duyarlı tasarım yaklaşımları Erzurum kenti özelinde kısaca özetlenmiştir. Soğuk iklime sahip yerleşim için öncelikle yerleşim alanının doğru tercih edilmesi gerekmektedir. Güneye bakan güneşlenme yüksek alanlar tercih edilmelidir. Kent formu olarak kompakt bir form belirlenmelidir. Bina ölçeğinde çözüm olarak ısı kayıplarını azaltmak için apartman şeklinde çok aileli yapılar tercih edilmeli, bu yapılar küme şeklinde bir araya getirilmelidir. İç avlular etrafında konumlandırılmış apartmanlar şeklinde tasarımların rüzgâr türbülanslarını ve hızlarını düşürücü etkilerinden dolayı tercih edilmesi gerekliliği açıktır. Yüksek konut bloklarından güneş ışınlarını engellemesi ve yaya konforunu düşürmesi nedenleriyle sınırlı alanlarda faydalanılmalıdır. Dış mekânlar soğuk rüzgârlardan korunaklı, güneşlenmeyi kolaylaştırıcı ve gölgeyi azaltıcı avlular olarak güneye bakar şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca termal konfor ve havalanma açısından dış mekânlar arasında bağlantılar mutlaka düşünülmelidir. Güneşlenme nedeniyle binalar arasında belirli mesafeler bırakılması gereklidir. Bina yüksekliği (Y) ile cadde genişliği (G) oranının kuzeyden güneye yönelimli alanlarda (Y/G) $1/1.5=0.6$ olması idealdir (St.Clair, 2010). Bu değer güneş ışınlarının 30 derecelik bir açı ile tüm binalara gelmesini sağlayacaktır.

Binaların konumu ayarlanırken 12.5° lik bir açıyla güney-doğuya yönlendirilmeleri kış koşulları için daha uygun bir çözüm olmaktadır. Kış aylarında soğuk rüzgarların konut kümelerine etkisini azaltmak ve hızını düşürmek için kuzeyden güneye doğru farklı yükseklik ve uzunlukta bina kullanımı tercih edilmelidir. Güney bölgelerde ise düşük yoğunlukta yaz rüzgârlarına paralel tasarımlar tercih edilmelidir. Bina duvarlarının soğuk rüzgarları karşılayan taraflarda daha kalın tercih edilmesi yalıtım açısından daha doğru olacaktır (Shaghghi et al., 2011). Bina rengi olarak, kuzeye cephelerde sadece yaz döneminde güneş alacakları için açık renkler kullanılmalı, kış güneşinin değdiği kış bahçesi, balkon gibi unsurlara sahip girintili cephelerde koyu renkler tercih edilmeli, diğer cephelerde orta renkler kullanılmalıdır. Bina biçimleri olarak küp formların tercih edilmesi iç mekânların daha geniş olmasını dış yüzeylerin ise daha az olmasını sağlamaktadır. Sokak biçimlerinde yeterince genişlik bırakılarak rüzgar tüneli yaratacak çözümlerden kaçınılmalıdır (Shaghghi et al., 2011). Yaz rüzgârlarını düşündüğümüzde sokakların rüzgâr yönüne paralel ya da $30-45^\circ$ lik açılarla tasarlanması gerekmektedir (Givoni, 1998).

Yapılı çevre dışında yeşil alan çözümleri olarak yeşil parmaklar şeklinde birbirleriyle bağlantılı alanlar tasarlanmalıdır (Givoni, 1998). Kent parkları dışı kapalı formda sıcak havayı içeride tutacak şekilde planlanmalıdır.

Arazi kullanım modeli olarak karma model tercih edilmelidir. Geleneksel olarak yapılan, farklı kullanımların bölgeleme mantığı ile planlanması yaklaşımı yerine farklı mahalle ve komşuluk üniteleri arası karma arazi kullanım kararları alınmalıdır. Böylece kendine yeterli bölgeler ortaya çıkacak ve kente geliş gidişler azalacağından ekonomik anlamda olumlu bir durum ortaya çıkacaktır. Ayrıca kent içi boş ve yapılaşmamış alanların yoğun kullanım ile doldurulması kış kentleri için önemli bir planlama aracıdır. Hizmet ve konut fonksiyonları mahallelerin genel özelliğidir ancak ticaret, kültür ve perakendecilik kullanımlarının toplu taşıma sistemleri ile birlikte bu bölgelere eklenmesi doğru bir çözüm olacaktır.

Sürdürülebilir kentsel gelişim için yüksek yoğunluk, karma kullanım ve toplu taşıma koridorlarının birlikte düşünülmeleri önemli bir çözüm olacaktır. Otomobil

bağımlılığı azaltılmalı, kent içinde araçtan arındırılmış bölgeler oluşturulmalıdır. Otopark politikaları ve yol kullanım bedelleri gibi düzenlemeler ile bu yönde adımlar atılmalıdır. Belirli yüksek yoğunluk alanlarında ticaret, okul, kültürel merkez ve toplu taşıma durak yapı ve binalarının birbirine arkad, kolonlu geçiş, saçaklı kaldırımlar ve yaya yolu ağları ile bağlanması iklimsel konfor açısından önemli çözümlerdendir.

SONUÇ

Akademik çalışmalar ve uygulama projelerine dayalı olarak yapılan çalışmalar kent planlama ve iklim verileri arasında kentsel yaşam kalitesini artırıcı doğru bir ilişkinin kentsel tasarım çözümleri yoluyla sağlanabileceğini göstermektedir. Erzurum gibi kış koşullarının gündelik yaşam ve kent ekonomisinde belirleyici olduğu bir kentte fiziksel mekânın bu durumla uyumsuz olması kabul edilebilir bir durum değildir. Yaya arterlerinin buz sarkıtlarının düşme tehdidi yaşadığı, kar yağışıyla beraber kent merkezinde girilemez araç yollarının olduğu, temizlik süreçlerinin yılda 56 milyon lira gibi önemli maliyetler yarattığı (Erzurum Büyükşehir Belediyesi, 2017), Erzurum kentinin en önemli ve merkezi meydanı olan eski adıyla Yakutiye Medresesi Meydanı yeni adıyla 15 Temmuz Milli Mücadele ve Demokrasi Meydanı gibi iklim konforu düşük kamusal mekânları olan (Yavaş et.al., 2017), kent formu olarak Dadaşkent, Hilalkent, Çatıyolu ve Şükrüpaşa gibi farklı yönlere doğru saçaklanma

eğilime girmiş (Dursun and Yavaş, 2015), yeşil alanları imar mevzuatında belirtilen standartların çok altında kişi başına 0.74m² olan, (Özer et.al., 2014) iklim koşullarının yalnızca olumsuz özellikleri ile anıldığı, potansiyel anlamında kayak turizmiyle sınırlı bir algının olduğu, kış koşullarıyla ilgili yapı ölçeğindeki çözümlerin ve tarihsel birikimlerin önemsenmediği bir kent olarak ortaya çıkan Erzurum için kış kenti bağlamında bir kentsel tasarım yaklaşımına ihtiyaç olduğu açıktır. Ayrıca kentsel tasarım projelerinin Erzurum'un ikinci derece deprem kuşağında olduğu gerçeğiyle hazırlanması gerekmektedir. İklim duyarlı geliştirilecek olan tasarımlar deprem gerçeğini göz ardı etmeyecektir. Son bir iki yıl içerisinde kentte gözlemlenen aktiviteler (kış festivalleri, uluslararası spor organizasyonlar) ve düzenlemeler iklime (kış koşullarına) ilişkin algının olumlu yönde değiştiğini ve doğru bir süreç izlendiğini göstermektedir. Bu sürecin kentsel tasarım yaklaşımlarını içeren bir rehber ile tamamlanması ve kentin imar faaliyetlerine kış kenti bağlamında bu rehber ile yön verilmesi yerinde olacaktır. Bu çalışma ülkemizin doğu bölgesinde yer alan soğuk iklime sahip kentleri için bir örnek olacaktır ancak başlangıç düzeyindedir. Kentsel yaşam kalitesi ve ekonomisi zayıf olan bölge kentlerinin göç problemiyle karşı karşıya oldukları gerçeğini de hesaba katarak, doğal bir veri olan iklim koşullarını fırsata çeviren ve kentsel yaşam kalitesini bu perspektiften artırmaya çalışan bir yol izlenmelidir. Aksi durumlarda gelecek adına olumlu konuşmak mümkün olmayacaktır.

KAYNAKLAR

- Balık H, Yüksel Ü.D, 2014. Planlama Sürecine İklim Verilerinin Entegrasyonu, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7(2).
- Barış, M.E, 2005. Kent Planlaması, Kent Ekosistemi ve Ağaçlar, Planlama Dergisi, Sayı 4, s.156-163
- Basibuyuk A, 2005. Dogu Anadolu Bolgesinde Ortalama Hanehalki Buyukluklerinin Dagilimi. Eastern Geographical Review, 10(13): 273-289.
- Caliskan O, 2012. Turkiye'nin Biyoklimatik Kosullarinin Analizi ve Sehirlesmenin Biyoklimatik Kosullara Etkisinin Ankara Olceginde Incelenmesi. Ankara Universitesi Sosyal Bilimler Enstitusu, Doktora Tezi.
- Caliskan O, Matzarakis A, 2013. The Climate and Bioclimate of Nevsehir from the Perspective of Tourism. Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics Springer Atmospheric Sciences, 397-402.
- Caliskan O, Cicek I, Matzarakis A, 2011. The Climate and Bioclimate of Bursa (Turkey) From the Perspective of Tourism. Springer, 417-425.
- City of Edmonton, 2013. For The Love Of Winter, Design Guidelines For Transforming Edmonton, Alberta, Canada.
- City of Edmonton, 2016. Winter Design Guidelines: Transforming Edmonton into a Great Winter City. Edmonton, Alberta, Canada.
- Dursun D, Yavaş M, 2015. Dirençli Planlama Anlayışı ve Erzurum Kentleşme Deneyimi. Bildiriler Kitabı, Trabzon: KTÜ.
- Ebrahimabadi S, Johansson C, Nilsson K.L, 2012. The challenges of incorporating climate considerations into urban planning of the subarctic regions, Paper I. Submitted for publication in European Planning Studies in May 2012.
- Emmanuel R, 2005. An Urban Approach to Climate-Sensitive Design – Strategies for the Tropics, Spon Press, New York.

- Ercoskun O, Y, 2007. Sürdürülebilir Kent İçin Ekolojik-Teknolojik (Eko-Tek) Tasarım: Ankara-Gudul Örneği. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Erzurum Büyükşehir Belediyesi, 2017. Karın Erzurum'a Maliyeti. Şubat 6, 2017 tarihinde Kent Haber: <http://www.kenthaber25.com/karin-erzuruma-maliyeti-aciklandi-4289.html> adresinden alındı
- Girginer S, 2006. Kentsel Tasarım ile Ekolojik Sürdürülebilirliğin İlişkilendirilmesi ve Toplu Konut Gelisme Bolgelerinde Orneklenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Givoni B, 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design, John Wiley & Sons, Inc., NY
- Güçlü K, 1988. Erzurum Kentinin Yeşil Alanlarında Planlama ve Uygulama Sorunu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1-4): 51-63.
- Gülten A, 2007. Kent Dokusunda Gunes Isiniminden Yararlanmak İçin Cadde-Bina İlişkinin Arastirilmesi. Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gülten A, Aksoy T, 2010. Gokyuzu Gorus Faktoru ve Bina Yuzey Sicakliklarına Bağli Olarak Cadde Geometrisi-Gunes Isinimi Etkisi. Firat Üniversitesi Muhendislik Bilimleri Dergisi, 22(2): 157-170.
- Gürer N, 2017. Kış Kentlerinde Sürdürülebilir Kamusal Mekanlar Yarattılmasında Yerel Yönetimlerin Rolü, Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi, Cilt 26, Sayı 1, s.19-42
- Herrmann J, Matzarakis A, 2010. Influence of mean radiant temperature on thermal comfort of humans in idealized urban environments. In: Matzarakis, A., Mayer, H., Chmielewski, F.-M. (Eds.), Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology. Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg No. 20, 523-528.
- Hisarligil H, 2009. Enerji Etkin Planlamada Konut Adası Tasarımı: Hipotetik Konut Adalarının Ankara Örneğinde Mikroklima Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Koç A, Yılmaz S, Mutlu E, 2016. Erzurum Kent Merkezinde Kitle Yeşil Alanların Hava Kalitesine Etkisi, Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology, 6(4), p.p.109-112
- Koseoglu B, 2012. Kentsel Kamusal Mekanların İklim Duyarlı Tasarlanması: Türkiye Örneklerinin Karsılaştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kotteck M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F, 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification, updated. Meteorol Z, 15: 259-263
- Kuscu C, 2010. Landsat Tm Verileri Üzerinden Yuzey Sicakligi Haritasinin Olusturulmasi ve Yersel Olcumlari ile İlişkinin İncelenmesi. I. Ulusal Planlamada Sayısal Modeller, İstanbul Teknik Üniversitesi. 423-436.
- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H, 2006. Modelling the Thermal Bioclimate in Urban Areas with the RayMan Model, PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September, Downloaded from https://www.researchgate.net/publication/237253361_Modelling_the_thermal_bioclimate_in_urban_areas_with_the_RayMan_Model
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), 2016. Erzurum Saatlik Ortalama Rüzgar Verisi
- Milosovicova J, 2010. Climate-Sensitive Urban Design in Moderate Climate Zone: Responding to Future Heat Waves Case Study Berlin – Heidestrasse/Europacity, Master Thesis in Urban Design, Downloaded from http://jm-urbandesign.com/csud_thesis.html, on 11 July 2013
- Özer S, Kulözü N, Demir M, 2014. Gecekondu Bahçelerinde Kullanılan Bitkisel Materyal ve Tercihleri Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Erzurum Kenti Dağ (Gaziler)Mahallesi Örneği, Alinteri, 9-17.
- Özyavuz M, 2016. Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Kent Sağlığı Üzerinde Etkisi, Conference Paper, 1 st International Urban Environment Health Congress, Downloaded from <https://www.researchgate.net/publication/311426901>
- Pressman N, 1985. Reshaping winter cities: Concepts, strategies and trends. Waterloo, Ont.: Published under the auspices of Livable Winter City Association by University of Waterloo Press.
- Pressman N, 1995. Northern cityscape: Linking design to climate. Yellowknife, N.W.T.: Winter Cities Association.
- Pressman N. 2004. Shaping cities for winter: Climatic comfort and sustainable design. Prince George, B.C.: Winter Cities Association.
- Sahin E, Dostoglu N, 2007. Kentsel Mekan Tasarımında Doğal Verilerin Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Muhendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 12(1): 29-40.
- Shaghaghı S G, Shakiba, P V, Irani, G, 2011. Analysis of Climatic Strategies in Designing the Residential Buildings in Cold Dry Climate of Tabriz Metropolis to Reduce Air Pollution in Urban Environment, World Academy of Science, Engineering and Technology 52.
- Shishegar N, 2013. Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons. Journal of Clean Energy Technologies, 1:1.
- Şimşek Ç.K, 2016. Orta Ölçekli Parkların Mikro İklimsel Etki Alanlarının Araştırılması: Gezi Parkı, Maçka Parkı ve Serencebey Parkı Örneği, METU JFA, 33:2, 1-17
- Şimsek C K., Şengezer B, 2012. İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isinmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. Megaron Article, 7(2): 116-128.
- Soysal S, 2008. Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketimi İlişkisi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- St.Clair P, 2010. Guidelines For Climate Responsive Design In Cold Climates With Particular Reference To Beijing, China, downloaded from www.peterstclair.com/pdf/ on 11 July 2013.
- Yavaş M, Yılmaz S, Dursun D, 2017. "Analysis of climate sensitivity of public space in cold climate zone: The Case of Yakutiye Square, Erzurum", The Environmental Design Research Association Voice of Place Symposium, Winsconsin (*the paper will be presented in May*).
- Yılmaz T, Şavklı F, Yıldırım E, 2013. İklimle Bağlı Tasarım Olanaklarının Sıcak İklim Koşullarında İrdelenmesi, Antalya Cumhuriyet Meydanı Örneği, Turkish Journal of Scientific Reviews, Issue 1, 42-45

Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi Bitkisel Tasarımı ve Uygulaması*

Murat YEŞİL¹

ÖZET: Hızlı kentleşme ve nüfus artışı nedeniyle dikey ve yatay yönde yapı yoğunluğu artan kentlerimizde açık yeşil alan miktarı her geçen gün azalmaktadır. Bu bakımdan kentlerde gittikçe daralan yeşil alan miktarını artırmak kentliler için önemli bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel mekanlarda meydanlar, yollar, kamu kurum bahçeleri ve üniversite kampüsleri yeşil alan oluşturmak için önemli potansiyel alanlardır. Bu çalışma kapsamında Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesinin yapı kullanımı dışında kalan yaklaşık 115,5 dönümlük açık alanına yönelik bitkisel tasarım projesi ve gerekli yerlere yapısal peyzaj tasarım projeleri yapılmıştır. 2014, 2015, 2016 yıllarını kapsayan ve 3 etap halinde uygulaması gerçekleştirilen çalışmada, yerleşke alanına 58 farklı türde ağaç-ağaççık, 63 farklı tür ve varyetede çalı ve diğer otsu-odunsu bitki dikimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma ile Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesinin sahip olduğu açık yeşil alanları ile kent estetiğine ve kimliğine katkı sağlayan, kullanıcılarına nitelikli, yaşanabilir ve cazip ortamlar sunan örnek bir yerleşke haline gelmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağaçlandırma, kampüs planlaması, Ordu Üniversitesi, peyzaj tasarımı

Vegetative Design and Implementation in Cumhuriyet Campus of Ordu University

ABSTRACT: In our country where building concentration increases horizontally and vertically due to rapid urbanization and population increase, concentration of open green areas decreases gradually. Therefore, to increase gradually decreasing green area amount arises as a significant need for those living in urban areas. Squares, roads, gardens of public organizations and university campuses are the significant potential areas to form green areas. Vegetative design and landscape design projects were realized in an open area of nearly 115.500 m² in the Cumhuriyet Campus of Ordu University within the scope of this campaign. In the project covering the years of 2014, 2015 and 2016 and implemented in 3 stages, 58 trees-shrubs of different kinds, 63 bushes of different kinds and other herbaceous-woody plants were planted. By this project, it was targeted to make open green areas of the Cumhuriyet Campus of Ordu University an example which contributes in urban aesthetics and identity and brings quality, liveable and attracting environments to its users.

Key Words: Campus planning, landscape design, Ordu University, silviculture

¹ Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ordu, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat YEŞİL, muraty25@hotmail.com

* Bu çalışma 8-11 Aralık 2016'da düzenlenen 6. Peyzaj Mimarlığı Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğu günden beri sürekli olarak ihtiyaçları doğrultusunda çevresini değiştirme çabası içerisinde. Bu değişiklikler ilk zamanlar barınma, güvenlik ve beslenme gibi zaruri ihtiyaçları karşılamaya yönelikken sonraları artan ihtiyaçlar ve beklentiler doğa üzerinde yapılan değişikliklerin ölçeğini artırmıştır. Değişen bu şartlar içerisinde insanoğlu daha nitelikli, estetik, fonksiyonel, konforlu ve ekolojik yaşam alanları talep eder duruma gelmişlerdir. Oluşan bu talebi karşılamak için ortaya çıkan meslek disiplinlerinden biri olan Peyzaj Mimarlığında temel amaç ekosistem işleyişine zarar vermeden kırsal ve kentsel alanlarda insanlar için daha yaşanılabilir yaşam alanları planlamak ve tasarlamaktır. Sürekli bir değişim ve hareket içinde bulunan peyzaj elemanlarının, değişen yaşam şart ve ihtiyaçlarına göre şekillenerek biçim kazanması doğaldır (Tanrıverdi, 1987).

Hızlı kentleşme ve nüfus artışı kentlerin yatay ve dikey yönde yapılaşmasına yol açmakta ve insan ile doğa arasındaki organik bağı kuran yeşil alan miktarının azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla kentlerin sahip olduğu aktif ve pasif yeşil alan varlığının artırılması amacı ile yapılan çalışmalar günümüzde artan bir ivme ile değer kazanmaya devam etmektedir. Açık ve yeşil alanların en önemli bileşeni olan bitkiler, canlı ve dinamik yapısı ile ön plana çıkan, mevsimlere ve yıllara göre değişen formları ile mekanların vazgeçilmez öğeleri durumundadırlar.

Bitkilerin peyzajı iyileştirmek, doğayı korumak ve desteklemek gibi işlevleri vardır (Scarfone, 2007). Ayrıca bitkiler yapısal olarak yoğunluğu sürekli artan kentlerin niteliğine ve kimliğine katkı sağlayan dinamik canlılardır. Özellikle kentlerde insanlar üzerinde olumsuz etki yapan, keskin-sert çizgileri olan ve genelde formal yapıda olan mimari yapıların sert çizgilerini saklayarak yumuşatıcı etki yaparlar. İnsan ile yapı arasında fiziksel bir denge kurarlar. Bitkisel tasarımının amacı bulunduğu mekâna estetik ve işlevsel olarak katkıda bulunarak kullanıcı taleplerine cevap verebilmektir (Robinson, 1992). Bu bakımdan doğal ortamdan uzaklaşan kentsel

mekanlarda yeşil alan miktarını artırarak nitelikli mekanlar oluşturmak için bitkisel tasarım çalışmaları yapılır.

Kentsel açık-yeşil alanlarda kullanılan ağaç ve ağaççıklar, doğal yaşama ortamlarında veya kırsal alanlarda bulunma durumlarına göre, kentlere özgü çevre şartları nedeniyle farklı gelişme özellikleri sergileme eğilimindedirler. Bitki materyalinin fizyolojik ve morfolojik yapısını, gelişme performansını ve dolayısıyla kendisinden beklenen faydaları doğrudan etkileyen bu farklılaşma, kentsel dış mekanlarda kullanılacak taksonların seçiminde, her kent için değişkenlik gösterebilecek olan çevre şartlarının iyi analiz edilmesini gerektirmektedir (Doygun ve Ok, 2006).

Kentlerde; meydanlar, kamu kurumlarının bahçeleri ve üniversite kampüsleri yeşil alan yaratmak için önemli potansiyel alanlardır (Tanrıverdi, 1975). Günümüzde kurulan üniversitelerin neredeyse tamamına yakını kampüs üniversiteleri şeklinde kurulmuştur. Dolayısıyla üniversite yerleşkelerinin planlanmasında, peyzaj planlama ve tasarım ilkelerinin de göz önünde tutulması zorunluluğu doğmuştur. Üniversite kampüslerinde açık ve yeşil alanların genelde bir park şeklinde planlanması, gerek öğretim elemanları ve gerekse öğrencilerin huzurlu bir ortamda bulunması eğitim ve öğretimin kalitesi açısından önemlidir (Ertekin ve Çorbacı, 2010). Gün içerisinde kampüs alanını kullanan kişi sayısı dikkate alındığında üniversite kampüslerinin sahip oldukları yeşil alan miktarının ve niteliğinin önemi daha da fazla anlaşılmaktadır.

Bilimsel, sosyal, kültürel ve ekonomik gerçekler üniversitelerin şehrin dışında geniş alanlar üzerinde bir si'te (campus) olarak planlanmasını zorunlu kılmıştır (Tanrıverdi, 1975). Üniversite kampüsleri her ne kadar kentlerin bir miktar dışında yerleşkelerini oluştursalar da kentin bir parçası olarak kentlerin genel karakteristiklerini yansıtmaktadırlar. Bu nedenle bu alanların yapısal ve bitkisel tasarım ve planlama aşamaları dikkatle ele alınarak, kullanıcıların alanlardan optimal düzeyde faydalanabilmesinin sağlanması, daha yaşanabilir

mekan oluşturmaya özen gösterilmesi, sürdürülebilir mekanların oluşturulması açısından önemlidir.

Kamu bina çevrelerinde yapılacak peyzaj tasarımında, hitap edilen kullanıcı kesiminin çok çeşitli olması, yaş aralığının geniş olması ve ekonomik nedenler tasarımı kısıtlayıcı yönde rol oynamaktadır (Turgut, 2011).

Yapılan bu çalışma ile Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesinin sahip olduğu açık yeşil alanları ile kent estetiğine ve kimliğine katkı sağlayan, kullanıcılarına nitelikli, yaşanabilir ve

cazip ortamlar sunan örnek bir yerleşke haline gelmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın materyalini Ordu Üniversitesi Cumhuriyet yerleşkesi açık alanları oluşturmaktadır.

Cumhuriyet yerleşkesi; Karadeniz sahil yolu üzerinde, Ordu kent merkezine yaklaşık 7 km mesafede ve kentin doğusunda Cumhuriyet Mahallesi'nde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi

Çalışma alanının bulunduğu Ordu kentinde yıllık ortalama sıcaklık 14,3°C, yıllık ortalama güneşlenme süresi 4,4 saat, yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 13 gün ve yıllık toplam yağış ortalaması 86,3 kg/m²'dir.

Bölgede ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay Ağustos (23,2°C), en düşük olduğu ay ise Ocak (6,8°C) ayıdır (Anonim, 2016).

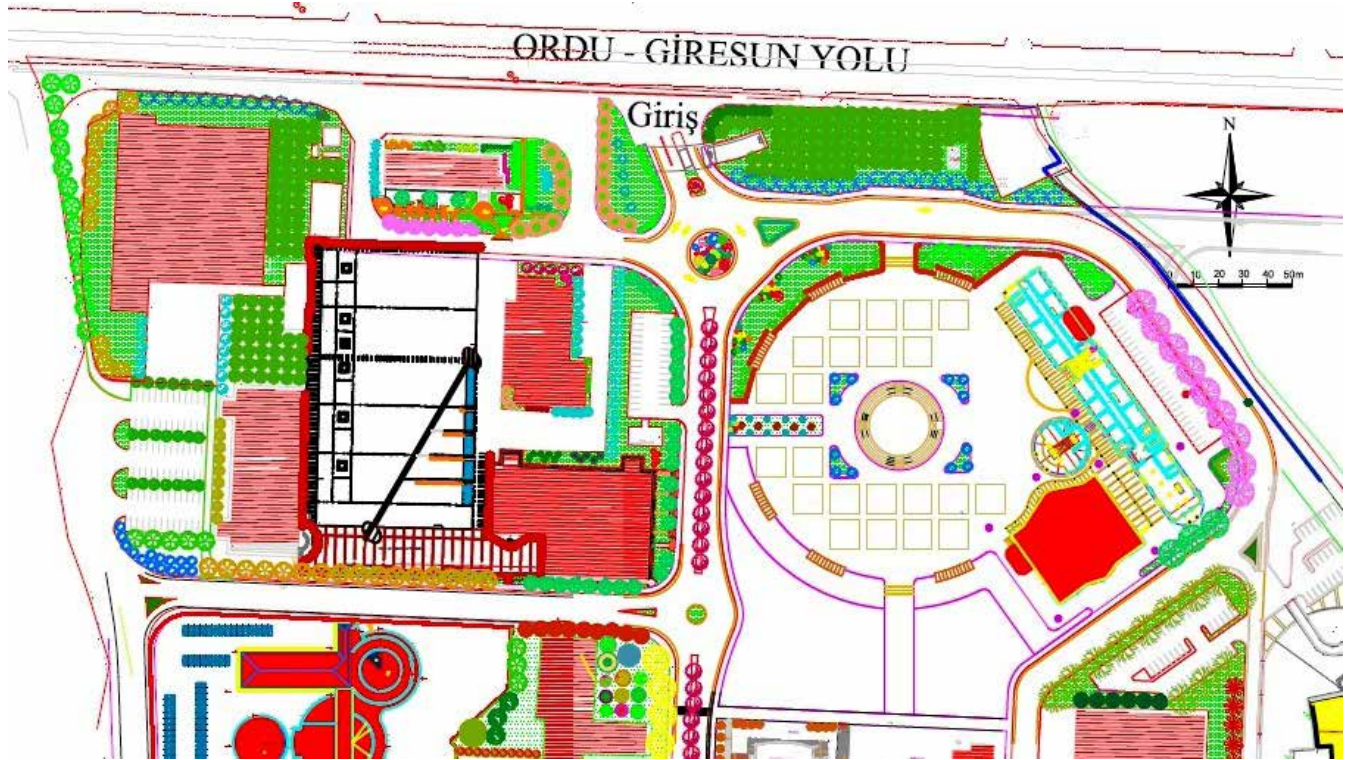
Ordu ilinde topraklar birçok verimlilik sorunuyla karşı karşıyadır. Ordu ilinin genel jeolojik yapısından kaynaklanan belirli oranlardaki topraklarda kireçlilik sorunu bulunmaktadır (Anonim, 2011). Bitkisel tasarım ve uygulama çalışması; Cumhuriyet yerleşkesinin bina oturma alanları çıkarıldığında halihazırda kullanılan yaklaşık 115.400 m²'lik bölümünde yapılmıştır.

Ordu Üniversitesi Çevre Düzenleme Müdürlüğü bünyesinde yerleşkeye yönelik hazırlanan plantasyon projesi 2014 yılı başı itibariyle tamamlanmış ve aynı yıl içinde birinci etap, 2015 yılı içinde ikinci etap, 2016 yılı içinde ise üçüncü etap uygulaması yapılmıştır.

Çalışmanın başında yerleşke alanının vaziyet planı temin edilerek alana yönelik sörvey çalışması

yapılmış, bu kapsamda ihtiyaç duyulan toprak yapısı, iklim özellikleri, doğal bitki örtüsü ve kullanıcı talepleri gibi bilgilere ulaşılmıştır.

Alana yönelik elde edilen bilgiler dikkate alınarak peyzaj tasarım ilkeleri doğrultusunda 1/500 ölçekli plantasyon projesi hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Ordu Üniversitesi plantasyon projesinden genel görünüm

Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığından temin edilen vaziyet planı, plantasyon projesinde altlık olarak kullanılmıştır.

Bitki türleri seçilirken iklim ve toprak yapısı göz önünde bulundurulmuş Ordu kenti ekolojik şartlarına uygun bitki materyalleri tercih edilmiştir. Hazırlanan proje ışığında alanın bitkilendirme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Uygulama öncesi ve sonrası alanın fotoğrafları çekilerek değişim karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

2014 yılı başı itibariyle uygulama öncesinde yerleşke alanında sadece Ziraat Fakültesi ile Fen Edebiyat Fakültesi binaları arasında kalan yaklaşık 5700 m²'lik bölümde yapısal ve bitkisel çalışmanın yapıldığı görülmüştür. Bunun dışında kayda değer bir bitkisel varlık tespit edilmemiştir.

Bina çevrelerinde ve muhtelif alanlarda mevcut olan *Cedrus*, *Picea*, *Pinus*, *Cercis*, *Pyracantha* cinsi bitkiler yapılan plantasyon çalışmasında korunmuştur.

Bitkisel Tasarım ve Uygulama

Yerleşkede yapılan plantasyon çalışması kapsamında 58 tür ağaç-ağaççık (Çizelge 1) ve 63 farklı tür ve varyetede otsu-odunsu çalı bitkisi kullanılmıştır (Çizelge 2). Çalışma alanının tüm kesimlerinde toprak yapısını iyileştirmek amacı ile değişik yüksekliklerde bitkisel toprak takviyesi yapılarak tesviye çalışmaları yapılmış böylece uygun bitkisel ortamlar hazırlanmıştır..

Öncelikle yerleşkenin ana giriş kapısının hemen karşısında yer alan yaklaşık 300 m² alana sahip döner kavşakta çok sayıda otsu ve odunsu bitkinin kullanılması ile bitkisel bir aranjman çalışması yapılmıştır (Şekil 3). Yerleşkeye gelen insanların ilk görecekları yer olan bu kavşakta; yaprak, çiçek, form ve kaligrafik özellikleri ile estetik olan ve görüşü engellemeyen çok sayıda bitki bir arada kullanılmıştır.



Şekil 3. Girişte yer alan kavşak (a-eski hali, b-son hali)

Döner kavşaktan sonra devam eden aks boyunca yer alan orta refüjde *Acer buergerianum* kullanılarak girişten itibaren sağlanan renk ve form etkisinin devam etmesi amaçlanmıştır. Girişe yakın bir konumda yer alan tören alanı ve otopark

çevresindeki geniş beton alan kırılarak sert zemin daraltılmış (Şekil 4) ve kazanılan alanlar tekrar ıslah edilerek *Tilia tomentosa*, *Picea pungens* ve *Magnolia tomentosa* dikilerek çimlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 4. Otopark bitkilendirmesi (a-eski hali, b-son hali)

Yerleşke alanının giriş kapısının hemen sağ tarafında yer alan ve kot farkından dolayı yüksekte bulunan yaklaşık 1100 m²'lik alan bütün olarak ele alınmıştır. Alanda bulunan birkaç *Cedrus libani*, *Picea*

pungens korunmuş ve çiçekli döneminde gerek renk gerekse form bakımından etkili olan fon özelliğinde güzel görünüşlü *Cercis siliquastrum* kullanılmış ve aralarına *Juniperus sabina* dikilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Kampüs alanı ana giriş kapısı çevresi (a-eski hali, b-son hali)

Çizelge 1. Yerleşke alanında kullanılan ağaç-ağaççıklar

Bitkiler	Habitüs Özelliği			
	Ort. Boy (m)	Biçim	Renk	Estetik ve Fonksiyonel Etkisi
<i>Acer negundo</i> "Flamingo" (Alacalı akçaağaç)	10-20	Yuvarlak	Sarı alacalı	Yaprak rengi, gölge etkisi
<i>Acer platanoides</i> "Crimson king" (Kırmızı yapraklı akçaağaç)	10-20	Yuvarlak	Kırmızı	Yaprak rengi, gölge etkisi
<i>Acer platanoides</i> (Çınar Yapraklı Akçaağaç)	10-20	Yuvarlak	Yeşil-kırmızı	Yaprak şekli, gölge etkisi
<i>Acer pseudoplatanus</i> (Dağ Akçaağacı)	10-20	Yuvarlak	Yeşil	Yaprak şekli, gölge etkisi
<i>Acer palmatum</i> (Japon akçaağacı)	5-10	Yuvarlak	Kırmızı	Formu ve yaprak rengi
<i>Acer buergerianum</i> (Çin akçaağacı)	10-15	Yuvarlak	Yeşil-Kırmızı	Sonbahar renklenmesi ve gölge etkisi
<i>Acer trautvetteri</i> (Kayın gövdeli akçaağaç)	10-20	Yuvarlak		
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Beyaz çiçekli At kestanesi)	10-20	Yuvarlak	Yeşil-Beyaz	Formu, çiçek ve gölge etkisi

<i>Betula verrucosa</i> (Huş)	10-15	Sarkık	Yeşil-Beyaz	Formu
<i>Carpinus betulus</i> (Gürgen)	10-15	Yuvarlak	Yeşil	Gölge etkisi
<i>Catalpa bignonioides</i> (Katalpa)	10-15	Yuvarlak	Yeşil-Beyaz	Formu ve çiçek etkisi
<i>Cedrus deodora</i> (Himalaya sediri)	20-30	Piramit	Yeşil	Formu
<i>Chamaerops excelsa</i> (Tüylü Palmiye)	2-4	Yuvarlak	Yeşil	Formu
<i>Citrus fortunella</i> (Kamkat)	1-3		Yeşil	Meyve
<i>Citrus nobilis</i> (Mandalina)	4-6		Yeşil	Meyve
<i>Citrus limon</i> (Limon)	4-6		Yeşil	Meyve
<i>Citrus bergamia</i> (Bergamut)	4-6		Yeşil	Meyve
<i>Citrus reticulata</i> (Mandalina)	4-6		Yeşil	Meyve
<i>Citrus paradisi</i> (Altıntop)	4-6		Yeşil	Meyve
<i>Citrus sinensis</i> (Portakal)	4-6		Yeşil	Meyve
<i>Cupressus arizonica</i> Aurea (Alacalı servi)	15-25	Piramit	Yeşil-Sarı	Formu
<i>Cupressocyparis leylandii</i> (Melez servi)	20-25		Yeşil	Formu, kamufle etme özelliği
<i>Cupressus macrocarpa</i> (Goldcrest) (Limoni servi)	20-25		Yeşil-Sarı	Formu, rengi ve kamufle etme özelliği
<i>Cycas revoluta</i> (Sikas)	4-6		Yeşil	Form
<i>Cydonia oblonga</i> (Ayva)	4-6	Yuvarlak	Yeşil-Sarı	Meyve etkisi
<i>Cryptomeria japonica</i> (Kriptomerya)	40-50	Piramit	Yeşil-Kahverengi	Sonbahar renklenmesi
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Okaliptus)	30-40		Yeşil	Sonbahar renklenmesi ve gölge etkisi
<i>Fagus orientalis</i> (Doğu kayını)	30-40	Yuvarlak	Yeşil	Sonbahar renklenmesi ve gölge etkisi
<i>Ficus carica</i> (İncir)	8-10		Yeşil	Meyve etkisi
<i>Fraxinus excelsior</i> (Dişbudak)	20-30	Yuvarlak	Yeşil	Gölge etkisi
<i>Ginkgo biloba</i> (Mabet ağacı)	20-30		Yeşil-Sarı	Formu ve sonbahar renklenmesi
<i>Juglans regia</i> (Ceviz)	15-25		Yeşil	Meyve
<i>Koelreuteria paniculata</i> (Güvey kandili)	8-12		Yeşil-Sarı	Meyve, renk etkisi
<i>Morus nigra</i> "Pendula" (Ters dut)	4-6	Sarkık	Yeşil	Formu
<i>Lagerstroemia indica</i> (Oya ağacı)	6-8		Yeşil	Çiçek etkisi
<i>Liquidambar orientalis</i> (Sığla)	10-15		Yeşil	Formu, gölge etkisi
<i>Malus domestica</i> (Elma)	8-10		Yeşil	Meyve etkisi
<i>Malus floribunda</i> (Süs elması)	8-10		Yeşil	Çiçek ve meyve etkisi
<i>Olea europaea</i> (Zeytin)	6-8		Yeşil	Formu

<i>Picea abies</i> (Batı Ladini)	30-40	Piramit	Yeşil	Formu
<i>Picea glauca</i> 'Conica' (Konik Ladin)	20-30	Konik	Yeşil	Formu
<i>Picea pungens</i> (Mavi Ladin)	10-15	Piramit	Yeşil-Mavi	Formu
<i>Pinus pinea</i> (Fıstık Çamı)	15-20	Şemsiye	Yeşil	Formu
<i>Pinus mugo</i> (Dağ çamı)	1-2	Yuvarlak	Yeşil	Formu
<i>Pinus sylvestris</i> (Sarı çam)	20-30	Piramit	Yeşil	Formu
<i>Platanus orientalis</i> (Doğu Çınarı)	20-30		Yeşil	Formu, gölge etkisi
<i>Prunus avium</i> (Kiraz)	3-4	Yuvarlak	Kırmızı	Formu, renk etkisi
<i>Prunus ceracifera</i> (Süs eriği)	4-5	Yuvarlak	Kırmızı	Renk etkisi
<i>Prunus serrulata</i> (Süs kirazı)	4-5	Yuvarlak	Kırmızı	Renk etkisi
<i>Pyrus sp.</i> (Armut)	4-6		Yeşil	Meyve etkisi
<i>Quercus robur</i> (Meşe)	20-30	Dağ ı n ı k - yuvarlak	Yeşil	Formu, gölge etkisi
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Yalancı akasya)	20-30	Yuvarlak	Yeşil	Çiçek etkisi
<i>Salix babylonica</i> (Salkım söğüt)	8-10	Sarkık	Yeşil-Sarı	Formu, renk etkisi
<i>Sequoia sempervirens</i> (Sekoya-Mamut ağacı)	80-100	Piramit	Yeşil	Rüzgar kesme ve gölge etkisi
<i>Taxus baccata</i> 'Pyramidalis' (Piramit formu porsuk)	8-10	Piramit	Yeşil	Formu
<i>Thuja orientalis</i> (Doğu mazısı)	8-10	Piramit	Yeşil-Sarı	Formu, renk etkisi
<i>Tilia tomentosa</i> (Gümüş İhlamur)	20-30	Yuvarlak	Yeşil	Formu, gölge etkisi
<i>Washingtonia robusta</i> (Palmiye)	8-10		Yeşil	Formu

Çizelge 2. Yerleşke alanında kullanılan çalı türleri (*Etkili olduğu dendrolojik özelliği)

Bitkiler	Dendrolojik Özelliği			
	Biçim	Renk	Doku	Ölçü
<i>Abelia x grandiflora</i> (Abelya)		*		
<i>Agapanthus africanus</i> (Afrika zambağı)	*	*		*
<i>Agave americana</i> (Sabır bitkisi)	*		*	
<i>Aucuba japonica</i> (Akuba)				
<i>Berberis thunbergii</i> 'Atropurpurea Nana' (Bodur berberis)	*	*		
<i>Buddleia davidii</i> (Kelebek çalısı)	*	*		
<i>Buxus sempervirens</i> (Şimşir)			*	
<i>Buxus sempervirens</i> 'Rotundifolia' (Top şimşir)				*
<i>Carex comans</i> 'Milk Chocolate' (Çikolata karex)	*	*		
<i>Carex morrowii</i> (Alacalı karex)	*	*		
<i>Callistemon linearis</i> (Fırça çalısı)	*	*	*	
<i>Chaenomeles japonica</i> (Bahar dalı)		*		
<i>Cineraria maritima</i> (Kül çiçeği)	*	*	*	
<i>Citrus fortunella</i> (Kamkat)	*	*		*
<i>Cotoneaster horizontalis</i> (Taş elması)	*	*	*	*

<i>Cordyline australis</i> "Red Star" (Kırmızı kordilin)	*	*		
<i>Cornus alba</i> (Süs kızılçığı)		*		
<i>Cortaderia selloana</i> (Pampas)	*		*	*
<i>Deutzia gracilis</i> (Havlu püskülü)	*	*		
<i>Dracaena marginata</i> (Yeşil drasena)	*	*	*	
<i>Dracaena marginata</i> 'Colorama' (Kırmızı drasena)	*	*	*	
<i>Drosanthemum floribundum</i> (Acem halısı)	*	*	*	*
<i>Euonymus japonica</i> (Yeşil taflan)	*	*	*	
<i>Euonymus japonica</i> 'Aurea' (Altuni taflan)	*	*	*	
<i>Euonymus pulchellus</i> 'Aurea' (Minyatür taflan)	*	*		*
<i>Euryops pectinatus</i> (Sarı papatya)	*	*		
<i>Erica carnea</i> (Erika)		*	*	*
<i>Festuca ovina</i> "Glaucua" (Mavi çim)	*	*	*	
<i>Forsythia intermedia</i> (Altın çanağı)	*	*		
<i>Gardenia jasminoides</i> (Baston gardenya)	*	*		*
<i>Gaura lindheimeri</i> (Gaura)	*	*	*	
<i>Grevillea rosmarinifolia</i> (Gravilla)		*	*	
<i>Hebe veronica</i> (Hebe)	*	*	*	
<i>Hebe speciosa</i> 'Variegata' (Hebe)	*	*	*	
<i>Hibiscus syriacus</i> (Ağaç hatmi)	*	*	*	
<i>Hosta undulata</i> (Hosta)		*		
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Ortanca)	*	*	*	*
<i>Jasminum nudiflorum</i> (Yasemin)		*		
<i>Juniperus communis</i> (Ardıç)	*	*	*	
<i>Juniperus horizontalis</i> (Yayılıcı ardıç)	*	*	*	*
<i>Laburnum vulgare</i> (Sarı salkım)		*		
<i>Lantana camara</i> (Mine çalısı)		*		
<i>Laurus nobilis</i> (Defne)	*	*		
<i>Lavandula officinalis</i> (Lavanta)	*	*	*	
<i>Ligustrum vulgare</i> (Kurtbağrı)	*		*	*
<i>Ligustrum jonandrum</i> (Piramit kurtbağrı)	*		*	*
<i>Mahonia aquifolium</i> (Sarı boya çalısı)		*	*	
<i>Magnolia tomentosa</i> (Yaprak dökken manolya)		*		
<i>Matricaria chamomilla</i> (Papatya)		*	*	
<i>Nandina domestica</i> (Cennet bambu)		*	*	
<i>Nerium oleander</i> (Zakkum)	*	*	*	

<i>Picea pungens</i> 'Globosa' (Bodur mavi ladin)	*	*	*	*
<i>Pittosporum tobira</i> "Nana" (Pitosporum)	*	*	*	
<i>Pyracantha coccinea</i> (Ateş dikeni)		*	*	
<i>Rhododendron ponticum</i> (Orman Gülü)		*	*	
<i>Rosa sp.</i> (Gül)	*	*		
<i>Spiraea vanhouttei</i> (Keçi sakalı)		*	*	
<i>Ophiopogon japonicus</i> (Osmanlı çimi)	*	*	*	*
<i>Teucrium fruticans</i> (Zeytin çalısı)	*	*	*	
<i>Verbena hybrida</i> (Yayılcı mine)	*	*	*	*
<i>Viburnum tinus</i> (Herdem yeşil kartopu)	*	*		
<i>Viburnum opulus</i> (Yaprağını döken kartopu)	*	*		
<i>Weigela florida</i> (Vegelya)		*		

Yerleşke alanının kuzey bölümünden geçen E70 karayoluna en yakın konumdaki idari binanın çevresinde yaklaşık 2080 m²'lik alan bir bütün olarak ele alınmıştır. Öncelikle binanın ön tarafında bulunan ancak kullanım olanağı bulunmayan oturma alanları çözülmüş ve mekanlara ulaşılabilirlik sağlanmıştır.

Bina çevresi; çiçek ve yaprak renkleri ile etkili olan *Cercis siliquastrum*, *Prunus ceracifera*, *Prunus serrulata*, *Hibiscus syriacus*, *Pittosporum tobira* gibi ağaç-çalı grupları, çim alanlar ve çiçek parterleri ile görsel değeri yüksek pasif bir rekreasyon alanı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. İdari bina çevresi (a-eski hali, b-son hali)

İdari binanın batısında yer alan ısı merkezi ve spor salonu arasındaki yaklaşık 800 m² boş alan yoğun şekilde *Pinus pinea* ile ağaçlandırılarak kitle yeşil alan kazanılması amaçlanmıştır. Ayrıca görünmesi

istenmeyen çirkin yapıların etrafları *Cupressocyparis leylandii* ve *Cupressus macrocarpa* 'Goldcrest' ile kapatılarak kamufle edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. BESYO çevresinde ağaçlandırma alanı (a-eski hali, b-son hali)

Beden Eğitimi Spor Yüksek Okulu çevresi, Fen Edebiyat Fakültesi çevresi ve otoparkı, ortalama 6200 m² bir alanı kapsamaktadır. Söz konusu alanda altyapı çalışmaları bittikten sonra kot farkları giderilerek toprak zeminde tesviye çalışmaları yapılmıştır. Yol aksı

boyunca informal denge gözetilerek *Picea pungens* ve *Aesculus hippocastanum* kullanılmıştır. (Şekil 8). Ayrıca yerleşke alanının doğu sınırını oluşturan su kanalı boyunca suya dayanıklı *Eucalyptus camaldulensis* dikilerek sınır ağaçlandırması yapılmıştır (Şekil 9).



Şekil 8. BESYO binası çevresi (a-eski hali, b-son hali)



Şekil 9. *Eucalyptus camaldulensis* ağaçları (a-eski hali, b-son hali)

Fen Edebiyat Fakültesine ile Ziraat Fakültesi arasında kampüs içi ana ulaşım aksı niteliğindeki yol boyunca yaklaşık 1400 m² alanda *Aesculus*

hippocastanum, *Laurus nobilis*, *Berberis thunbergii*, *Buxus sempervirens*, *Rosa spp.*, *Weigelia florida* dikilerek yeşil alan oluşturulmuştur.



Şekil 10. Ziraat Fakültesi çevresi (a-eski hali, b-son hali)

Eğitim Fakültesinin doğu yönünden geçen yol boyunca şaşırtmalı olarak farklı sayılarda *Acer platanoides*, *Pinus sylvestris*, *Cryptomeria japonica* ve *Platanus orientalis* türleri tercih edilmiştir (Şekil 11). Ayrıca fakülte binasının kuzey doğu yönünde bulunan

yaklaşık 650 m² lik alanda *Malus domestica*, *Pyrus sp.*, *Ficus carica*, *Prunus spinosa*, *Prunus avium*, *Cydonia oblonga*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, *Olea europaea*, *Juglans regia* gibi ağaçlar dikilerek karışık meyve bahçesi tesis edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 11. Eğitim Fakültesi yol ağaçlandırması (a-eski hali, b-son hali)



Şekil 12. Meyve bahçesi (a-eski hali, b-son hali)

Yerleşke alanı giriş kapısının sol tarafında yer alan yaklaşık 2180 m² bitkisiz boş alan *Pinus pinea* ve *Aesculus hippocastanum* ile ağaçlandırılarak kitle yeşil alan kazanımı sağlanmıştır (Şekil 13). Böylece yerleşkenin kuzeyinden geçen E70 karayolundan

kaynaklanan gürültü ve toz etkisinin olsa önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra yerleşke binalarının karayolu ve yola bağlı üstgeçit vb. yapılarının ortaya çıkardığı görüntü kirliliği de engellenmeye çalışılmıştır.



Şekil 13. Giriş kapısı çevresi ağaçlandırma alanından görünüm (a-eski hali, b-son hali)

Rektörlük binası çevresindeki sert zemin, ihtiyaçtan fazla geniş bulunmuş, bu nedenle yer yer kırılarak çim alan oluşturularak bu alan özellikle

çiçekleri ile etkili olan *Spiraea vanhouttei* ve *Weigela florida* çalıları ile donatılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Rektörlük binası çevresi (a-eski hali, b-son hali)

Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi çevresinde yer alan geniş sert zeminin soğuk etkisini kırmak için, estetik ve fonksiyonel amaçlı birçok bitki türü kullanılmıştır. Ön tarafında yer alan meydana giriş *Cupressus arizonica* 'Aurea' ve *Acer platanoides*

"Crimson king" ağaçlarının renk ve doku özellikleri ile vurgulu hale getirilmiştir (Şekil 15). Çok sayıda bitkinin bir arada kullanımı ile yer yer bitkisel parterler oluşturulmuş renk ve doku etkisi ile vurgu yapması amaçlanmıştır (Şekil 16).



Şekil 15. Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi meydan girişi

Meydanın etrafına çepeçevre *Prunus serrulata*, orta alanda *Taxus baccata* “Pyramidalis” arka bölümde renk, doku ve biçim olarak etkili

Liquidambar orientalis, *Lagerstroemia indica* ve *Koelreuteria paniculata* ağaçları ile kombinasyon oluşturulmuştur.



Şekil 16. Çok sayıda bitkinin bir arada kullanımı ile oluşturulmuş bitki parterleri

SONUÇ

Günümüzde nüfus baskısı nedeniyle çok hızlı bir şekilde betonlaşan kentlerde yaşayanların nefes alabilecekleri yeşil alanlar gittikçe azalmaktadır. Bu durum kenti monotonlaştırmakta ruhsuz, kimliksiz, cansız ve soğuk bir hale getirmektedir. Yeşil alanların insan sağlığı ve hayat kalitesi üzerinde olumlu etkileri vardır. Bu durumun farkına varan kent yönetimleri yeşil alanların miktarını ve niteliğini artırma uğraşı içerisine girmişlerdir. Kamu kurum bahçeleri, meydanlar, yollar, iskan alanları ve üniversite kampüsleri kent imajını oluşturmak ve nitelikli yeşil alan kazanmak için potansiyeli yüksek alanlardır.

Üniversitelerin eğitim-öğretim ve araştırma yaparak bilime ve topluma katkı sağlamak gibi temel görevleri olmasının yanında öğrencilerine, çalışanlarına ve diğer kullanıcılarına modern, nitelikli ortamlar sunmak ve kent estetiğine katkı sağlamak gibi sorumlulukları da vardır. Üniversite kampüsleri sadece yapılardan ibaret olmayıp sahip oldukları açık yeşil alanları ile kente örnek olabilecek estetik ve fonksiyonel mekanlar da olmalıdır. Dolayısıyla üniversite kampüs planlaması kentin diğer bileşenleri gibi üzerinde titizlikle durulması gereken bir konudur.

Peyzaj mimarlığında yapısal ve bitkisel tasarımı etkileyen çok yönlü bileşenler vardır; tasarımcının

deneyimi, bakış açısı, kullanıcıların sayısı, talepleri, çevresel faktörler ve finansal durum bunlardan bazılarıdır. Ancak her durumda ortaya çıkacak mekanların fonksiyonel, estetik, çevresi ile uyumlu, dengeli, sade ve proporsiyona uygun olması hedeflenir. Dikilen bitkilerin ölçüsü, biçimi, rengi ve dokusu gibi habitüs özellikleri göz önünde tutularak yıl boyunca kontrast ya da harmoni oluşturmak suretiyle uyumlu bir kompozisyon ortaya çıkması amaçlanmalıdır.

Ordu Üniversitesinin ana kampüsü olan Cumhuriyet yerleşkesi üniversitenin sürekli değişen ve gelişen dinamik yapısının dışarıya açılan vitrini konumundadır. 2006 yılında kurulan ve her geçen yıl büyüyerek değişen üniversitenin kampüs alanında hali hazırda inşaatı devam etmekte olan yapısal alanlar mevcuttur.

Hazırlanan 1/500 ölçekli bitkisel tasarım projesinin uygulanması, Çevre Düzenleme Müdürlüğü'nün imkanları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 58 farklı tür ağaç ve 63 farklı cins, tür ve varyetede otsu-odunsu çalı bitkisi kullanılmıştır.

Proje kapsamında kullanılan bitkiler ideal ölçülerine ulaştıklarında hedeflenen vurgu yapma, formal ve informal denge sağlama, gölgelik alan oluşturma, kitle etkisi yapma, kamufle etme, rekreasyon alan oluşturma vb. gibi görevleri tam anlamıyla yerine getireceklerdir. Ayrıca birçok bitki tür ve varyeteyi bir arada kullanmak suretiyle yerleşke alanını bir anlamda botanik bahçesi haline getirmek, ulaşılmak istenen hedeflerden bir diğeridir. Bu sayede özellikle Peyzaj Mimarlığı Bölümü ve diğer ilgili bölüm öğrencileri teoride öğrendikleri, yörede yetişme imkanı bulan bitkileri görerek bilgilerini pekiştirme imkanına sahip olabileceklerdir. Bunun için ileride bitkileri tanıtan etiketleme çalışmaları yapılması düşünülmektedir.

Ordu Üniversitesi yeni sayılabilecek üniversitelerimizden biri olması itibariyle alt ve üst yapısıyla genişleyen dinamik bir kampüs alanına sahiptir. Bu bakımdan ilerleyen dönemlerde ortaya çıkacak ihtiyaçlar doğrultusunda kampüs alanında yapılacak plantasyon çalışmaları devam edecektir.

KAYNAKLAR

- Anonim 2011. Ordu Çevre Durum Raporu. T.C. Ordu Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Ordu.
- Anonim 2016. Resmi İstatistikler (İllerimize Ait İstatistik Veriler). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi web sayfası. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ORDU> (Erişim tarihi: 04.08.2016)
- Doğun H, Ok T, 2006. Kahramanmaraş Kenti Açık-Yeşil Alanlarında Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Öneriler, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9, 2, 2006.
- Ertekin M, Çorbacı ÖL, 2010. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 10, 1: 55-67, 2010.
- Tanrıverdi F, 1975. Peyzaj Mimarisi / Bahçe Sanatının Temel Prensipleri ve Uygulama Metodları earsiv.atauni.edu.tr (Erişim tarihi: 29.12.2015)
- Tanrıverdi F, 1987. Peyzaj Mimarlığı, Bahçe Sanatının Temel İlkeleri ve Uygulama Metotları, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 291-49, 367 sf.
- Turgut H, 2011. Erzurum Büyükşehir Belediye Binası Ön Bahçe Peyzaj Tasarım Çalışmasının Tasarım İlkeleri Bağlamında Değerlendirilmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2011, 12, 2:185-198.
- Robinson N, 1992. The Planting Design Handbook. Gower Publishing Company Limited Gower House Craft Road Aldershot Hampshire GU11 3HR, 271p. England.
- Scarfone SC, 2007. Professional Planting Design An Architectural and Horticultural Approach for Creating Mixed Bed Plantings, John Wiley&Sons. Inc., Hoboken: 272p. New Jersey.

Almus Baraj Gölü (Tokat)'nde Kafeslerde Gökkuşluğu Alabalığı Yetiştiriciliğinin Sedimentten Fosfor Salınımına Etkisi

Akasya TOPÇU¹, Serap PULATSÜ¹, Doğukan KAYA¹

ÖZET: Bu araştırma iç sularda, kafeslerde gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizden biri olan Almus Baraj Gölü'nde; kafes işletmelerinin yoğun dağılım gösterdiği alanı temsilen seçilen iki kafes istasyonu (I-II) ile hakim akıntı yönü dışında sırasıyla 250 m ve 500 m uzakta belirlenen iki kontrol istasyonunda (III-IV) 2015 yılının Nisan ve Ekim aylarında yürütülmüştür. Araştırma kapsamında baraj gölünde sedimentten suya olan fosfor salınım düzeyi tahmin edilmiş ve salınımında etkili faktörler tartışılmıştır.

Almus Baraj Gölü'nde fosfor salınım düzeyleri oldukça düşük tahmin edilmiş; en düşük fosfor salınım değeri kafes istasyonlarına 500 m uzakta seçilen kontrol istasyonunda ($14.58 \mu\text{gP m}^{-2} \text{gün}^{-1}$) nisan ayında, en yüksek değer ise aynı ayda I No.lu kafes istasyonunda ($31.73 \mu\text{gP m}^{-2} \text{gün}^{-1}$) belirlenmiştir. Sedimentten suya fosfor salınımının engellenmesinde etkili fosfor fraksiyonları sırasıyla organik bağlı fosfor (Org≈P; %24) > kalsiyuma bağlı fosfor (Ca≈P; %22) > demir+alüminyuma bağlı fosfor (Fe+Al≈P; %18) > karbonata bağlı fosfor ($\text{CO}_3 \approx \text{P}$; %13) olarak belirlenmiştir. Ayrıca sediment gözenek suyu TFe/TFO oranına ilişkin değerlerin yüksek saptanması ve sedimentin killi-siltli tanecik yapısı salınımında etkili unsurlar olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj gölü, fosfor salınımı, gökkuşluğu alabalığı, kafeslerde yetiştiricilik, sediment

Effect of Rainbow Trout Cage Culture on Sediment Phosphorus Release in Almus Dam Lake (Tokat)

ABSTRACT: This research was conducted one of the rainbow trout cage cultural area in Almus Dam Lake (Tokat), in April 2015 and October 2015; two stations represent the cultural area (I-II) and two control stations (III-IV) outside of the main current, located at 250 m and 500 m respectively from the cage stations. In this study sediment phosphorus release was estimated and the effective factors in release mechanism were discussed.

Research data presents low diffusive phosphorus flux; the lowest value ($14.58 \mu\text{gP m}^{-2} \text{d}^{-1}$) was estimated in the IV control station in april whereas the highest value ($31.73 \mu\text{gP m}^{-2} \text{d}^{-1}$) was evaluated in the Ist station located in the cage culture area in the same month. The effective phosphorus fractions in the diffusive phosphorus flux from sediment to water column were evaluated as organically bound P (Org≈P; 24%) > calcium bound P (Ca≈P; 22%) > Iron+aluminium bound P (Fe+Al≈P; 18%) > carbonate bound P ($\text{CO}_3 \approx \text{P}$; 13%), respectively. Furthermore the other effective properties in enhancing phosphorus flux were determined as the high ratio TFe/TFO of the sediment porewater and the high clay-silt proportion of the sediment texture.

Keywords: Cage culture, dam lake, phosphorus release, rainbow trout, sediment

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, Ankara, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Akasya TOPÇU, atopcu@ankara.edu.tr

GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı alıcı ortamlara, kafes işletmelerinden çözünabilir-çözünemez formdaki besin elementleri (organik karbon, azot, fosfor), tüketilmeyen yem, dışkı ve boşaltım ürünleri yolu ile girmektedir. Yoğun yetiştiricilikte işletme tabanında biriken besin elementleri, sediment kimyasında olumsuz değişimlere yol açmakta, bazı fiziksel ve kimyasal unsurlar da sedimentteki besin elementlerinin tutulumunu/salınımını tetiklemektedir. Sediment kaynaklı besin elementi salınımı ise alıcı ortamın besin düzeyini etkilemesi açısından önem taşımaktadır.

Sucul ortamlarda sediment fosfor fraksiyonları, sedimentin fosforu alıkoyma kapasitesinde veya sedimentten fosfor salınımının sürekliliğinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, sedimentten göl suyuna olan fosfor salınımından söz edebilmek için, sediment gözenek suyu fosfor değerlerinin sediment üstü su değerlerinden yaklaşık 15-20 kat fazla olması gerektiği bildirilmiştir (Enell and Löfgren, 1988).

Sen et al. (2007) oligotrofik Beavor Rezervuarı'nda oksijenli koşullarda fosfor salınım değerini $0.09 \text{ mg m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak tahmin etmiştir. Haggard et al. (2012) ise Oklahama Rezervuarı'na su sağlayan Wister Gölü'nde sedimentten fosfor salınım düzeyini $1.52\text{-}3.30 \text{ mg m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir.

Atlantik salmon (*Salmo salar*) smoltlarının yetiştirildiği ve ortalama derinliği 12 m olan bir gölde, kafes tabanındaki sedimentten suya olan fosfor salınım düzeyi ($2.8\pm 0.5 \text{ mgP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), kafeslerden 250 m uzaktaki kontrol istasyonuna göre ($0.3\pm 0.2 \text{ mgP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) daha yüksek bulunmuştur (Kelly, 1992). Atlantik salmonlarının kafeslerde yetiştiriciliğinin yapıldığı üç farklı gölden alınan sediment örneklerinin kullanıldığı ön microcosm denemelerinde de kafes yetiştiricilik atıklarından etkilenen bölgeye ilişkin fosfor salınım değerleri ($1.5\text{-}57.6 \text{ mgTP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), göllerin yetiştiricilikten etkilenmemiş bölgelerine göre daha yüksek ($0.2\text{-}1.3 \text{ mgTP m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) tahmin edilmiştir (Kelly, 1993).

Arjantin'de bulunan ve yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinden etkilenen iki gölde; sedimentten fosfor salınımının anerobik koşullarda aerobik göl ortamına göre daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Araştırmacılar, demirden çok sedimentin kalsiyum ve organik madde içeriğinin fosforun bulunabilirliğini kontrol ettiğini belirtmişlerdir (Temporetti and Pedrozo, 2000). Temporetti et al. (2001) ise, yoğun su ürünleri yetiştiriciliği yapılan Alicura Rezervuarı (Arjantin)'nda yetiştiricilik faaliyetinden etkilenen alana ait sediment gözenek sularındaki çözülmüş ortofosfat konsantrasyonunun ($675 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) yetiştiricilikten etkilenmeyen alana ($45 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) göre oldukça yüksek olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Kafeslerde tilapya (*Oreochromis niloticus*) yetiştiriciliğinin yapıldığı sıg subtropikal ve hiperötrofik Donghu Gölü (Çin)'nde, sedimentte en yüksek düzeyde demire bağlı fosfor fraksiyonu saptanmış (kafes tabanı: $1938.7 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$; kontrol istasyonu: $1480.6 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) ve bu fraksiyonun sedimentteki fosfor tutulumunda anahtar bileşen olarak rol oynadığı bildirilmiştir. Ayrıca kafeslerin hemen altındaki yüzey sedimentin fosfor tutma kapasitesi de kontrol istasyonuna göre önemli seviyede yüksek bulunmuş, bu durumun ise sedimentin kil miktarındaki artışla ilintili olabileceği belirtilmiştir (Zhang et al., 2004).

Karakoca (2013) tarafından Sakarya Nehri üzerinde kurulu Gökçekaya Baraj Gölü (Nallıhan/Ankara)'nda, gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı bir kafes işletmesinde (950 ton yıl^{-1}), üretim periyodu öncesi ve sonrasına ilişkin sedimentten fosfor salınım değerleri sırasıyla, $3.35 \text{ } \mu\text{g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (Eylül 2011) ve $11.04 \text{ } \mu\text{g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ (Nisan 2012) olarak tahmin edilmiştir.

Yeşilirmak üzerine kurulmuş Almus Barajı'nın nehir ekosistemine olası etkilerinin belirlendiği araştırmada, barajın giriş ve çıkış alanlarında yer alan nehirlerin akıntı rejimini, sıcaklığını, askıda sediment miktarını (bulanıklık), substrat yapısını ve habitat çeşitliliğini olumsuz yönde etkilediği özellikle fosfor kirlenmesinin çok yüksek seviyede seyrettiği ve bu durumun akarsu havzasında bulunan yoğun tarımsal, hayvansal ve evsel atıklardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Anonim 2013).

İç sularda gittikçe yaygınlaşan kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizden bir tanesi de Tokat il sınırları içinde bulunan Almus Baraj Gölü'dür.

Gölün alabalık kültürü için fosfora dayalı taşıma kapasitesi Buhan et al. (2010) tarafından $5536 \text{ ton yıl}^{-1}$

olarak tahmin edilmiştir. Polat ve Özmen (2011) tarafından gölde yürütülen bir başka çalışmada ise taşıma kapasitesi $2275.21 \text{ mg m}^{-2}\text{yıl}^{-1}$ olarak tahmin edilmiş ve gölde $6981.76 - 4023.33 \text{ ton yıl}^{-1}$ değerleri arasında balık yetiştiriciliği yapıldığında gölün ötrofikasyona uğramaksızın kendi kendini yenileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Araştırma kapsamında, Almus Baraj Gölü (Tokat)'nün kuzey bölümünde yoğun bir dağılım gösteren ve kapasiteleri yılda 100 tondan 975 tona kadar değişen 25 adet gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kafes işletmesini temsil edecek şekilde seçilen iki kafes istasyonu ile iki kontrol istasyonunda;

a) Sediment üstü su ve sediment gözenek suyundaki fosfor düzeylerinin baz alınarak sedimentten fosfor salınım ve/veya tutulum mekanizmasının ortaya konması

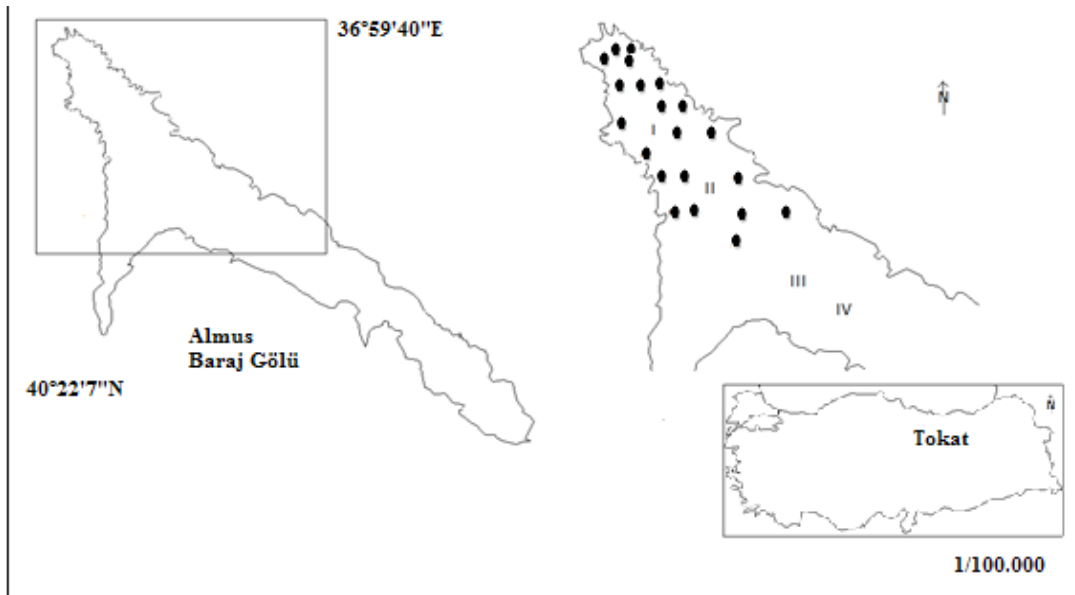
b) Sediment örneklerinde fosfor fraksiyonlarının tespit edilerek, sedimentteki fosfor salınım ve/veya tutulum mekanizmasındaki rollerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Yeri

Almus Baraj Gölü Tokat'ta, Yeşilirmak üzerinde, sulama, taşkın kontrolü ve enerji üretimi amaçlı olarak 1964 - 1966 yılları arasında inşa edilmiştir. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın normal su kotunda göl hacmi $950,00 \text{ hm}^3$, göl alanı ise $31,30 \text{ km}^2$ 'dir (Anonim 2015). Araştırma kapsamında, Almus Baraj Gölü'nde, çok sayıdaki ve üretim kapasiteleri farklı olan gökkuşığı alabalığı kafes işletmelerinin bulunduğu alanı temsilen seçilen iki kafes istasyonu ile hakim akıntı yönü dışında sırasıyla 250 m ve 500 m uzakta seçilen iki kontrol istasyonu olmak üzere toplam dört araştırma istasyonu seçilmiştir (Şekil 1).

Sediment ve sediment üstü su örnekleri, araştırma istasyonlarından 2015 yılının Nisan ve Ekim aylarında olmak üzere iki kez alınmıştır. Söz konusu ayların seçiminde, içsularda faaliyet gösteren balık işletmelerinin su kalite parametrelerinin izlenmesi için Nisan ve Ekim aylarında örnek alınımını öngören tebliğ (Anonim, 2009) esas alınmıştır.



Şekil 1. Almus Baraj Gölü'nde dağılım gösteren kafes işletmeleri ile belirlenen araştırma istasyonları (I, II: Kafes istasyonları, III, IV: Kontrol istasyonları) (Kaya, 2016)

Saha Çalışması

Yüzey sediment örnekleri, sediment alma kepçesi ile sediment üstü su örnekleri ise sedimentin hemen

üstündeki su sifonlanarak alınmıştır. Sediment ve sediment üstü su örnekleri analizler için soğuk ortamda laboratuvara ulaştırılmıştır.

Laboratuvar Çalışması

Sediment gözenek suyu, sediment partiküllerinden 5000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilerek ayrılmış, tüplerin üst kısmında biriken berrak kısım bir pipet yardımıyla alınarak 0,45 µm membran filtreden vakumlu süzme cihazı kullanılarak süzülmüştür.

Elde edilen sediment gözenek suyu örneklerinde; toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) analizi Askorbik Asit Metodu ile demir analizi Fenantrolin Metodu ile Anonymous (1995)'e göre tayin edilmiştir.

Sediment gözenek sularının pH değerleri, ölçüm aralığı 0-14, hassasiyeti ise 0.01 olan laboratuvar tipi dijital pH metre ile ölçülmüştür.

Sediment üstü suda toplam filtre edilebilir ortofosfat analizi, Askorbik Asit Metodu ile Anonymous (1995)'e göre yapılmıştır.

Sedimentten göl suyuna moleküler diffüzyonla olan fosfor salınımının hesaplanmasında Shaw ve Prepas (1990)'ın belirttiği formül kullanılmıştır:

$$\text{Salınım} = \phi \cdot D \cdot Q^{-2} \cdot dc \cdot dx^{-1} \cdot 86400$$

$$\text{Salınım} = \text{TFO (mg m}^{-2} \text{gün}^{-1})$$

Burada:

$$\phi = \text{Sedimentin (\%)} \text{ su içeriği}$$

D= Moleküler difüzyon katsayısı (Sıcaklığa bağlı olarak değişim gösteren)

$$Q^2 = \text{Tortusite}$$

$dc \cdot dx^{-1}$ = TFO gradyanı (sediment üstü göl suyunda belirlenen TFO değerleri ile yüzey sedimentten elde edilecek gözenek suyundaki TFO değerleri arasındaki farktır).

86400 = Saniyeyi güne çevirmek için kullanılan katsayıdır.

Sediment örneklerinde, toplam fosfor tayini için vanadamolibdat kompleksinin oluşumuna dayanan kolorimetrik metot uygulanmıştır (Kacar, 1995).

Fosfor fraksiyonları ise Hieltjest and Lijklema (1980)'e göre belirlenmiştir. Su içeriğinin tayini

sediment örneğinin 110 °C'de 16 saat kurutulmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan Shrestha and Lin (1996)'e göre saptanmıştır. Demir tayini Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile Kacar (1995)'e göre tespit edilmiştir.

İstatistik Analizler

Araştırma verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi, Windows/Minitab and MStat veri tabanı kullanılarak Kesici ve Kocabaş (2007)'in belirttiği esaslara göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Almus Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyu ile sediment üstü suya ilişkin bazı parametrelerin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi Çizelge 1'de sunulmuştur. Gölde sediment gözenek suyuna ait fosfat değerleri (13.97-23.41 mg m⁻³), genel olarak kontrol

istasyonlarında kafes istasyonlarına göre daha düşük bulunmuştur. Baraj gölü sediment gözenek suyu ortofosfat konsantrasyonuna ilişkin bulgularımız, Temporetti et al. (2001)'in yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı göller için belirttikleri değerlerden oldukça düşük, Karakoca (2013)'ün Gökçekaya Baraj Gölü'nde kurulu gökkuşağı alabalığı kafes işletmelerine (950 ton yıl⁻¹) ilişkin bulgularından ise daha yüksektir.

Araştırma kapsamında Çizelge 1'de sunulan sediment gözenek suyu ve sediment üstü su ortofosfat konsantrasyonları dikkate alınarak hesaplanan oransal değer (3.1-5.5), Enell and Löfgren (1988)'in bildirdiği değere göre oldukça düşük olup, sedimentten fosfor salınımını teşvik edecek ölçüde yüksek gözükmemektedir.

Ayrıca araştırma süresince sediment gözenek suyu TFe/TFO oranına ilişkin en yüksek değer de 21 olarak hesaplanmıştır; bu değer demir : fosfor oranı 1.8'den büyük olduğunda fosfor salınımının engellenebileceğine ilişkin Shaw and Prepas (1990)'ın bildirişini desteklemektedir.

Çizelge 1. Almus Baraj Gölü'nde sediment gözenek suyu (SGS) pH, toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) ve toplam demir (TFe) ile sediment üstü suda (SÜS) toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO) değerlerinin aylar ve istasyonlara bağlı değişimi (N=4)

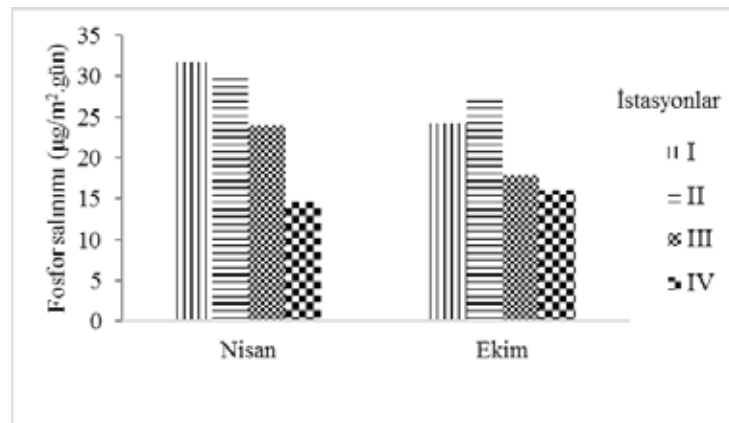
Parametreler	İstasyonlar	Aylar	
		Nisan	Ekim
pH (SGS)	I	7.76±0.02 ^{A*b**}	7.76±0.02 ^{Ad}
	II	7.69±0.01 ^{Abc}	7.86±0.04 ^{Bc}
	III	7.81±0.03 ^{Ab}	8.19±0.03 ^{Bb}
	IV	8.09±0.03 ^{Aa}	8.46±0.02 ^{Ba}
TFO (mg m ⁻³)	I	22.62±0.15 ^{Ab}	20.48±0.59 ^{Bb}
	II	23.41±0.08 ^{Aa}	21.67±0.42 ^{Ba}
	III	13.97±0.13 ^{Ad}	19.37±0.22 ^{Bb}
	IV	14.84±0.08 ^{Ac}	19.92±0.08 ^{Bb}
(mg m ⁻³) (SGS)	I	293.25±1.11 ^{Aa}	72.50±2.50 ^{Ba}
	II	224.50±1.66 ^{Ab}	51.75±1.11 ^{Bb}
	III	145.00±1.47 ^{Ac}	24.00±0.41 ^{Bc}
	IV	148.25±1.11 ^{Ac}	11.00±0.41 ^{Bd}
TFO (mg m ⁻³) (SÜS)	I	3.97±0.09 ^{Aa}	7.54±0.08 ^{Ba}
	II	2.54±0.00 ^{Ac}	4.37±0.08 ^{Bb}
	III	2.78±0.06 ^{Ab}	3.73±0.06 ^{Bc}
	IV	2.62±0.08 ^{Abc}	3.73±0.07 ^{Bc}

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

**Aynı sütunda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

Araştırma alanında seçilen istasyonlar için tahmin edilen sedimentten göl suyuna olan fosfor salınım değerleri 14.58-31.73 µg m⁻² gün⁻¹ arasında değişerek en düşük değerini nisan ayında IV. istasyonda (kontrol) alırken en yüksek değerini ise aynı ayda I. istasyonda (kafes) almıştır (Şekil 2). Almus Baraj Gölü'nde

belirlenen oldukça düşük fosfor salınım düzeyleri (14.58- 31.73 µgP m⁻² gün⁻¹), Nürnberg et al. (1986), Shaw and Prepas (1990), Sen et al. (2007) ve Haggard et al. (2012)'nin belirttikleri fosfor salınım değerleri esas alındığında gölün oligotrofik besin düzeyine işaret etmektedir.



Şekil 2. Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentten fosfor salınımı

Araştırmada her iki ayda da I No.lu kafes istasyonuna ilişkin tahmini fosfor salınım değerleri

(24.18-31.73 µgP m⁻² gün⁻¹), yetiştiriciliğin yapılmadığı kontrol istasyonlarından (III-IV) yüksek bulunmuş

olup, bu sonuç kafeslerde Atlantik salmon (*Salmo salar*) smoltlarının yetiştirildiği göllerde, kafes tabanındaki sedimentten kaynaklanan fosforun salınım düzeyi değişimlerine (Kelly, 1992; 1993) ilişkin bulgularla örtüşmektedir. Araştırmamızda gökkuşağı alabalığı kafes işletmelerini temsilen seçilen istasyonların fosfor salınım değerleri, Karakoca (2013)'ün Gökçekaya Baraj Gölü'nde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı kafes alanı için tahmin ettiği salınım değerlerinden ise daha yüksek bulunmuştur.

Almus Baraj Gölü'nde istasyonlarda sedimentteki fosforun fraksiyonel kompozisyonuna ilişkin ortalama değerler sırasıyla; organik bağlı fosfor (Org≈P: % 24), kalsiyuma bağlı fosfor (Ca≈P: % 22), demir+alüminyuma bağlı fosfor (Fe+Al≈P: % 18) ve karbonata bağlı fosfor (CO₃≈P: % 13) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu araştırmada, sedimentteki organik bağlı fosfor fraksiyonu (%24) ve kalsiyuma bağlı fosfor fraksiyonu (%22) genellikle tüm istasyonlarda en yüksek fosfor formunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda sedimentten göl suyuna

olan düşük düzeydeki fosfor salınımında, sözü edilen fraksiyonların rol oynadığı düşünülmektedir. Almus Baraj Gölü'nde seçilen istasyonlarda, sedimentteki demirin fosfora oranı (TFe/ TP) yaklaşık olarak 15.69 saptanmıştır. Araştırmamızda sedimentten salınan fosfor düzeyinin düşük kalmasında, demir derişiminin de kısmen etkili bir faktör olduğu Sondergaard et al. (2003) ile Kisand (2005)'in bildirişleri ile uyum göstermektedir. Boyd et al. (1994) kolloidal formdaki organik maddenin, sedimentteki besin elementlerinin su kolonuna geçişinde rol oynadığını, Istvanovics et al. (1989), sedimentin organik madde düzeyi % 20'den düşük olan sucul sistemlerde organik madde yapısındaki hümik asit miktarının oransal olarak fazla olmasının sedimentte fosfor tutulumunda etkili olduğunu belirtmişlerdir. Almus Baraj Gölü sedimenti organik madde miktarı, nisan ve ekim ayları için araştırma istasyonlarında % 5.58-7.77 arasında değişmiştir (Kaya, 2016). Bu bağlamda sedimentin düşük organik madde düzeyi de Boyd et al. (1994) ve Istvanovics et al. (1989)'ün bildirişleri doğrultusunda sedimentte fosfor tutulumunun olduğuna işaret etmektedir.

Çizelge 2. Sedimentte toplam fosfor ve fosfor fraksiyonları ile toplam demir düzeyinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (N=4)

Parametreler	İstasyonlar	Aylar	
		Nisan	Ekim
CO ₃ ≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	15.00±2.31 ^{Aa}	19.00±4.04 ^{Ba}
	II	8.50±0.29 ^{Ad}	14.50±3.75 ^{Ab}
	III	11.00±1.15 ^{Aab}	7.00±0.00 ^{Bc}
	IV	9.00±0.58 ^{Ac}	13.00±1.15 ^{Aab}
Fe+Al≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	22.50±0.29 ^{Aa}	27.50±2.60 ^{Aa}
	II	19.00±0.00 ^{Ab}	12.00±0.58 ^{Bb}
	III	18.50±0.87 ^{Ab}	12.50±2.02 ^{Bb}
	IV	16.00±0.58 ^{Ac}	10.50±0.29 ^{Bb}
Ca≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	24.09±0.65 ^{Ab}	22.43±0.56 ^{Ba}
	II	30.05±1.65 ^{Aa}	19.49±0.61 ^{Bb}
	III	21.84±1.06 ^{Ab}	18.48±0.78 ^{Bb}
	IV	23.57±0.04 ^{Ab}	17.58±0.86 ^{Bb}
Org≈F (µg g ⁻¹ KA)	I	19.41±2.69 ^{Ab}	17.07±4.31 ^{Ac}
	II	46.93±0.29 ^{Aa}	45.51±4.65 ^{Aa}
	III	15.66±2.31 ^{Ab}	32.02±1.24 ^{Bb}
	IV	11.95±0.65 ^{Ac}	11.42±4.93 ^{Ac}
TFe (µg g ⁻¹ KA)	I	1.22±0.00 ^{Ab}	1.36±0.00 ^{Ba}
	II	1.26±0.00 ^{Aa}	1.32±0.00 ^{Bb}
	III	1.22±0.00 ^{Ab}	1.25±0.00 ^{Bc}
	IV	1.18±0.00 ^{Ac}	1.15±0.00 ^{Bd}

*Aynı satırda farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

**Aynı sütunda farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)

Almus Baraj Gölü'nde seçilen araştırma istasyonlarına ait sediment örneklerinde ortalama kum, silt ve kil yüzde değerlerinin aylara göre değişimi Çizelge 3'de sunulmuştur. Araştırma kapsamında her iki istasyonda saptanmış

olan killi-siltli sediment yapısı, Mathews and Chandramohanakumar (2003)'ün ve Mallikarjun and Shashikant (2013)'ün sedimentteki kil oranının, fosfor salınımını engellediğine ilişkin bildirişlerini desteklemektedir.

Çizelge 3. Sedimentte ortalama kum, silt ve kil yüzde değerlerinin istasyonlara ve aylara göre değişimi

İstasyonlar	Aylar	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Sınıf
I	Nisan	0.07	24.95	74.96	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.075	26.06	73.84	Kil+Tın (CL)
II	Nisan	0.66	39.82	59.50	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.55	31.37	68.02	Kil+Tın (CL)
III	Nisan	0.165	29.50	70.31	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.32	22.76	76.89	Kil+Tın (CL)
IV	Nisan	0.03	44.30	55.65	Kil+Tın (CL)
	Ekim	0.11	46.62	53.24	Kil+Tın (CL)

Almus Baraj Gölü'nde eş zamanlı yapılan farklı bir çalışma kapsamında, tüm istasyonlarda anoksik koşullar saptanmamış ve bentik makroomurgasızlara rastlanılmamıştır (Kaya, 2016). Araştırmamızda sedimentten göl suyuna fosfor salınımının düşük kalmasında söz konusu iki unsurun da etkili olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak Almus Baraj Gölü'nde gerek kafes gerekse kontrol istasyonlarında sediment kaynaklı fosfor salınımı oldukça düşük düzeyde tahmin edildiğinden, sediment kaynaklı fosfor yükünün, baraj gölünün mevcut besin düzeyi üzerine olumsuz bir etkisi olmadığı ortaya konmuştur. Ancak düşük

düzye de olsa tahmin edilen salınım değerleri her iki ayda da kafes istasyonlarında kontrol istasyonlarına göre daha yüksektir. Bu bağlamda, gölde yetiştiriciliğin sürdürülebilirliği açısından, yem yönetimi ile işletme sayı ve üretim kapasitelerinin artırılmaması önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu projenin (115Y115) gerçekleştirilmesi için gerekli mali desteği sağlayan TÜBİTAK Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri (ÇAYDAG) Yürütme Komitesi Sekreterliği'ne şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2009. "Denizlerde Kurulan Balık Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ", 13 Haziran 2009 Tarih ve 27257 Sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2013. Yukarı Yeşilirmak Nehir Havzası'nın besin ağ yapısı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu. Sonuç Raporu. 2010/38, 110 s. Tokat.
- Anonim, 2015. https://tr.wikipedia.org/wiki/Almus_Barajve_Hidroelektrik_Santrali. Erişim tarihi: 15. Aralık.2015.
- Anonymous, 1995. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition, John D., Ducas Co., USA. Pp.1193.

- Boyd CE, Taner ME, Madkour M, Masuda K, 1994. Chemical characteristics of bottom soils from freshwater and brackishwater aquaculture ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 25 (4): 517-534.
- Buhan E, Koçer MA, Polat F, Doğan HM, Dirim S, Neary E, 2010. AlmusBaraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1): 57-65.
- Enell M, Löfgren S, 1988. Phosphorus in interstitial water: methods and Dynamics. Hydrobiologia, 170: 103-132.
- Haggard BE, Scott JT, Patterson S, 2012. Sediment phosphorus flux in an Oklahoma reservoir suggests reconsideration of watershed management planning. Lake Reserv Manage., 28: 59-69.

- Hieltjes AHM, Lijklema L, 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. *J. Environ. Qual.*, 9 (3): 405-407.
- Istvanovics V, Herodek S, Szilagyı F, 1989. Phosphate adsorption by different sediment fractions in Lake Balaton and its protecting reservoirs. *Wat.Res.*, 23 (11): 1357-1366.
- Kacar B, 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Karakoca S, 2013. Gökçekaya Baraj Gölü'nde Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Yetiştiriciliğinin Yapıldığı Ağ Kafeslerde Sediment-Sediment Gözenek Suyuna İlişkin Bazı Parametrelerin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kaya D, 2016. Almus Baraj Gölü (Tokat) Gökkuşluğu Alabalığı Kafes İşletmelerinin Sediment Kalitesine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s.
- Kelly LA, 1992. Dissolved reactive phosphorus release from sediments beneath a freshwater cage aquaculture development in West Scotland. *Hydrobiologia*, 235/236, 569-572.
- Kelly LA, 1993. Release rates and biological availability of phosphorus released from sediments receiving aquaculture wastes. *Hydrobiologia*, 253: 367-372.
- Kesici T, Kocabaş Z, 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Yayın No: 94, Ankara.
- Kisand A, 2005. Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia*, 547: 33-39.
- Mallikarjun SD, Shashikant RM, 2013. A Batch Study of Phosphate Adsorption Characteristics on Clay Soil. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, eISSN:2319-1163, pISSN:2321-7308, 338-342.
- Mathews L, Chandramohanakumar N, 2003. The ratios of carbon, nitrogen and phosphorus in a wetland coastal ecosystem of Southern India. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 88(2): 179-186.
- Nürnberg G K, Shaw M, Dillon PJ, Mc Queen DJ, 1986. Internal phosphorus load on an oligotrophic Precambrian Shield Lake with an anoxic hypolimnion. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 574-580.
- Polat F, Özmen H, 2011. Almus Baraj Gölü'nde trofik seviyenin belirlenmesi ve gölün fosfor taşıma kapasitesinin araştırılması. *Ekoloji*, 20(78): 53-59.
- Sen S, Haggard BE, Chaubey I, Brye KR, Costello TA, Matlock MD, 2007. Sediment phosphorus release at Beaver Reservoir, northwest Arkansas, USA, 2002-2003: a preliminary investigation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 179:67-77.
- Shaw JFH, Prepas EE, 1990. Relationships between phosphorus in shallow sediments and in the trophogenic zone of seven Alberta Lakes. *Wat. Res.*, 24 (5): 551-556.
- Shrestha MK, Lin CK, 1996. Determination of phosphorus saturation level in relation to clay content in formulated pond muds. *Aquacultural Engineering*, 15 (6): 441-459.
- Sondergaard M, Jensen JP, Jeppesen E, 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 506-509, 135-145.
- Temporetti PF, Pedrozo FL, 2000. Phosphorus release rates from freshwater sediments affected by fish farming. *Aquaculture*, 31: 447-455.
- Temporetti FP, Alanso FM, Baffico G, Diaz MM, Lopez W, Pedrozo LF, Vigliano HP 2001. Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes&Reservoirs: Research and Management*, 6: 259-267.
- Zhang M, Zhou Y, Xie P, Xu J, Li J, Zhu D, Xia T. 2004. Impacts of cage-culture of *Oreochromis niloticus* on organic matter content, fractionation and sorption of phosphorus, and alkaline phosphates activity in a hypereutrophic lake, people's republic of China. *Environmental Contamination and Toxicology*, 73: 927-932.

The Effects of Environmental Factors on *Artemia* Population in Tuz Lake (Central Anatolia, Turkey)

Mine KIRKAĞAÇ¹, Ela GÜMÜŞ¹, Göktuğ YOKUŞ¹

ABSTRACT: *Artemia* population was investigated monthly between November 2013-July 2014 in Tuz Lake and 5 stations were selected; one from the west side, 4 from the east side of the Lake. Some physical and chemical parameters (depth, secchi depth, water temperature, dissolved oxygen, conductivity and pH were measured monthly and ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, orthophosphate, alkalinity, total hardness, chlorophyll *a*, silicate concentrations were measured seasonally) of the Lake water were also determined. *Artemia* was found only once at the second sampling on March, in the 5th station in metanauplius form about $3,67 \times 10^3$ individual.m, cycts were not found during the research. At the stations, chlorophyll *a* concentration ($0.18-2.70 \mu\text{g l}^{-1}$) and orthophosphate concentration ($0-1.07 \text{ mg l}^{-1}$) values were found to be quite low, and ammonium nitrogen concentration values varied between 1.25 mg l^{-1} and 3.25 mg l^{-1} . It is thought that Ulurmak and Peceneközü Brooks and DSİ Drainage Channel flowing into the basin of Tuz Lake affected the ammonium-nitrogen and orthophosphate concentrations in the Lake. The long-term investigations of the biological, physical and chemical properties of Tuz Lake will contribute to revealing the factors that caused to the present condition of the Lake.

Key Words: *Artemia*, abiotic factors, biotic factors, Tuz Lake

Tuz Gölü'nde Çevresel Faktörlerin *Artemia* Populasyonu'na Etkisi

ÖZET: *Artemia* populasyonu Tuz Gölü'nün batısında 1, doğusunda 4 olmak üzere seçilen toplam 5 istasyonda, Kasım 2013- Temmuz 2014 yılları aylık olarak arasında araştırılmıştır. Eş zamanlı olarak gölün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de (derinlik, seki derinliği, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, kondüktivite ve pH ölçümleri aylık, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, ortofosfat, alkalinite, toplam sertlik, klorofil *a*, silikat konsantrasyonları mevsimlik olarak) belirlenmiştir. Araştırma süresince kiste rastlanmazken, *Artemia* sadece bir kez Mart ayındaki ikinci örneklemede 5. istasyonda metanauplius formunda ($3,67 \times 10^3$ birey.m⁻³) bulunmuştur. Araştırma süresince, özellikle su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve tuzluluk değerleri son 20 yıla ilişkin verilerle karşılaştırıldığında artış göstermiş, su derinliği ise gölün tamamında azalmıştır. İstasyonlarda, klorofil *a* konsantrasyonu ($0.18-2.70 \mu\text{g l}^{-1}$) ile ortofosfat konsantrasyon değerleri ($0-1.07 \text{ mg l}^{-1}$) oldukça düşük düzeylerde bulunmuş, amonyum azotu konsantrasyonu değerleri ise $1.25-3.25 \text{ mg l}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Tuz Gölü'ne akan Ulurmak, Peçeneközü Dereleri ve DSİ Drenaj Kanalının göle ilişkin amonyum-azotu ve ortofosfat konsantrasyonlarını etkilediği düşünülmektedir. Tuz Gölü'nün biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzun süreli araştırılması, gölün bugünkü durumuna neden olan faktörlerin de ortaya konmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Abiyotik faktörler, *Artemia*, biyotik faktörler, Tuz Gölü

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, Ankara, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mine KIRKAĞAÇ, kirkagac@agri.ankara.edu.tr

INTRODUCTION

Salinity and aquatic biodiversity are inversely related in lake waters. So, salinity degree is the the determinant of the community structure in water bodies (Williams, 1998, Demir, 2007). In hypersaline (salinity $>50\text{g.l}^{-1}$) lakes, the brine shrimp *Artemia* Leach, 1819 is the dominant zooplankton. Their grazing activity is very important for controlling the water clarity or holobacteriums and algal blooms, especially for the salt lakes where salt processing and refining are the main task. The salt quality is affected and so the bigger salt crystalize is ensured by *Artemia* grazing activity (Persoone and Sorgellos, 1980). Beside, it is also very important live feed for marine fish larvae.

Tuz Lake is located in the Central Anatolia. It has a closed basin without outflowing. Its saline concentration is about 32% and with this salinity degree it is the second one following Dead Sea in the World. The salt supplied form Tuz Lake is about 70% of Turkey's requirement (Kılıç and Uyanık, 2001). There are two regions with different chemical and physical conditions in the lake; as shallow and deep regions, their salinities are about 300-350 g.l^{-1} and 80 g.l^{-1} , respectively (Uygun and Şen, 1978). In recent years, global warming is threatened the Lake and its area is getting smaller. In 2000 years, Tuz Lake was declared a specially protected area (Anonymous, 2007).

The presence of *Artemia* population was reported from the deep region at the east side of Tuz Lake in a 10 km coastline in 1994-1995 years, their highest abundance was about 106-114 individual. m^{-3} in May. By the increasing salinity and temperature in the lake, the abundance decreased in June (Başbuğ and Demirkalp, 1997; Başbuğ, 1999).

Global warming threatened most of the saline lakes, especially their biological features. This study was carried out to put forward the case of a saline lake from the Central Anatolia of Turkey. So the present status of *Artemia* population was aimed to determined in related to the environmental factors in Tuz Lake.

MATERIAL AND METHODS

Study area

Tuz Lake ($38^{\circ} 44' \text{N } 33^{\circ} 23' \text{E}$) located in the Central Anatolia, it is tectonic lake and fed by ground waters and surface waters (Fig 1). It has no outlet. In the most of the years it is very shallow. Its surface area is about 1700 km^2 , the lenght and width of the lake are 90 km and 35 km, respectively. During the summer the lake dries up exposing an average of 30 cm thick salt layer in August. The Lake is also special for some birds for their breeding (Anonymous, 2007).

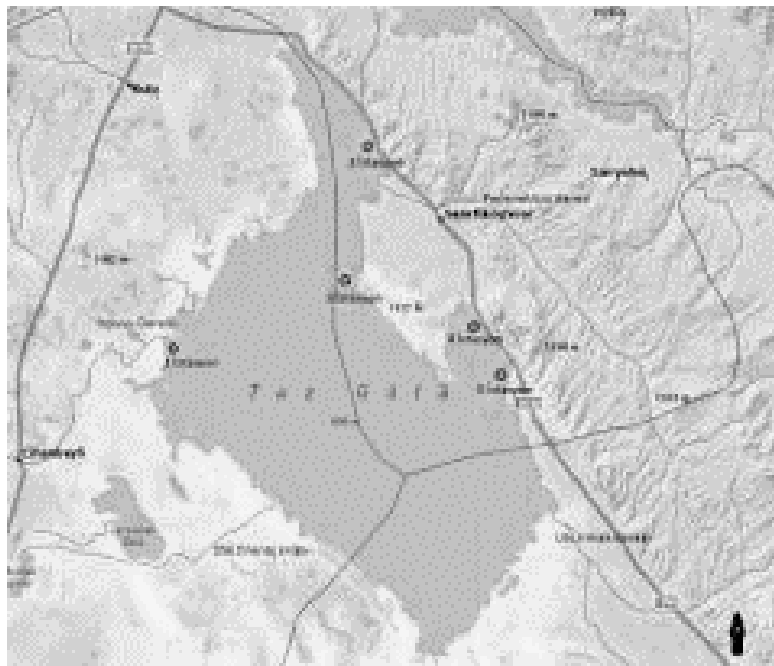


Figure 1. Tuz Lake and sampling stations

Collection of Samples

The research was carried out between July 2013 and July 2014. Samples were collected from 5 stations in the Lake. Samples for *Artemia* were collected with 15 days intervals in spring and summer, monthly in autumn and winter. A plankton net with 55µm mesh size was used horizontally to collect the samples. Those samples were preserved in 4% formaldehyde solution (Tanyolaç, 2006). Samples were examined, identified and counted under binocular and inverted microscopes (Edmondson, 1959; Edmondson and Winberg, 1971; Koste, 1978; Mc Cauley, 1984; Wetzel and Likens, 1991; Smith, 2001).

Water samples for chemical parameters collected seasonally. The water temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, pH, depth and secchi depth were measured *in situ*. Because of the dry season, neither samples for *Artemia* nor water samples for some water parameters couldn't be taken in July, August and September.

The analysis for ammonium-nitrogen (NH₃-N), nitrate-nitrogen (NO₃-N), nitrite-nitrogen (NO₂-N), total hardness, alkalinity, orthophosphate, concentrations of the lake were determined in The Central Laboratory of Soil, Fertilizer and Water Resources of Ministry of Food, Agriculture and Livestock according to Anonymous (1998). Chlorophyll *a* concentrations were determined spectrophotometrically after filtration of

water samples through Whatmann GF/C filter paper and extracted with acetone (Strickland and Parsons, 1972) and silica (SiO₂) concentrations were determined by photometer with test kits which have ranges between 0.2-5mg.l⁻¹ and 0.1-1.4 mg.l⁻¹ concentration.

Statistical analysis were carried out by using SPSS 17 Statistic Program. Variance analysis (ANOVA) and Duncan multiple range test were computed to evaluate the differences in terms of the water quality parameters of the Lake (Kesici and Kocabaş, 2007).

RESULTS AND DISCUSSION

This study was put forward the status of *Artemia* population after 20 years in related to environmental factors in Tuz Lake. *Artemia* population was investigated for the first time in Tuz Lake by Başbuğ (1994) and our chosen stations had been same naturally with their stations because those were the ones that could be better to reach to the Lake. In our study, *Artemia* was found to be about 3,67 x10³ individual. m⁻³ in metanauplii form only in the 5. station at the end of the March (Table 1). Apart from that, during the research no *Artemia* was found in the stations. Apart from that, there was no cyst accumulation neither ashore nor surface of the lake during the study period. However, copepods mostly in nauplii stages and rotifers were encountered in low abundance in March and May at the 1th and 4th stations.

Table 1. Zooplankton abundance in stations and months in Tuz Lake (average abundance ± standard deviation)(x10³) (individual.m⁻³)

Months	Stations				
	1	2	3	4	5
March	31.20±2.52	-	-	-	-
April	4.03±0.37	1.96±0.47	1.94±0.34	0.7±0.18	0.36±0.27
May	1.37±0.24	-	-	0.36±0.48	-

Başbuğ (1994) determined the distribution of the *Artemia* population on the east side of the lake on a 10 km coast line which is the depth region of the lake and reported that the first generation of the population occurred at the mids of the April and the adult forms at the end of the May. The second generation was

observed in June and all of them reach to adult form in the July. In addition to this, it was indicated that the cysts of *Artemia* was collected out of the April-July period. The highest abundance in that study was about 106-114 individual.m⁻³ (Başbuğ, 1997; Başbuğ and Demirkalp, 1999).

Tuz Lake is the reproduction site of waterfowls, especially flamingos (*Phoenicopterus ruber*) which is fed on zooplankton (Burgis and Morris, 1987). In 2014 year, it was reported that the population of the flamingos reduced from 22000 fry to 2650 fry, because of the low water depth and insufficient feed in the lake (Balkız, 2015). Our observations in the same year supplied this report. We could observe a few flamingos only in the last half of the March at the 1th station where we found mostly copepods nauplii.

The differences in the values of water temperature, salinity and electrical conductivity were found to be statistically significant according to the stations and months ($p < 0.05$) (Figure 2). The differences in the values of pH were found statistically significant according to the months ($p < 0.05$), insignificant according to the stations ($p > 0.05$). The differences in the values of dissolved oxygen were insignificant both in the months and stations ($p > 0.05$).

The highest average water temperatures were measured in 5th station about $30.60 \pm 0.55^{\circ} \text{C}$ and $30.50 \pm 0.86^{\circ} \text{C}$ in May and July, respectively. The lowest one was measured in November in the 4th station as $0.84 \pm 0.05^{\circ} \text{C}$ (Fig. 2). Saygı and Demiralp (2002), measured the lowest water temperatures as -3.8°C in November in Tuz Lake, the highest one was measured in June about 32°C . In this study, the lowest water temperature was measured about $0.84 \pm 0.05^{\circ} \text{C}$ in November and the highest values were about 30°C in June and July. In our study, we had never measured water temperature in minus values in the Lake. In the last 20 years, climatic conditions made differences in water temperatures.

During the study, the highest average dissolved oxygen values was determined as $7.55 \pm 0.31 \text{ mg.l}^{-1}$ in 3. station in November. In December and January, the lowest values of dissolved oxygen were measured as 1.63 ± 0.13 and $2.15 \pm 0.01 \text{ mg.l}^{-1}$, respectively (Fig. 2). In Tuz Lake, the dissolved oxygen concentration was changed between 1.3 mg.l^{-1} - 9.0 mg.l^{-1} in 1993-1994 years (Başbuğ and Demirkalp, 1997).

In this study, the highest average dissolved oxygen concentration was measured about 6.90 mg.l^{-1} and it was lower than the value 9.0 mg.l^{-1} that was

measured 20 years ago. It is known that the *Artemia* populations can not tolerate dissolved oxygen below 2 mg.l^{-1} (Dhont and Van Stappen, 2003). In our study, the dissolved oxygen concentrations were under the toleration limits for *Artemia* in December and June.

In the study period, the average salinity values were ranged between $405 \pm 10 \text{ g.l}^{-1}$ and $217 \pm 7 \text{ g.l}^{-1}$ (Fig. 2). The highest average electrical conductivity values were found to be $214 \pm 1 \text{ mS.cm}^{-1}$ at the 2th and 3th stations in May whereas the lowest value was about $118 \pm 1 \text{ mS.cm}^{-1}$ in the 2th station in November. During the study, the average salinity values were changed between $217 \pm 7 \text{ g.l}^{-1}$ and $405 \pm 10 \text{ g.l}^{-1}$. This range was about 114 - 395 g.l^{-1} between 1993 and 1994 years (Başbuğ and Demirkalp, 1997). Uygun and Şen (1978) carried out hydrochemical investigation in 1976-1977 years in Tuz Lake and exhibited seasonal changes of salinity and they claimed two regions separated from each other by a threshold. One was the shallow main region the other part is the depth region and their salinity were about 249 - 274 g.l^{-1} and 66 - 76 g.l^{-1} , respectively. In our study, the salinity values were found to be lower in the last two stations in the east side of the lake than the stations in the west side. However, it was observed that the salinity values were found to be higher according to Başbuğ and Demirkalp (1997) and Uygun and Şen (1978). Besides, there was no visible two regions in the lake as mentioned by Uygun and Şen (1978). In this study, the salinity values increased by the months. It was mentioned that increasing salinity causes decrease in plankton diversity and species richness (Hammer, 1993; Wen and Zhi-Hui, 1999). In our study, the electrical conductivity results were generally lower than the values in 1993-1994 years period. However, the lowest electrical conductivity value was same with Başbuğ and Demirkalp (1997).

During the study the average pH values were changed between 7.53 ± 0.02 and 7.89 ± 0.01 in the stations. In the Lake, pH values generally found to be lower according to Başbuğ and Demirkalp (1997) and were similar to the results of Uygun and Şen (1978) except the 5th station whereas pH values were not increased above 7.9. This value was below the value that was indicated by Uygun and Şen (1978).

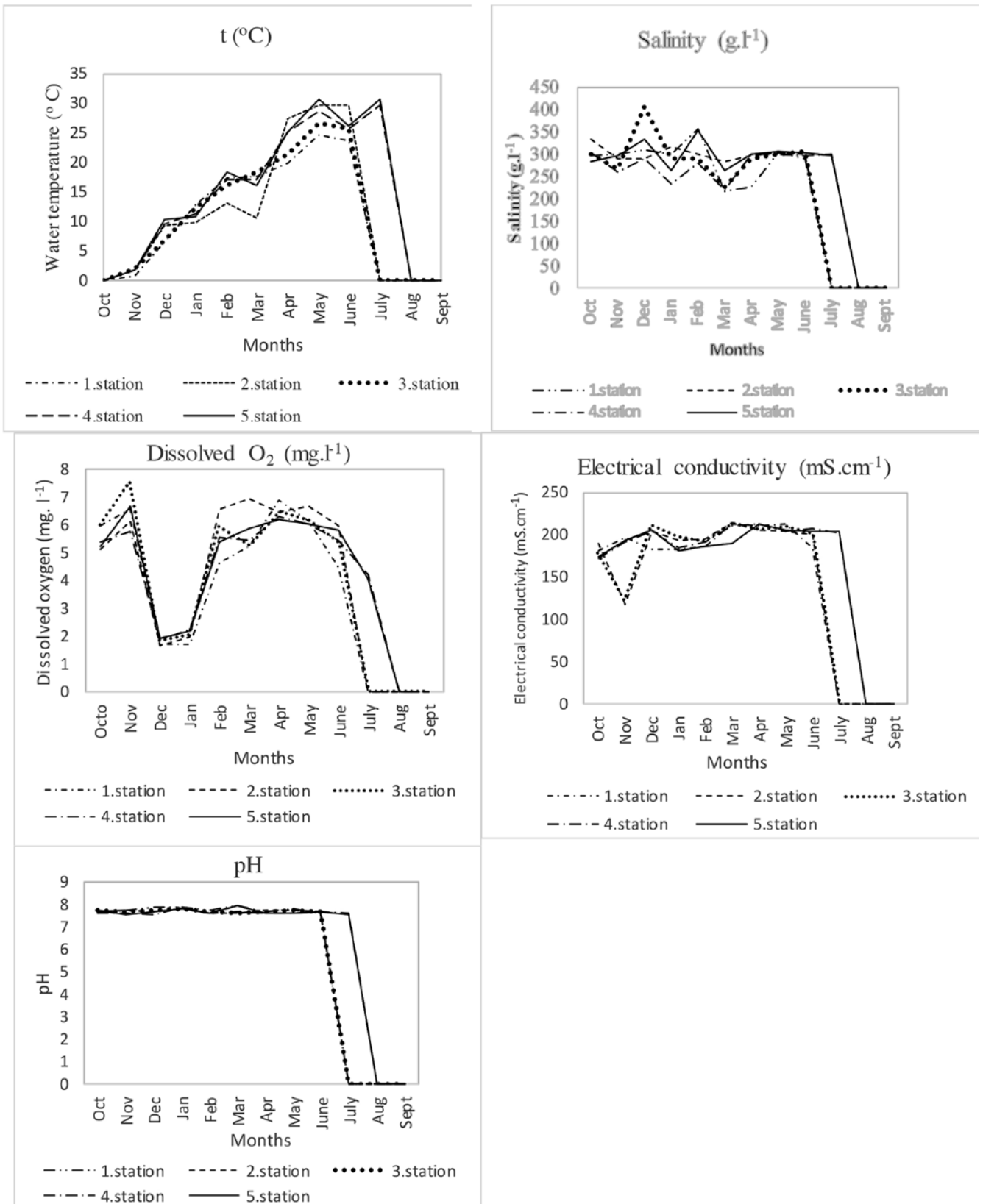


Figure 2. Average water temperature, salinity, dissolved oxygen, electrical conductivity and pH values in Tuz Lake during the study

The differences in measured values of the average water depth and secchi depth in sampling periods (Fig 3) were found to be statistically significant according to months and stations ($p < 0.05$). During the study the highest average water depth was about 28 ± 1 cm at the 1. station in March, the lowest one was about 3 ± 1 cm at the 2th station in January. In December, there was drawdown in all stations. In March, the bottom of the lake was mud by the rainfalls. In April, drawdown was observed again in the Lake. After May, salt stratification was occurred at the Lake bottom and water depth decreased. In July, lake water was disappeared in the first three station by the evaporation. In the 4th and 5th

stations, lake water was maintained by the low depth. Secchi depth values were same with the water depth in March, April and May in stations except 4th and 5th stations whereas 2 ± 1 cm and 4 ± 1 cm, respectively. However, in spring and summer months the color of the lake water was changed to red in those last two stations.

It was reported that the average depths in the lake was about 30-40 cm in 1993-1994 years (Başbuğ, 1994). In 1995 years, it was about 70 cm in autumn and above 70 cm in spring in the shallow region whereas it was above 1 m in the depth region during the study (Çamur and Mutlu, 1995).

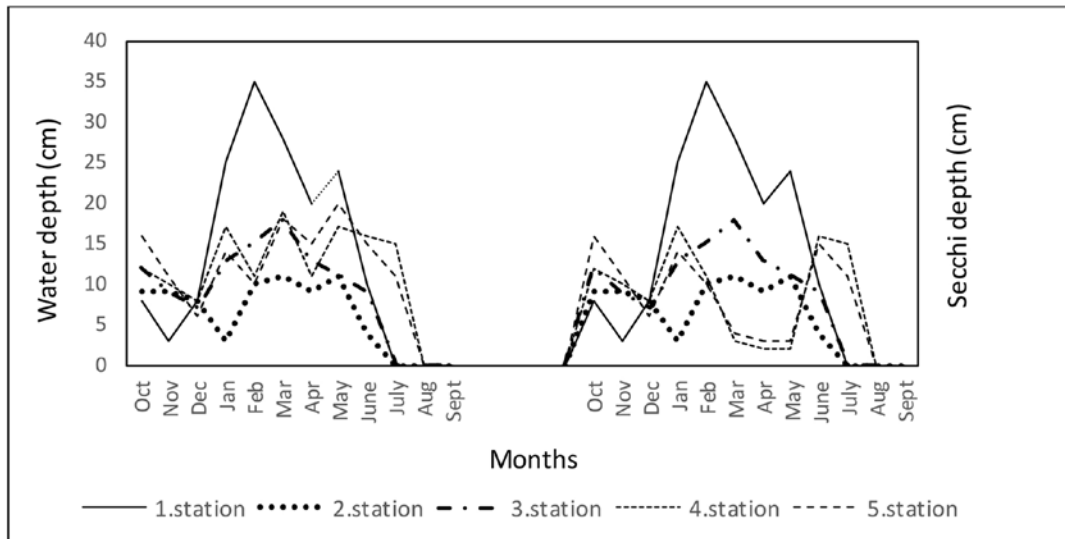


Figure 3. Average water depth and secchi depth values in Tuz Lake during the study

In 1996 years, it was measured about 50-80 cm in shallow region and about 1 m in the depth region (Kılıç and Uyanık, 2001). In our study, the depth was measured up to 20 cm in the east side (depth region), that was the lowest depth value according to the previous studies.

Besides, it was observed that in spring and summer the color of the lake water turned to red in 4th and 5th stations in the same side. It was indicated that the source of this colouration, was algae, *Dunelliella salina*, blooms in the lake (Demir and Arısoy, 2013; Çakmak et al., 2014).

So, during the study secchi depths were all same with the water depths in the stations except in 4th and

5th stations whereas secchi depths fell and remained low in spring algal blooms.

Chlorophyll *a*, alkalinity, total hardness, orthophospate, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, silica were determined seasonally in Tuz Lake (Table 2). While the variations in the average concentrations of alkalinity, total hardness, nitrite nitrogen, silica were found to be significant statistically according to seasons and stations ($p < 0.05$), average concentrations for nitrate nitrogen were insignificant ($p > 0.05$). The differences in the average concentrations of chlorophyll *a* were statistically significant according to seasons ($p < 0.05$), insignificant according to stations ($p > 0.05$).

Table 2. The average chlorophyll *a* ($\mu\text{.l}^{-1}$), alkalinity (mg.l^{-1}), total hardness (FS^0), orthophospate (mg.l^{-1}), ammonium nitrogen (mg.l^{-1}), nitrite nitrogen (mg.l^{-1}), nitrate nitrogen (mg.l^{-1}), silica (mg.l^{-1}) concentrations according to the months and stations (means \pm SD)

Season	Parameter	Stations				
		1	2	3	4	5
Autumn	Chloropyll <i>a</i>	0.56 \pm 0.25b* B**	0.24 \pm 0.12bB	2.70 \pm 1.19aA	0.82 \pm 0.42aB	1.08 \pm 1.14aB
	Alkalinity	207 \pm 12bA	147 \pm 12abC	169 \pm 20bBC	190 \pm 10aAB	177 \pm 12aB
	T.Hardness	1419 \pm 312dB	1291 \pm 406bB	2837 \pm 803abA	2519 \pm 624aA	3224 \pm 54aA
	Orthophosp.	0.00	0.00	0.00	0.004 \pm 0.001	0.006 \pm 0.001
	Amonnium-N	2.25 \pm 0.10bcB	2.50 \pm 0.20bA	2.25 \pm 0.10bB	1.70 \pm 0.05bC	1.75 \pm 0.05bC
	Nitrite-N	0.007 \pm 0.00bA	0.006 \pm 0.00bA	0.008 \pm 0.015bA	0.008 \pm 0.015bA	0.006 \pm 0.002aA
	Nitrate-N	0.001 \pm 0.00	0.003 \pm 0.000	0.002 \pm 0.000	0.003 \pm 0.001	0.002 \pm 0.000
	Silica	0.15 \pm 0.01cD	0.18 \pm 0.02bD	2.15 \pm 0.20aC	4.30 \pm 0.05aA	2.5 \pm 0.05aB
Winter	Chlorophyll <i>a</i>	1.65 \pm 0.40aA	1.91 \pm 0.11aB	2.02 \pm 0.40abB	0.98 \pm 0.19aB	1.64 \pm 0.49aA
	Alkalinity	177 \pm 54bB	116 \pm 21bD	189 \pm 8bA	123 \pm 2bC	127 \pm 6bC
	T.Hardness	2874 \pm 158bBC	1857 \pm 402bC	2074 \pm 283bC	2366 \pm 270aB	3145 \pm 268aA
	Orthophosp.	0.032 \pm 0.001	0.00	0.00	0.00	0.002 \pm 0.002
	Amonnium-N	3.00 \pm 0.50aA	2.00 \pm 0.50bB	2.00 \pm 0.25bB	2.20 \pm 0.76aB	2.25 \pm 0.10aB
	Nitrite-N	0.006 \pm 0.003bAB	0.013 \pm 0.002bB	0.005 \pm 0.003bAB	0.005 \pm 0.002cB	0.008 \pm 0.001aAB
	Nitrate-N	0.002 \pm 0.000	0.004 \pm 0.003	0.001 \pm 0.01	0.002 \pm 0.00	0.002 \pm 0.001
	Silica	0.33 \pm 0.01bB	0.21 \pm 0.02bC	0.23 \pm 0.03cC	0.50 \pm 0.10bA	0.23 \pm 0.05cC
Spring	Chlorophyll <i>a</i>	0.93 \pm 0.25bC	1.52 \pm 0.58aB	2.15 \pm 0.24abA	0.74 \pm 0.16aC	1.33 \pm 0.64aB
	Alkalinity	236 \pm 45abA	159 \pm 18aC	157 \pm 15bC	141 \pm 5bC	172 \pm 11bB
	T Hardness	2274 \pm 200cB	1811 \pm 161bCD	2004 \pm 292bBC	1569 \pm 186bD	2761 \pm 389aA
	Orthophosp.	0.004 \pm 0.001	0.00	0.00	0.002 \pm 0.001	0.003 \pm 0.001
	Amonnium-N	2.00 \pm 0.50cA	2.25 \pm 0.05bA	2.30 \pm 0.02bA	2.00 \pm 0.15aA	2.25 \pm 0.25aA
	Nitrite-N	0.016 \pm 0.005bA	0.013 \pm 0.005bA	0.016 \pm 0.005bA	0.020 \pm 0.00aA	0.013 \pm 0.005aA
	Nitrate-N	0.010 \pm 0.00	0.013 \pm 0.005	0.009 \pm 0.00	0.010 \pm 0.00	0.009 \pm 0.00
	Silica	0.50 \pm 0.10aB	0.46 \pm 0.05aC	0.85 \pm 0.15bB	1.03 \pm 0.15bA	0.70 \pm 0.10bB
Summer	Chlorophyll <i>a</i>	0.45 \pm 0.51bA	0.60 \pm 0.22bA	2.53 \pm 0.52aA	0.18 \pm 0.01aAB	0.94 \pm 0.02bA
	Alkalinity	296.00 \pm 45aA	158.66 \pm 18aB	206.66 \pm 11aB	172.00 \pm 10aB	173.06 \pm 39aB
	T.Hardness	4410 \pm 408aA	3645 \pm 804aAB	3455 \pm 964aAB	3132 \pm 622aAB	2761 \pm 389bB
	Orthophosp.	1.07 \pm 0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	Amonnium-N	2.75 \pm 0.25abB	2.75 \pm 0.05aB	3.25 \pm 0.25aA	1.30 \pm 0.10cC	1.25 \pm 0.25cC
	Nitrite-N	0.266 \pm 0.14aA	0.230 \pm 0.111aA	0.266 \pm 0.047aA	0.010 \pm 0.00bB	0.043 \pm 0.057aB
	Nitrate-N	0.153 \pm 0.07	0.100 \pm 0.010	0.010 \pm 0.009	0.096 \pm 0.132	0.056 \pm 0.056
	Silica	0.32 \pm 0.11aA	0.13 \pm 0.05bB	0.13 \pm 0.0cbB	0.13 \pm 0.05bB	0.24 \pm 0.05cAB

*Means with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

** Means with different letters in the same line are significantly different ($p < 0.05$)

Contrarily, the differences in the average concentrations of ammonium nitrogen were statistically significant according to stations ($p < 0.05$), whereas insignificant according to seasons ($p > 0.05$). The average orthophosphate concentrations were very low during the study and changed between 0.00-1.068 mg.l⁻¹ in stations. The only and highest value was determined in the 1th station in summer. In the other seasons except autumn, orthophosphate concentration was measured in the 1th station again. Orthophosphate concentrations were determined in very low concentrations in 4th and 5th stations in spring and autumn however it was not determined in the 2th and 3th stations during the study.

Chlorophyll *a* concentrations are about 0.5-3.5 µg.l⁻¹ in Great Salt Lake of Utah whereas *Artemia franciscana* produce dormant cysts that are harvested and used in the aquaculture industry. In Urmia Lake (Iran), it is about 0.5-0.8 µg.l⁻¹ (Eimanifar and Monthshebbi, 2007). Our results of chlorophyll *a* measured seasonally and changed between 0.18±0.01 µg.l⁻¹ and 2.70±1.19 µg.l⁻¹ during the study. Those concentrations were lower than Big Salt Lake and higher than Urmia Lake. Tuz Lake is oligotrophic, with those annual chlorophyll *a* levels (Anonymous, 2015). It is mentioned that temperature, quality and quantity of food source will influence the availability of *Artemia* populations (Wurtsbaugh and Gliwicz, 2001).

In Tuz Lake, seasonally average alkalinity values were changed between 296.00±45.07 mg.l⁻¹ and 116.00±21.16 mg.l⁻¹. Because of the dominance of the bicarbonate ions, alkalinity is higher in the Lake correspondingly pH range was stayed between 7.53±0.02 and 7.89±0.01 during the study (Erençin and Köksal, 1981). It was declared that higher alkalinity lead to suppress of diversity and species richness in water bodies (Zhao and He, 1999). From this point of view, it can be tallied that alkalinity as well as salinity influences biological diversity (Wen et al., 2005). However, total hardness values were also higher in the Lake and it was reported that there is a strong correlation among increasing salinity, alkalinity and hardness in water bodies (Wen and Zhi-Hui, 1999).

Uygun and Şen (1978) were investigated the hydrochemical features of Tuz Lake and they reported that they didn't determine orthophosphate and ammonium nitrogen concentrations in the Lake

water. In our study, orthophosphate was determined in low concentrations, up to 1.06 mg.l⁻¹ in 4th, 5th and 1th stations in some months. However, ammonium nitrogen concentrations were found to be high in the all stations during the study. Anonymous (2013) was determined the ammonium nitrogen concentrations in the influent Brooks of the Lake such as Peçenek Brook (0.035-0.038 mg.l⁻¹), Değirmenözü Brook (0.026-0.032 mg.l⁻¹), İnsuyu Brook (0.018-0.024 mg.l⁻¹) and Main Discharge Canal (0.069-0.071 mg.l⁻¹) of State Water Works in April-May 2013. We can say that the source of ammonium nitrogen presence in the Lake was mainly antropogenic.

Uygun and Şen (1978) determined silica in the Lake. In our study, the highest silica value was adjusted with the lowest silica value with the previous study, so we can say that silica values decreased in the Lake.

CONCLUSION

It was mentioned that there was two regions in the lake. One is shallow main region and the other is depth region (Uygun and Şen, 1978). Basbuğ and Demirkalp (1997) supported this by their results. They indicated that there were differences in pH salinity and temperature values between two regions. Also in the depth region whereas *Artemia* populations located, electrical conductivity, salinity values were lower and in summer and spring months dissolved oxygen and depth were higher. In our study depth decreased to 20 cm in the depth region and when it was compared with the previous studies depth level fell down in September 2013-July 2014.

By this study, it was observed that the district differences were disappeared between two regions by the global warming that caused to lack of raining. Therefore, climatic conditions induced the changes in the Lake's physical and chemical water features of depth region where the *Artemia* populations located in the past. Especially, the changes of water temperature and salinity limited *Artemia* growing in the Lake. Factors caused the current status of the Tuz Lake were unconscious use of groundwaters reduction of the basin, precipitation caused by global warming and decreased of rainfalls, the surrounding settlements, agriculture activities and brooks and canal influents carrying

pollution changed some physical and chemical water parameters of the Tuz Lake and caused the dismissed of the *Artemia* which is the dominant zooplankton of salt lakes. Instead of it. copepods nauplii and rotifers determined in a few stations. Tuz Lake should be monitored physically. chemically and biologically in long term. Besides. Tuz Lake was compensated salt requirement of the country because of this. Lake is under threat and new salt pans shouldn't be constructed. They

will give harm to the feeding cells of the Lake. So, the lake water will reduce with new salt pan constructions.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research supported by Ankara University (grant no.13B6055001). We are grateful to Prof. Dr. Nilsun Demir for her assistance in the laboratory work.

REFERENCES

- Anonymous. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. AWWA. WEF. Washington DC.
- Anonymous. 2007. Biyolojik Çeşitliliğin Tespiti: Tuz Gölü Projesi. Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı. Ankara.
- Anonymous. 2013. Foça. Gökova. Datça-Bozburun. Köyceğiz-Dalyan. Fethiye-Göcek. Patara. kaş-Kalkan-Kekova. Belek. Göksu Deltası. Ihlara. Tuz Gölü. Gölbaşı. Uzungöl. Pamukkale ve Saros körfezi Özel Çevre Koruma Bölgelerinde Su Kalitesinin İzlenmesi ve özel çevre koruma Bölgelerinde İşletilmekte Olan Atıksu Arıtma Tesislerinin Verimliliğinin İzlenmesi Projesi. ALKA-TVKGM-Rapor No:R_ÖÇK-RO2.
- Anonymous. 2015. Surface waters quality regulations (in Turkish). Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Resmi Gazete. Ankara.
- Balkız Ö. 2015. Tuz Gölü: Flamingolar. Atlas Dergisi. sayı 264.
- Başbuğ Y. 1994. Tuz Gölü'nde Yaşayan *Artemia salina* (L.. 1758)'nın Biyolojik Özellikleri ve Sistlerinden Laboratuvar Koşullarında Larva Üretilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 81 s.
- Başbuğ Y. Demirkalp FY. 1997 A Note on the Brine Shrimp *Artemia* in Tuz Lake. Hydrobiologia. 263: 45-51.
- Başbuğ Y. 1999. Tuz Gölü'nde Yaşayan *Artemia salina* (L.. 1758)'nin Bazı Biyolojik Özellikleri. Turkish Journal of Zoology. 23(2): 617-624.
- Burgis JM. Morris P. 1987. The Natural History of Lakes. Saline and Soda Lakes 218: 141-163.
- Çakmak YS. Kaya M. Asan-Ozusaglam M. 2014. Biochemical Composition and Bioactivity Screening of Various Extracts From *Dunaliella salina*. A Green Alg. EXCLI Journal 13: 679-690.
- Çamur MZ. Mutlu H. 1995. Tuz Gölü'ndeki mineral çökelinin termodinamik değerlendirilmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni. 38: 2. 67-73.
- Demir A. Arısoy M. 2013. Tuz Gölü Mikrobiyolojik Çeşitliliğinin Ekonomik Değer Analizi: *Dunaliella salina* Örneği. Biyoçeşitlilik Sempozyumu. 22-23 Mayıs. Marmaris. Bildiri Kitabı. 53-55.
- Demir N. 2007. Changes in the phytoplankton community of a coastal. hyposaline lake in western Anatolia. Turkey. Limnology Asia/Oceania Report. 8: 337-342.
- Dhont J. Van Stappen G. 2003. Biology. tank production and nutritional value of *Artemia*. In: Stottrop JG and Mc Evoy LA (eds). Live Feeds in Marine Aquaculture. Blackwell Publishing. 65-121.
- Edmondson WT. 1959. Fresh-Water Biology. John Wiley and Sons. New York.
- Edmondson WT. Winberg GG. 1971. A manual on methods for the assesment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Eimanifar A. Monthshebbi F. 2007. Urmia Lake: a Brief Review. Saline Systems. 3:5.
- Erençin Z. Köksal G. 1987. İçsular Temel Bilimleri Limnology. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları. 375. Ankara.
- Hammer UT. 1993. Zooplankton distribution and abundance in saline Lakes of Alberta and Saskatchewan. Canada. International Journal of Salt Lake Resources. 2(2): 111-132.
- Kesici T. Kocabaş Z. 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fak. Biyoistatistik Yayın No:94. Ankara.
- Kılıç AM. Uyanık E. 2001. Tuz Gölü'nde Oluşan Kirlenmenin Göl Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. 18-19 Ekim. İzmir.
- Koste W. 1978. Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. 2th ed. Gebruder Borntraeger. Berlin.
- Mc Cauley E. 1984. The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. In: Downing JA and Rigler FH (eds). A manual on methods for the assembling of secondary productivity in fresh waters 2th ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Persoone G. Sorgeloos P. 1980. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*: 3-24 In: Persoone G. Sorgeloos P. Roels O and Jaspers E (eds). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Universa Press. Wetteren. Belgium.

- Saygı YB, Demirkalp FY. 2002. Effects of temperature on survival and growth of *Artemia* from Tuz Lake, Turkey. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh 54(3). 125-133.
- Smith DG. 2001. Pennak's freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea. John Wiley&Sons, United States.
- Strickland JDH, Parsons TR. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. Bulletin of Fish Resources Board Can. Ottawa.
- Tanyolaç J. 2006. Limnoloji. Basım ve Yayın San. Tic. Ltd. Şti. 4. Baskı. Ankara.
- Uygun A, Şen E. 1978. Tuz Gölü Havzası ve Doğal Kaynakları I: Tuz Gölü Suyunun Jeokimyası. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 21; 113-120.
- Wen Z, Zhi-Hui H. 1999. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China. International Journal of Salt Lake Research. 8: 267-285.
- Wen Z, Mian-Ping Z, Xian-Zhong X, Xi-Fang I, Gan-Lin G, Zhi-Hui H. 2005. Biological and ecological features of saline lakes in northern Tibet, China. Hydrobiologia. 541:189-203.
- Wetzel RG, Likens GE. 1991. Limnological analysis. 2nd ed. Springer Verlag, New York.
- Williams WD. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. Hydrobiologia. 381: 191-201.
- Wurtsbaugh WA, Gliwicz ZM. 2001. Limnological control of brine shrimp population dynamics and cyst production in the Great Salt Lake, Utah. Hydrobiologia. 486:119-132.
- Zhao W, He ZH. 1999. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China. International Journal of Salt Lake Research. 8: 267-285.

Japon Balıklarında (*Carassius auratus* L. 1758) Yeme İlave Edilen Probiyotiklerin Büyüme Performansına Etkileri

Levent DOĞANKAYA¹

ÖZET: Bu çalışma, oranda japon balıklarında (*Carassius auratus*, L. 1758) yeme ilave edilen probiyotiklerin büyüme performansı üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla biri kontrol grubu olmak üzere dört gruptan oluşan deneme düzeninde 0 ml kg⁻¹(Kontrol), 1 ml kg⁻¹, 2 ml kg⁻¹ ve 3 ml kg⁻¹ konsantrasyonlarında probiyotik karışımı (*Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*) ticari havuz balığı yemine ilave edilmiştir. 60 günlük deneme sonunda kontrol ve muamele grupları arasında büyüme performansı ve spesifik büyüme oranı bakımından önemli bir fark gözlenmemiştir. Yem dönüşüm oranı ve hepatosomatik indeks bakımından Grup II (2 ml kg⁻¹) tüm gruplardan daha iyi sonuç verirken bu fark istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, 2 ml kg yem⁻¹ düzeyinde probiyotik ilavesinin japon balıklarının sağlıklı büyümesine olumlu katkısı olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Büyüme, *Carassius auratus*, FCR, hepatosomatik indeks, probiyotik

Effects of Dietary Probiotic Supplementation on Growth of Gold Fish (*Carassius auratus* L. 1758)

ABSTRACT: In this study, the effects of dietary probiotic supplementation on growth performance of goldfish (*Carassius auratus*, L. 1758) were evaluated. A 60 days trial was conducted with four groups of probiotics mixture (*Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*) supplemented commercial feeds in rates of 0 ml kg⁻¹ (Control), 1 ml kg⁻¹, 2 ml kg⁻¹ and 3 ml kg⁻¹. Groups with probiotic treated feed showed no statistical difference on weight gain, specific growth rate and feed efficiency. Group II (2 ml kg⁻¹) resulted with better Feed Conversion Ratio (FCR) and hepatosomatic index between all groups including the Control. This results show 2 ml kg⁻¹ probiotic supplementation to goldfish feed may be beneficial for healthy growth.

Key words: *Carassius auratus*, FCR, growth, hepatosomatic index, probiotic

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, Ankara, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Levent DOĞANKAYA, dogankaya@ankara.edu.tr

GİRİŞ

Dünya nüfusu ve hayvansal protein talebindeki artışa ayak uydurmayı başararak en hızlı büyüyen gıda üretim faaliyetlerinden biri olan su ürünleri sektöründe avcılık ve yetiştiricilik üretimi arasındaki denge gün geçtikçe yetiştiricilik lehine değişmektedir (Anonymous, 2016a). FAO verilerine göre 2014 yılında 73,8 milyon ton ile tüm zamanların en yüksek değerine ulaşan yetiştiricilik üretiminin toplam su ürünleri içerisindeki %44,1 olan payının 2030 yılına kadar %62 seviyesine ulaşacağı öngörülmektedir (Anonymous, 2013, FAO, 2016).

Yetiştiricilik üretiminin artmasına paralel olarak su kullanımı, üretim kaynaklı organik atık miktarı ve stoklama yoğunluğu da artmaktadır. Buna bağlı olarak yetiştiricilik ortamında daha fazla strese maruz kalan canlılar hastalık etkenlerine karşı daha savunmasız hale gelmekte ve verim azalmaktadır. Uzun yıllardır sürekli gelişme trendinde olan sektörde kronik bir olguya dönüşen bu problemin çözümü için çok çeşitli yaklaşımlar, araştırmalar ve ticari ürünler gündeme gelmeye devam etmektedir (Naylor et al., 2001; Macey and Coyne, 2005; Reverter et al., 2014)

Su ürünleri alanında bir başka önemli uğraş da akvaryumculuktur. Anket sonuçları akvaryumun hobi olarak fotoğrafçılığın ardından ikinci sırada olduğunu göstermiştir (Hekimoğlu, 2006). Japon balıkları uluslararası pazarda en fazla paya sahip türler arasında yer almaktadır. Ülkemizde japon balığı ismiyle tanınan bu balıklar (*Carassius auratus*, L. 1758) esasen Çin kökenli olup gri ve gümüşü renkli sazan balıklarının doğal mutasyon sonucu turuncu ve sarı renk kazanması ile popüler hale gelmiştir (Roots, 2007; Gümüş ve ark., 2014). İlk kez 1603 yılında Japonya'ya, 1611 yılında da Portekiz üzerinden Avrupa'ya tanıtılan bu balıklar yaklaşık 300 varyetesi ile en popüler akvaryum balığı türlerinden biri haline gelmiştir. Bu balıkların taksonomik sınıflandırması üzerinde tartışmalar olsa da genel ortak görüş doğal ortamda Asya'da *Carassius auratus auratus* ve Doğu Avrupa'da *Carassius auratus gibelio* alt türlerinin bulunduğu şeklindedir (Wheeler 1977; Kottelat, 1998; Wheeler, 2000; Hanfling et al., 2005)

Japon balıklarının akvaryumlarda bakılmasında en sık karşılaşılan problemlerden biri yüzme bozukluklarıdır.

Varyetelerin geliştirilmesi sırasında vücut formları iyice bozulan bu balıklar güzel görüntülerine karşın yüzme konusunda oldukça sorunludur (Blake et al., 2009). Vücut formuna müdahale edilemeyeceğinden yapılabilecek tek şey balıkların sağlıklı beslenmesi ve hem vücut indekslerinin hem de sindirim kanalındaki dengenin sağlanması olacaktır. Yine bu balıklarda en çok görülen problemlerden biri kuru peletler ile besleme sonucu kabızlık ve diğer sindirim sistemi sıkıntılarıdır. Bu durumun balığın sağlığını olumsuz etkilediği gibi sudaki dengesi üzerinde de etkili olduğu düşünülmektedir (Anonymous, 2016b). Japon balığı besleyenlerin en çok başvurduğu uygulama balıkları haftada bir iki gün aç bırakmak ya da haşlanmış lifli sebzeler ile beslemektir. Canlıların sindirim sistemini düzenlemede de etkili olduğu bilinen probiyotikler bu anlamda oldukça kullanışlı olabilecektir (Kesarcodi-Watson et al., 2008; Wang, 2011).

Probiyotik ve prebiyotikler, su canlılarında da kullanılabilirliği keşfedilerek profilaktik uygulama ve büyümeyi destekleme amacıyla balık yetiştiriciliğinde araştırmalara konu olmaya başlamış canlı mikroorganizmalar ve bunların ürünleridir (Gatesoupe, 1999; Irianto and Austin, 2002; Balcazar et al., 2006; Wang et al., 2008). Çeşitli tanımları 1970'li yıllardan beri ortaya koyulan probiyotikler çiftlik hayvanları, kümes hayvanları ve balıklarda kullanılan ve üzerinde araştırma yapılan yem katkılarıdır (Alak ve Atamanalp, 2012). Probiyotiklerle birlikte prebiyotikler de gittikçe genişleyen bir kullanım alanına sahiptir (Ringo et al., 2010; Daniels and Hoseinifar, 2014).

Yunanca "pro bios" kelimesinden köken alan ve "ömür boyu" anlamına gelen probiyotik kelimesi insan ve hayvanlara faydalı mikroorganizmalar için kullanılmaktadır (Soccol et al., 2010). *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* ana probiyotik grupları olmakla birlikte *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Bacillus* ve mayaların da bu potansiyele sahip olduğuna dair bilgiler mevcuttur (Gomez-Gil et al., 2000; Gatesoupe, 2007; Soccol et al., 2010).

Su ürünlerinde kullanılan probiyotikler mevcut antimikrobiyal maddeler ile benzer sonuçlar verdiğinden antibiyotik direnci problemini ortadan kaldırmada önemli bir alternatif olarak görülmektedir (Balcazar et al., 2006).

Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğindeki hızlı gelişimle birlikte hastalıklara dayanım, büyüme ve yem etkinliği gibi parametrelerin geliştirilmesi ihtiyacı probiyotiklerin akuakültürde kullanımına zemin hazırlamıştır (Gatesoupe, 1999; Balcazar et al., 2006). Su canlılarında ilk olarak 1986 yılında hidrobiyontlar üzerinde test edilen probiyotiklerin su ürünlerinin stres toleransını artırdığı, üremeyi desteklediği ve besinlerin sindirimini kolaylaştırdığına dair çok sayıda bulgu mevcuttur (Martinez Cruz et al., 2012).

Bu çalışmada, akvaryumların popüler bir balığı olan oranda japon balıklarında (*Carassius auratus*, L. 1758) yeme ilave edilen probiyotiklerin büyüme performansı, yaşama oranı ve yem değerlendirme parametreleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Ünitesinde yürütülmüştür. Deneyler için aynı ünitenin tedarik biriminden temin edilen oranda japon balıkları (*Carassius auratus*, Linnaeus 1758) kullanılmıştır.

Bir kontrol ve üç muamele grubunda 3 tekerrürlü yürütülen deneyler için ortalama ağırlıkları 8.83 ± 0.16 g olan balıklar her tekerrürde 8 adet balık olacak şekilde 100L su hacmine sahip fiberglastanklara yerleştirilmiştir. Bir kuru hava pompasına bağlı hava taşları ile tanklarda

sürekli olarak havalandırma yapılmıştır. Her bir tanka ısıtıcı yerleştirmek yerine tankların bulunduğu oda sıcaklığı $21.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ değerinde tutulmuştur. Taban kısmında konik toplayıcı bulunan tanklarda su kalitesini korumak için periyodik (günlük ve haftalık) bakım yapılarak rutin temizlik gerçekleştirilmiştir. Yine su kalitesi takibi için tanklarda düzenli olarak çözünmüş oksijen, sıcaklık ve pH ölçülmüştür.

Deneylerde kullanılan yemler her grup için gerekli probiyotik miktarının piyasadan temin edilen ticari yemlere ilave edilmesi suretiyle hazırlanmıştır. Bu amaçla probiyotik karışımı (*Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*; distile su, tuz, kalsiyum oksit, magnezyum oksit) mikrosprey yardımıyla havuz balığı yemi (Çizelge 1) üzerine 0 ml kg^{-1} , 1 ml kg^{-1} , 2 ml kg^{-1} ve 3 ml kg^{-1} dozlarında püskürtülerek homojen şekilde karışması sağlanmış ve her tekerrüre ait yem oda sıcaklığında kurutulduktan sonra ayrı bir plastik kutuya koyularak etiketlendikten sonra güneş ışığı almayacak şekilde muhafaza edilmiştir. Uygulama farkını ortadan kaldırmak üzere Kontrol grubu yemine sadece saf su püskürtülmüştür. İleriki hesaplamalarda kullanılmak üzere her tekerrüre ait yem ağırlığı tartılarak not edilmiştir.

Deneme gruplarına yerleştirilen tüm balıkların bireysel ağırlıkları 0.01 g hassasiyetli Kern marka dijital terazi ile ölçülerek kaydedilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan ticari hazır yem kompozisyonu *

Besin Maddesi	Oran (%)	Katkı Maddeleri	Miktar
Protein	28.0	Vitamin A	28 800 IU kg^{-1}
Yağ	3.5	Vitamin D3	1 800 IU kg^{-1}
Lif	2.0	Vitamin E	95 mg kg^{-1}
Kül	7.0	L-ascorbyl-2-polyphosphate	137 mg kg^{-1}
Nem	7.0	Koruyucu ve Renklendirici	EEC limiti

* Üretici firma tarafından beyan edilmiştir

Balıkların deney koşullarına alışması için bir hafta süreyle tüm balıklar kontrol grubu yemiyle günde 2 kez beslenmiştir. Deney başladıktan sonra ise her tekerrüre hazırlanan deneme yemlerinden günde iki kez (08:00 ve

18:00) verilmiştir. 60 gün süren deneyler boyunca her 15 günde bir tekerrürlerdeki tüm balıkların ve yemlerin ağırlıkları dijital hassas terazi ile ölçülüp kayıt altına alınmıştır.

Toplanan veriler ile yapılan hesaplamalarda aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır:

$$\text{Ağırlıkça oransal büyüme (AoB)} = [(W_t - W_i) / W_i] \times 100 \text{ (Akbulut ve ark., 1999)}$$

$$\text{Mutlak ağırlık artışı (AmB)} = (W_t - W_i) / n \text{ (Yıldırım ve ark., 2002)}$$

$$\text{Spesifik büyüme oranı (SGR, \%gün}^{-1}\text{)} = [(\ln W_t - \ln W_i) / T] \times 100 \text{ (Korkut ve ark., 2007)}$$

$$\text{Yem etkinlik oranı (FE)} = (W_t - W_i) / C \text{ (Korkut ve ark., 2007)}$$

$$\text{Yem dönüşüm oranı (FCR)} = C / (W_t - W_i) \text{ (Korkut ve ark., 2007)}$$

$$\text{Gonadosomatik indeks (GSI)} = (GW / W) \times 100 \text{ (Korkut ve ark., 2007)}$$

$$\text{Hepatosomatik indeks (HSI)} = (LW / W) \times 100 \text{ (Korkut ve ark., 2007)}$$

$$\text{Yaşama oranı (YO, \%)} = (N_f / N_i) \times 100 \text{ (Yılmaz Keskin ve Erdem, 2005)}$$

(W_i = balık başlangıç ağırlığı, W_t = balık final ağırlığı, GW: gonad ağırlığı, LW: Karaciğer ağırlığı, C = Tüketilen yem, N_f : Deneme sonundaki balık sayısı, N_i : deneme başlangıcındaki balık sayısı, n: Periyottaki balık sayısı, T = süre)

Verilerin istatistik analizinde IBM-SPSS v.22.0 for Windows paket programı kullanılmış, One-way-Anova (tek yönlü varyans analizi) uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile $P < 0.05$ önem düzeyinde değerlendirilmiştir (Kesici ve Kocabaş, 2007).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme süresince tanklardaki çözünmüş oksijen düzeyi %95 doymuşlukta $7.5 \pm 0.1 \text{ mgL}^{-1}$, pH 7.8 ± 0.1 ve su sıcaklığı $21.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Her 15 günde bir gruplardaki tüm balıkların bireysel ağırlıkları 0.01 g hassasiyetli dijital terazi ile ölçülerek elde edilen deneme sonu ortalama canlı ağırlık, ağırlıkça oransal büyüme ve ağırlıkça mutlak büyüme oranları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme gruplarında ağırlık ortalamaları ve büyüme oranları

Gruplar	Yeme ilave edilen probiyotik miktarı (ml kg^{-1})	Deneme başlangıcı ortalama canlı ağırlık (g)	Deneme sonu ortalama canlı ağırlık (g)	Ağırlıkça oransal büyüme (Ort.)	Ağırlıkça mutlak büyüme (Ort.)
Kontrol	0	8.60 ± 0.22^a	10.01 ± 0.62^a	3.85 ± 2.82^a	0.39 ± 0.28^a
I	1	8.96 ± 0.05^a	9.80 ± 0.90^a	2.61 ± 0.42^a	0.24 ± 0.04^a
II	2	8.92 ± 0.06^a	10.24 ± 0.14^a	3.91 ± 0.17^a	0.38 ± 0.01^a
III	3	8.83 ± 0.09^a	9.74 ± 0.001^a	3.26 ± 0.21^a	0.30 ± 0.026^a

^{ab} Aynı sütundaki aynı harfler istatistik fark olmadığını ifade etmektedir ($p < 0,05$)

Çizelge 2'de görülen ağırlık farkları ve büyüme oranları incelendiğinde en yüksek ağırlık kazancı Kontrol grubunda, en düşük ağırlık kazancı da I. Grupta görüldüğü de 60 gün süreyle probiyotik ilaveli yemlerle beslenen balıkların büyümesi üzerinde istatistiki açıdan önemli bir etki göstermediği ortaya çıkmaktadır.

Agouz ve Anwer (2011), mikotoksin bulaşmış yemlerle beslenen sazan balıklarında %0.2 ve %0.4 oranlarında ticari probiyotik Biogen® ilavesinin ağırlık kazancı diğer performans parametreleri

bakımından daha iyi sonuç verdiğini bildirmiştir. Diğer taraftan tilapyalarda probiyotik katkılı yemlerin ağırlık kazancına etkili olmadığı yönünde sonuçların paylaşıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bunlardan yakın tarihli bir tanesinde probiyotiklerle (*Bacillus* sp.) beslenen tilapya yavrularında ağırlık artışının etkilenmediği belirtilmiştir. (Nakandakare et al., 2013). Mevcut çalışmada ağırlık kazancı ve büyüme oranlarında kontrol ve muamele grupları arasında istatistiki fark bulunmamıştır. Yavaş büyüyen bir tür olan japon

balıklarının deneylerde kullanılan temsilcilerinin hızlı büyüme döneminde olmayan yetişkin bireyler olması bu yönde bir farkın gözlenmemesinde etkili olabilir.

Deneme sonunda hesaplanan spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı, yem etkinlik oranı ve yaşama oranlarına göre SGR ve FE bakımından gruplar arasında istatistik olarak önemli fark görülmezken FCR değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. En iyi FCR değeri II. grupta görülürken I. Grup en kötü

değeri sergilemiş, Kontrol ve III. Gruplar ise istatistik açıdan aynı bulunmuştur (Çizelge 3). İstatistik olarak fark bulunmasa da canlı ağırlık kazancı bakımından da diğer muamele gruplarından daha yüksek sonucun gözlemlendiği 2 ml kg⁻¹ probiyotik ilave edilmiş II. Grup istatistik olarak önemli farkla üstün olduğu FCR bakımından da bu deneme tertibinde ideal katkı oranı olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 3. 60 gün sonunda spesifik büyüme oranı (SGR), yem dönüşüm oranı (FCR), yem etkinlik oranı (FE) ve yaşama oranları (YO)

	Kontrol 0 ml kg⁻¹	Grup I 1 ml kg⁻¹	Grup II 2 ml kg⁻¹	Grup III 3 ml kg⁻¹
Spesifik büyüme oranı SGR (%gün⁻¹)	0.10±0.07 ^a	0.07±0.007 ^a	0.11±0.00 ^a	0.09±0.007 ^a
Yem etkinlik oranı FE	0.60±0.52 ^a	0.40±0.04 ^a	0.53±0.08 ^a	0.62±0.04 ^a
Yem dönüşüm oranı FCR	1.88±0.29 ^{ab}	2.47±0.26 ^a	1.36±0.48 ^b	1.59±0.10 ^{ab}
Yaşama oranı YO (%)	93.75	100.00	100.00	100.00

^{ab} Aynı satırdaki aynı harfler istatistik fark olmadığını ifade etmektedir (p<0,05) Değerler Ortalama±Standart Sapma şeklinde verilmiştir.

Deneme sonundaki yaşama oranlarına bakıldığında probiyotikli yemlerle beslenen grupların tümünde %100 olduğu ve Kontrol grubundan yüksek gerçekleştiği görülmüştür. Su canlılarında bağışıklık üzerinde olumlu etkileri yapılan hemen her çalışmada ((Nikoskelainen et al., 2003; Balcazar et al., 2007; Nayak, 2010) onaylanan probiyotiklerin bu olumlu etkisi yanında sindirim kanalını düzenleyici ve iyileştirici etkisi bu çalışmada da kendini göstermiştir. Probiyotik ilaveli yemlerle beslenen gruplarda

haftada bir aç bırakma ya da lifli sebze takviyesi gibi geleneksel uygulamalara başvurulmadığı halde hiçbir sindirim sorunu ortaya çıkmamış ve tüm muamele gruplarında yaşama oranı % 100 gerçekleşirken kontrol grubunda balık ölümleri görülmüştür. Her grubu temsilen tesadüfi olarak seçilen balıklar arasında sayıca çoğunlukta olan dişiler ayrılıp karaciğer ve gonad ağırlıkları tespit edilerek gonadosomatik indeks ve hepatosomatik indeks değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Gonadosomatik indeks (GSI) ve Hepatosomatik indeks (HSI) değerleri

	Kontrol 0 ml kg⁻¹	Grup I 1 ml kg⁻¹	Grup II 2 ml kg⁻¹	Grup III 3 ml kg⁻¹
Gonadosomatik indeks (GSI)	5.65 ^c	10.40 ^a	2.67 ^d	10.01 ^b
Hepatosomatik indeks (HSI)	1.63 ^d	2.71 ^b	2.33 ^c	3.14 ^a

^{ab} Aynı satırdaki aynı harfler istatistik fark olmadığını ifade etmektedir (p<0,05)

Her iki indeks bakımından da (GSI, HSI) hem Kontrol grubu ile muamele grupları arasında hem de muamele gruplarının kendi aralarındaki farklar istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Tüm muamele

gruplarının HSI değerleri Kontrol grubundan daha yüksek bulunurken, en düşük GSI değeri 2 ml kg⁻¹ grubunda hesaplanmıştır.

Probiyotiklerin *Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops*, *Xiphophorus helleri* ve *Xiphophorus maculatus* gibi canlı doğuranlarda gonadosomatik indeksi artırdığını bildiren çalışmalar mevcuttur (Ghosh et al., 2007; Abasali and Mohamad, 2010). Bu çalışmada da 1 ml kg⁻¹ ve 3 ml kg⁻¹ değerlerinde kontrol grubuna göre çok daha yüksek GSI değerleri hesaplanmıştır. İkinci gruptaki değerler dramatik şekilde düşük oluşu denemede kullanılan balıklarda yumurta gelişiminin başlamış olması ve tesadüfi seçilen örneklerde olgunluk seviyesine bağlı farklılık bulunmasıyla açıklanabilir.

Standen et al. (2013) probiyotikli yemle beslemenin tilapyalarda HSI değerlerinde bir fark yaratmadığını belirtirken benzer şekilde Varela et al. (2010) çipura balıklarında verilen probiyotiklerin ağırlık kazancı, SGR ve GSI değerlerinde istatistik olarak önemli bir fark göstermediğini bildirmiştir. Aksine bizim çalışmamızda HSI değerleri kontrol de dahil olmak üzere tüm gruplarda istatistik açıdan önemli fark sergilemiş, probiyotikle beslenen grupların tümünde kontrol grubundan yüksek hesaplanmıştır (p<0.05).

SONUÇ

Akvaryum balıkları çoğunlukla amatörler tarafından bakılmakta ve ciddi paralar ödedikleri balıkları sağlıklı ve uzun yaşatabilmek için daha da çok masraf yaparak çeşitli ilaç ve kimyasallara başvurulmaktadır.

Benzer şekilde kültür balıkçılığında da özellikle antimikrobiyal maddelerin kullanımı gündeme gelerek tartışma ve yasaklamalara konu olmaktadır. Probiyotik

ve prebiyotikler son yıllarda giderek daha fazla ilgi çeken ve insanlardan balıklara kadar kullanım alanı genişleyen doğal ve umut vadeden maddelerdir.

Çeşitli su canlılarında araştırmalara konu olmaya devam eden probiyotik ve prebiyotiklerin etki mekanizmalarının tam olarak anlaşılması ve bunlardan sağlanacak faydanın maksimize edilebilmesi için biyolojik, histolojik ve mikrobiyolojik çalışmaların genişletilerek devam ettirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular akvaryumların en popüler türlerinden olan oranda japon balığında (*Carassius auratus*) 2 ml kg⁻¹ probiyotik ilavesinin balıkların büyüme performansı üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadan yaşama oranını artırdığını ortaya koymuştur.

TEŞEKKÜR

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda değerli katkılarından ötürü Tolga Çoşkun, Tansu Gültekin ve Ertan Alptekin'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Deney Hayvanı Üretici / Kullanıcı / Tedarikçi Kuruluş Çalışma İzni (Çalışma İzin Numarası: 110) ile faaliyet gösteren Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Ünitesi Laboratuvarlarında, Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 24.02.2016 tarih ve 2016-5-57 sayılı izin kararı çerçevesinde yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abasali H, Mohamad S, 2010. Effect of dietary supplementation with probiotic on reproductive performance of female livebearing ornamental fish. *Research Journal of Animal Sciences*, 4(4): 103-107.
- Agouz HM, Anwer W, 2011. Effect of Biogen® and Myco-Ad® on the growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) fed a mycotoxin contaminated aquafeed. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6(3): 334.
- Akbulut B, Şahin T, Erteken A, Aksungur M, Gündoğan N, 1999. Deniz kafeslerinde yetiştirilen alabalıklarda ekonomik başlangıç ağırlığının tespiti projesi. TAGEM/IY/96/127004.
- Alak G, Atamanalp M, 2012. Su ürünleri yetiştiriciliğinde probiyotik ve prebiyotik kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1), 62-68.

- Anonymous, 2013. FISH TO 2030 Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report Number 83177-GLB. Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03.
- Anonymous, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture, Opportunities and Challenges. Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome, 2014.
- Anonymous, 2016a. FAO Fisheries and Aquaculture Department Statistical Collections. <http://www.fao.org/fishery/statistics/collections/en> (Erişim tarihi: 14 Ekim, 2016).
- Anonymous, 2016b. Aquarium Fish Constipation. <http://www.fishchannel.com/fish-health/disease-prevention/fish-constipation-food.aspx> (Erişim tarihi: 14 ekim, 2016).
- Balcázar JL, De Blas I, Ruiz-Zarzuola I, Cunningham D, Vendrell D, Múzquiz JL, 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Veterinary microbiology*, 114(3): 173-186.

- Balcázar JL, De Blas I, Ruiz-Zarzuola I, Vendrell D, Gironés O, Muzquiz JL, 2007. Enhancement of the immune response and protection induced by probiotic lactic acid bacteria against furunculosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). FEMS Immunology & Medical Microbiology, 51(1): 185-193.
- Blake RW, Li J, Chan KHS, 2009. Swimming in four goldfish *Carassius auratus* morphotypes: understanding functional design and performance employing artificially selected forms. Journal of fish biology, 75(3): 591-617.
- Daniels C, Hoseinifar SH, 2014. Prebiotic applications in shellfish. Aquaculture nutrition: gut health, probiotics and prebiotics, 401-418.
- Gatesoupe FJ, 1999. The use of probiotics in aquaculture. Aquaculture, 180(1): 147-165.
- Gatesoupe FJ, 2007. Live yeasts in the gut: natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. Aquaculture, 267(1): 20-30.
- Ghosh S, Sinha A, Sahu C, 2007. Effect of probiotic on reproductive performance in female livebearing ornamental fish. Aquaculture Research, 38(5): 518-526.
- Gomez-Gil B, Roque A, Turnbull JF, 2000. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. Aquaculture, 191(1): 259-270.
- Gümüş E, Kanyılmaz M, Güllü İ, Sevgili H, 2014. Antalya Bölgesindeki süs balığı üreten işletmelerin yapısal ve teknik analizi: II. teknik özellik ve pazarlama durumları. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 6(2): 32-38.
- Hänfling B, Bolton P, Harley M, Carvalho GR, 2005. A molecular approach to detect hybridisation between crucian carp (*Carassius carassius*) and non-indigenous carp species (*Carassius* spp. and *Cyprinus carpio*). Freshwater Biology, 50(3): 403-417.
- Hekimoğlu MA, 2006. Akvaryum Sektörünün Dünyadaki ve Türkiye'deki Genel Durumu. Su Ürünleri Dergisi, 23(2): 237-241.
- Irianto A, Austin B, 2002. Probiotics in aquaculture. Journal of fish diseases, 25(11): 633-642.
- Kesarcodi-Watson A, Kaspar H, Lategan MJ, Gibson L, 2008. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. Aquaculture, 274(1): 1-14.
- Kesici T, Kocabaş Z, 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayın No:94, 369 s.
- Korkut AY, Kop A, Demirtaş N, Cihaner A, 2007. Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. Su Ürünleri Dergisi, 24(1-2): 201-205.
- Kottelat M, 1998. Environmental Biology of Fishes. 51: 116. doi:10.1023/A:1007452304138
- Macey BM, Coyne VE, 2005. Improved growth rate and disease resistance in farmed *Haliotis midae* through probiotic treatment. Aquaculture, 245: 249-261.
- Martínez Cruz P, Ibáñez AL, Monroy Hermosillo OA, Ramírez Saad HC, 2012. Use of probiotics in aquaculture. ISRN microbiology, 2012;2012:916845.
- Nakandakare IB, Iwashita MKP, Dias DD, Tachibana L, Ranzani-Paiva MJT, Romagosa E. 2013. Growth performance and intestinal histomorphology of Nile tilapia juveniles fed probiotics. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 35(4), 365-370.
- Nayak SK, 2010. Probiotics and immunity: a fish perspective. Fish & shellfish immunology, 29(1): 2-14.
- Naylor RL, Goldberg RJ, Primavera J, Kautsky N, Beveridge MCM, Clay J, 2001. Effects of aquaculture on world fish supplies. Issues Ecol, 8:1-12.
- Nikoskelainen S, Ouwehand AC, Bylund G, Salminen S, Lilius EM, 2003. Immune enhancement in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by potential probiotic bacteria (*Lactobacillus rhamnosus*). Fish & shellfish immunology, 15(5): 443-452.
- Reverter M, Bontemps N, Lecchini D, Banaigs B, Sasal P, 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. Aquaculture, 433: 50-61
- Ringø E, Olsen RE, Gifstad TØ, Dalmo RA, Amlund H, Hemre GI, Bakke AM, 2010. Probiotics in aquaculture: a review. Aquaculture Nutrition, 16(2): 117-136.
- Roots C, 2007. Domestication. Westport, Conn: Greenwood Press. 199 p.
- Socol CR, Vandenberghe LPDS, Spier MR, Medeiros, ABP, Yamaguchi CT, Lindner, JDD, Pandey A, Thomaz-Socol, V, 2010) The potential of probiotics: a review. Food Technology and Biotechnology, 48(4): 413-434.
- Standen BT, Rawling MD, Davies SJ, Castex M, Foey A, Gioacchini G, Carnevali O, Merrifield DL, 2013. Probiotic *Pediococcus acidilactici* modulates both localised intestinal-and peripheral-immunity in tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish & shellfish immunology, 35(4): 1097-1104.
- Varela, JL, Ruiz-Jarabo I, Vargas-Chacoff L, Arijo S, León-Rubio JM, García-Millán I, Martín del Río MP, Moriñigo MA, Mancera JM, 2010. Dietary administration of probiotic Pdp11 promotes growth and improves stress tolerance to high stocking density in gilthead seabream *Sparus auratus*. Aquaculture, 309(1): 265-271.
- Wang Y, 2011. Use of probiotics *Bacillus coagulans*, *Rhodopseudomonas palustris* and *Lactobacillus acidophilus* as growth promoters in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fingerlings. Aquaculture Nutrition, 17(2): 372-378.
- Wang YB, Li JR, Lin J, 2008. Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. Aquaculture, 281(1): 1-4.
- Wheeler A, 2000. Status of the crucian carp, *Carassius carassius* (L.) in the U.K. Fisheries Management and Ecology, 7: 315 – 322.
- Wheeler A, 1977. The origin and distribution of the freshwater fishes of the British Isles. Journal of Biogeography, 4: 1 – 24.
- Yıldırım Ö, Değirmenci A, Kocaman EM, 2002. Albino ve normal pigmentli gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın yem değerlendirme, büyüme ve et kaliteleri bakımından karşılaştırılması. Journal of the Faculty of Agriculture, 33(3): 301-307.
- Yılmaz Keskin E, Erdem M, 2005. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliğinde farklı oranlarda ekstrüde yem kullanımının balıkların gelişmesine etkisi. SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 1(1): 49-57.

Erzurum İli'nde Arpanın Üretim Maliyeti

Ahmet Semih UZUNDUMLU¹, Ayşe SEZGİN¹

ÖZET: Erzurum ilinde en fazla üretimi yapılan beş ürün Arpa, Buğday, Şekerpancarı, Ayçiçeği ve Patatestir. Çalışmanın amacı 1 kg arpanın maliyetini tespit etmektir. Çalışmanın verileri 2012 yılına ait olup, Horasan, Şenkaya, Pasinler, Köprüköy, Yakutiye, Aziziye ve Palandöken ilçelerinden 94 hane halkı ile yapılan yüz yüze görüşmelerden elde edilmiştir. İşletmelerin dekara elde ettikleri ortalama GSÜD 201.66 TL ve değişen masrafları 158.99 TL olup, toplam üretim maliyeti 223.74 TL, brüt kar 42.67 TL ve net kârı -22.28 TL olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 1 kg arpanın maliyeti 0.72 TL olarak tespit edilmiştir. Arpa üretiminde 2012 yılında saman fiyatlarının prim yapmasına rağmen çiftçiler zarar etmişlerdir. Bu üründe çiftçiler istenilen seviyede kazanç elde edebilmesi için ürün verimini artırması ve üretim maliyetini düşürmesi gerekmektedir. Ayrıca hem ürün hem de yan ürün fiyatlarının da piyasada makul boyutlarda olması gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler: Arpa, Brüt kar, GSÜD, Ürün maliyeti

Cost of Barley in Erzurum Province

ABSTRACT: There are five products made most production in Erzurum province. These products are barley, wheat, sugar beet, sunflower and potato, respectively. In this study is to examine cost of one kg barley. The study data were obtained from Horasan, Senkaya, Pasinler, Koprakoy, Yakutiye, Aziziye and Palandoken district, with face to face interviews from 94 households in 2012. As TRY da⁻¹ Total Production Cost (TPC), Gross Production Value (GPV), Total Variable Cost (TVC), Gross Profit (GP) and Next Profit (NP) calculated 223.74, 201.66, 158.99, 42.67 and -22.28, respectively. Also the cost of barley was determined as 0.72 TRY kg⁻¹. In spite of, high straw price, Farmers has economic losses barley production in 2012. Farmers are to obtain revenue in the desired level both should increase product yield and decrease product cost. Also both product and by-products price should be reasonable level in the market.

Keywords: Barley, Gross profit, Gross production value, Production cost.

¹ Ataturk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ahmet Semih UZUNDUMLU, asuzsemi@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Arpa tek yıllık uzun gün bitkisi olup ve değişik gün uzunluklarına da adepte olabilmektedir. Tahıl grupları arasında 5-8 kardeş ile en çok kardeşlenendir. Bitki uzunluğu 35-100 cm arasında ve başaklanma durumu ortalama 8-15 cm uzunluğunda 2, 4 ve 6 sıralıdır. Yapısı %9-13 ham protein ve %67 kadar da karbonhidrat içermektedir. Arpa bitkisinin en yaygın kullanım alanı hayvan yemi ve malt sanayisi olarak bilinmektedir. Arpanın yem değeri mısırın %95'ine tekabül etmektedir. Bira üretiminde kullanılan malt çoğunlukla, iki sıralı beyaz arpadan sağlanmaktadır (Anonim, 2012 a).

Dünyada arpa ekim alanı 48.6 milyon ha olup, 7.7 milyon ha üretim alanı ile Rusya ilk sırada, 3.7 milyon ha üretim alanı ile Ukrayna ikinci, 3.69 milyon ha üretim alanı ile Avustralya üçüncü ve 2.9 milyon ha üretim alanı ile Türkiye 4. Sırada yer almaktadır. Dünyada 1.3 milyar ton arpa üretilmekte olup, Türkiye 7.6 milyon tonluk üretimle dünya arpa üretiminin %0.6'sını oluşturmaktadır (Anonim 2012 b). Türkiye'de ortalama arpa verimi 240 kg da⁻¹ olup, il bazında üretilen arpa miktarı olarak 1. sırayı Konya almakta ve bunu sırasıyla Ankara, Urfa ve Afyon izlemektedir. Üretim alanı bakımından Erzurum ili 24., üretim bakımından 32. ve verim bakımından 72. sırada yer almaktadır (Anonim 2012 c).

Üretimde verimliliği ve kaliteyi optimize etmek için, üretim faaliyetinde kullanılan üretim faktörlerinin daha etkin kullanılması ile yakından alakalıdır. Sertifikalı tohum, toprak kalitesi, işletmecinin girişimciliği, uygulanan sulama yöntemi ve sulama miktarı, uygulanan gübreler ve kullanım dozları, uygun zamanda hastalık ve haşerelere karşı ilaçlamanın etkin dozda kullanılması, uygun ekim-hasat işlemlerinin yapılması işletmelerin başarısını artırmaktadır (Topcu et al., 2010).

Maliyet, kısmi bütçeleme tekniği yardımı ile cari dönem sonu gelir ve gider tabloları kullanılarak, iki farklı aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada işletmelerin dönem sonu cari fiyatlarla ürün satışları karşılığında elde edilen üretim değerine karşılık gelen gayrisafi üretim değeri (GSÜD) hesaplanmaktadır. İkinci aşamada ürün üretimi

ile ilgili faaliyet birimine katılan değişir ve sabit masraflar dikkate alınmaktadır. Üretim dönemindeki ekonomik faaliyet sonucu elde edilen tarımsal ürünlerin değerini ifade eden GSÜD'den değişir masrafların çıkarılmasıyla Brüt Kâr elde edilmekte ve üretim masraflarının çıkarılması ile de Net Kâr hesaplanmaktadır (Uzundumlu ve Topcu 2012).

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmanın temel verileri 2012 yılında yapılan anket çalışmasından elde edilmiştir. Erzurum İlinin Horasan, Şenkaya, Pasinler, Köprüköy, Yakutiye, Aziziye ve Palandöken olmak üzere 7 ilçesinde arpa üretimi yapan 94 üretici ile görüşülmüştür. Çalışmanın ikincil verileri ise araştırma makaleleri, raporlar, istatistik kurumların yayınlanmış olduğu verileri ile Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlükleri kayıtlarında oluşmaktadır.

Metot

Örnek büyüklüğünün tespiti

2011 yılı TÜİK verilerine göre Erzurum ilinde arpa üretiminin yoğun bir şekilde yapıldığı ilçeler belirlenmiştir. Bu ilçelerde üretimin yoğun olduğu köylerde ÇKS'ye kayıtlı en fazla arpa üretimi yapılan ilçelerdeki işletmelerin işletme büyüklüğü dikkate alınarak, basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Bu örnek büyüklüğünün tespitinde kullanılan formül aşağıda yer almaktadır (Newbold, 1995; Şahin ve ark., 2008; Topcu, 2012; Uzundumlu ve Topcu, 2012). Maksimum örnek büyüklüğüne ulaşmak için p tahmin oranı %50 alınmıştır (Akçay ve Vatanserver, 2013).

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^2 + p(1-p)}$$

Burada;

n : Örnek büyüklüğü (5 429),

N : Erzurum ilinde arpa üretimi yapan işletme sayısı,

P : Arpa yetiştiriciliği konusunda yeterli bilgi sahibi olan üreticilerin oranı (%50),

σ_{px}^2 : Varyansı (0.0026) ifade etmektedir. $\sigma_{px}^2 = (\text{hata oranı} / t_{\text{cetvel}})^2$

Erzurum ilinde 2011 yılında 340 096 da alanda arpa üretimi yapılmakta olup, bu alanın %66'sını oluşturan toplam 5 429 işletme mevcuttur. 7 ilçede %90 güven aralığı ve %10 hata ile 94 anket yapılması kararlaştırılmıştır.

Her bir ilçedeki anket sayıları şu şekildedir; Horasan 34, Şenkaya 20, Pasinler 16, Köprüköy 9, Yakutiye 7, Aziziye 5 ve Palandöken 3 adet olmak üzere toplamda 94 adet anket yapılmıştır.

Maliyet analizinde uygulanan yöntemler

Üretim dönemindeki ekonomik faaliyet sonucu elde edilen tarımsal ürünlerin kıymetini içeren GSÜD'den değişen masrafların çıkarılmasıyla Brüt Kâr ve toplam masraflarının çıkarılması ile de Net Kâr hesaplanmıştır.

Arpa üretimi genelde kıraç arazide yapılmaktadır. Tarla kirası hesaplanmasında, halen kiralanan araziler için ödenen kira bedelleri ve mülk araziler için ise, yörede aynı özellikteki arazinin alternatif kira bedelleri dikkate alınmıştır (Güneş ve ark., 1988; Uzundumlu, 2005).

Arpa üretimi için toprak hazırlığı (1-4. sürüm ve ekim), bakım işlemleri (gübreleme, ilaçlama, çapalama ve sulama), hasat, harman ve nakliye işlemleri (toplama, ayırma, çuvallama, yükleme, boşaltma ve nakliye) masraflarını kapsayan masraflar toplamından oluşan değişir masraflar grubuna dahil edilmiştir.

Diğer taraftan değişir masraflar için yapılan ödemelerin fırsat maliyeti üretim maliyeti kalemleri içerisine dahil edilmektedir (Karadaş, 2000; Tanrıvermiş, 2000; Uzundumlu, 2005; Kızıloğlu ve Erem Kaya, 2008; Kumbasaroğlu ve Dağdemir, 2010).

Döner sermaye faizinin hesaplanmasında, 2010-2011 yılı için T.C. Ziraat Bankası'nın bitkisel üretim kredi faiz oranının (%10) yarısı %5.0 ele alınmıştır. Çünkü bu dönemde bitkisel üretim faaliyet 6 ay söz konusu olacağı düşünüldüğü için bu faiz oranının yarısı dikkate alınmıştır (Güneş ve ark., 1988; Uzundumlu, 2005).

Genel idare masrafları toplam değişir masrafların %2-9 arasında değişmekte olup çalışmada %3 olarak alınmış ve sabit masraf olarak maliyet hesabına dâhil edilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Erzurum ilinde arpa üretiminde değişir ve sabit masraf kalemleri, dağılımları, faaliyet dönemi sonunda elde edilen toplam GSÜD değerleri, ürünün ortalama satış fiyatı, brüt ve net kâr ile arpanın kg maliyeti hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Değişir masrafların toplam üretim masrafları içerisindeki payı %71.06 iken sabit masrafların payı ise %28.94 olarak belirlenmiştir. Değişir masraflar içerisinde %32.98'ini toprak hazırlığı, %22.21'ini bakım, %40.06'sını hasat-harman ve %5.00'ünü de döner sermaye faizi oluşturmaktadır. Sabit masrafların da %7.37'sini genel idare giderleri, %30.69'unu sabit varlıkların amortismanı, 61.94'ünü tarla kirası oluşturmaktadır. İşletmelerin dekara elde ettikleri ortalama GSÜD 201.66 TL ve değişen masrafları 158.99 TL olup, brüt kar 42.67 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

GSÜD 201.66 TL ve toplam üretim maliyeti 223.74 TL olup, net kâr ise -22.28 TL da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bir kg arpanın maliyeti 0.72 TL olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Arpa üretim maliyeti kalemleri, GSÜD ve Bütüt-Net kar hesabı.

Üretim işlemleri	İşlem Tarihi	Kullanılan işgücü ve çeki gücü				Kullanılan Ekipmanlar	Kullanılan Materyal			Toplam Masraf (TL)
		İşgücü		Çeki gücü			Cinsi	Miktar (kg da-1)	Tutar (TL)	
		Saat	Tutar (TL)	Saat	Tutar (TL)					
I. Toprak hazırlığı										
a. Birinci sürüm	Kasım	0.34	1.52	0.34	9.55	Pulluk				52.44
b. İkinci sürüm	Nisan	0.15	0.76	0.15	4.96	Kazayağı				11.07
c. Ekim	Nisan	0.15	0.76	0.15	4.96	Mibzer				5.72
d. Toprak kapama	Nisan	0.15	0.76	0.15	4.96	Merdane	Tohum	27.28	24.47	5.59
II. Bakım										
a. Gübreleme	Nisan-Mayıs	0.06	0.28	0.06	2.30	Gübre Dağıtıcı	Gübre	24.86	25.97	28.55
b. Sulama	Ağustos-Eylül	1.05	5.25	0.05	1.25	Salma sulama				6.50
c. İlaçlama	Nisan-Mayıs	0.005	0.03	0.005	0.01	Pülverizatör	İlaç	0.03	0.2	0.24
III. Hasat-harman										
a. Biçme	Eylül-Ekim	0.67	3.45	0.11	3.36	Tıpa, Traktör veya biçer				63.69
b. Demet ve Yiğim Yapma	Eylül-Ekim	1.26	6.28	0.07	1.85	El ve traktör turm.				6.81
c. Patos	Eylül-Ekim	0.47	2.33	0.47	3.77	Patos				8.13
d. Gezer Döğer	Eylül-Ekim	0.09	0.43	0.09	2.50	Gezer döğer				6.10
e. Biçer Döğer	Eylül-Ekim	0.04		0.04		İbiçer döğer				2.93
f. Çuvallama	Eylül-Ekim	0.54	2.70			Çuval		4.84		6.43
g. Taşma	Eylül-Ekim	0.92	4.55	0.92	13.71					7.54
h. Tamir ve Bakım Masrafı	Eylül-Ekim									18.26
IV. Döner sermaye faizi (I+II+III)*%5										
A-Değişen Masraflar Toplamı (I+II+III+IV)										
a. Genel idare gideri (A*%3)										158.99
b. Sabit varlıkların amortismanı										4.77
c. Tarla kirası										19.87
B. Sabit Masraflar Toplamı (a+b+c)										
C. Üretim Masrafları Toplamı (A+B)										
D. Arpa verimi (kg da⁻¹)										
E. Arpa satış fiyatı (TL kg⁻¹)										
F. Değer (TL da⁻¹) (D*E)										
G. Yan Ürün Geliri (TL da⁻¹)										
H. GSÜD (F+G)										
I. Brüt Kâr (TL da⁻¹) (H-A)										
J. Net Kâr (TL da⁻¹) (H-C)										
K. Birim Maliyet (TL kg⁻¹) (C-G) D⁻¹										

Böylece 2012 yılında üreticiler arpa üretiminde saman fiyatlarının prim yapmasına rağmen zarar etmişlerdir. Arpada çiftçinin istenilen seviyede kazanç elde edebilmesi için ürün veriminin artırılırken ürün ve yan ürün piyasa fiyatının da makul boyutlarda olması gerekmektedir. Üreticilerinin üretim faaliyetinde istenen düzeyde kar elde edememesinin diğer bir nedeni de 2012 de kuraklığın olmasıdır (GTHB, 2013).

Genelde arpada sulama yapmayan çiftçiler yağışlarında olmaması nedeniyle ürün verimi düşük olmuş, bu durum yörede büyükbaş hayvan sayısı olarak Türkiye'de ikinci sırada olması (Anonim, 2014; Yavuz vd., 2015) ve genelde samanla hayvanlarını beslemeleri nedeniyle saman fiyatları prim yapmıştır. Bu nedenle çiftçilerin zararını kapatan saman olmuştur.

İşletmeler kendilerinin hesapladığı maliyette kendi mülkü olan tarla arazisi için kira, işgücü ve makinesi için ücret karşılığı ile öz sermayesi için faiz taleplerini üretim masraflarına ilave etmediği için arpa üretimini çok fazla zararlı olarak kapatmadığını düşünmekte, özellikle saman fiyatının artışı nedeniyle 2013'te de arpa üretim alanını artırması beklenmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Erzurum ilinde arpa üretiminde kullanılan toplam masraf kalemleri, masrafların dağılımları, üretim dönemindeki GSÜD değerleri, ürünün

ortalama satış fiyatı, brüt ve net kâr ile arpa kilogram maliyeti belirlenmiştir. Üretim masrafı içerisinde toplam değişir ve sabit masrafların payı sırasıyla %71.06 ve %28.94 olarak belirlenmiştir.

Değişir masraflar içerisinde %32.98'ini toprak hazırlığı, %22.21'ini bakım,%40.06'sını hasat-harman ve %5.00'ünü da döner sermaye faizi oluşturmaktadır.

Sabit masrafların da %7.37'sini genel idare giderleri,%30.69'unu sabit varlıkların amortismanı, 61.94'ünü tarla kirası oluşturmaktadır. İşletmelerin dekara elde ettikleri ortalama GSÜD 201.66 TL ve değişen masrafları 158.99 TL olup, brüt kar 42.67 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. GSÜD 201.66 TL ve toplam üretim maliyeti 223.74 TL olup, net kârı -22.28 TL da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bir kg arpanın maliyeti 0.72 TL olarak tespit edilmiştir.

Genelde arpada sulama yapmayan çiftçiler yağışlarında olmaması nedeniyle ürün verimi düşük olmuş bu durum yörede büyükbaş hayvan sayısı olarak Türkiye'de ilk sırada olması ve genelde samanla hayvanlarını beslemeleri nedeniyle saman fiyatları prim yapmıştır. Bu nedenle çiftçilerin zararını kapatan saman olmuştur.

İşletmeler kendilerinin hesapladığı maliyette itibari masrafları dikkate almadıkları için arpa üretimini zararlı olarak görmemekte, özellikle saman fiyatının artışı nedeniyle 2013'te de arpa üretim alanını artırması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Akçay, Y ve Vatansver, Ö. 2013. Kırmızı Et Tüketimi Üzerine Bir Araştırma: Kocaeli İli Kentsel Alan Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 043-060.

Anonim 2012 a. Arpa Yetiştiriciliği. http://www.tarimziraat.com/yetistircilik/hububat_yetistirciligi/arpa_yetistirciligi/ [Erişim tarihi: 15/02/2012].

Anonim 2012 b. FAO. <http://faostat.fao.org>. [Erişim tarihi: 20/02/2012].

Anonim 2012 c. TÜİK . <http://www.tuik.gov.tr>. [Erişim tarihi: 30/02/2012].

Anonim 2014. TÜİK . <http://www.tuik.gov.tr>. [Erişim tarihi: 30/05/2016].

GTHB 2013. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Erzurum Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, http://www.tarim.gov.tr/TRGM/Belgeler/Duyurular/2013_2017_Kuraklik_Eylem_Planı.pdf#search=kurakl%C4%B1k [Erişim tarihi: 25/06/2016].

Güneş T, Kırıl T, Bülbül M, Arıkan R, Tatlıdil F, Albayrak N, Çelen H, 1988. Başlıca tarım ürünleri maliyetleri araştırma projesi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Karadağ K, 2000. Erzurum'da patates ekonomisi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Kızıloğlu S, Erem Kaya T, 2008. Erzurum ilinde çerezlik ve yağlık ayçiçeğinin üretim maliyeti; pasinler ilçesi örneği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 39 (2): 175-185.

- Kumbasaroğlu H, Dağdemir V, 2010. Erzurum ilinde tarım makinelerine sahip olan ve olmayan işletmelerde patates, şekerpancarı ve ayçiçeğinin üretim maliyeti. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 7 (2): 15-24.
- Newbold P, 1995. Statistics for Business and Economics. Prentice-Hall International, New Jersey.
- Şahin A, Cankurt M, Günden C, Miran B, 2008. Çiftçilerin risk davranışları: bir yapısal eşitlik modeli uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23 (2): 153-172.
- Tanrıvermiş H, 2000. Orta Sakarya Havzası'nda Domates Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanımının Ekonomik Analizi, Ankara Üniversitesi Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 42, Mayıs 2000, Ankara.
- Topcu Y, 2012. Uygulamalı tarımsal pazarlama araştırma teknikleri ders notları (Basılmamış). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü Erzurum.
- Topcu Y, Uzundumlu AS, Güler İO, 2010. Economic effectiveness analyses of potato farms: the case of erzurum province, Turkey. Scientific Research And Essays 5(17):2560-2566.
- Uzundumlu AS, 2005. Erzurum ili pasinler ilçesinde patates üretim maliyeti ve tarımsal ilaç kullanımının maliyetler üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Uzundumlu AS, Topcu Y, 2012. Erzurum ilinde çerezlik ayçiçeği üretim maliyeti. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2(2,Ek:A):33-40.
- Yavuz F, Sezgin A, Demir O, 2015. Erzurum İli Süt Üretiminde Soğuk Zincir İyi Uygulama Örneklerinin Projelendirilmesi, KUDAKA TRA1/15/DFD nolu Proje Raporu.

Pamukta Farklı Zamanlarda Kesilerek Uzaklaştırılan Tepe Sürgünü Uygulamasının Lif Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkisi*

Mustafa YAŞAR¹, Sema BAŞBAĞ², Remzi EKİNCİ²

ÖZET: Bu çalışma, pamukta farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamasının pamuk lif kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla 2012 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Alanlarında yürütülmüştür. Çalışmada Primera, Deltapine-499, Stoneville-453 ve Berke pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Deneme Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme desenine göre 3 tekrerrürlü olarak kurulmuştur. Uygulama zamanları (Kontrol, ekimden 100, 115, 130 ve 145 gün sonra uç alma) ana parselleri, pamuk çeşitleri ise (Primera, DP-499, STV-453 ve Berke) alt parselleri oluşturmuştur. Çalışmada ekimden 100 ve 115 gün sonra yapılan uç almanın, lif uzunluğunu artırdığı; lif verimi, lif inceliği, kısa lif oranı, lif kopma dayanıklılığı, iplik yapılabirlik indeksi, lif üniformitesi ve lif kopma uzaması özelliklerine ise istatistiki olarak herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Lif kalite özellikleri, lif verimi, pamuk, uç alma

Effects of Topping at Different Times on Fibre Yield and Quality Traits on Cotton

ABSTRACT: This study was conducted in the Research Fields of Faculty of Agriculture, Dicle University in 2012 in order to determine the effects of topping at different stages of growth on fiber yield and quality on cotton. In the study, cotton varieties of Primera, Deltapine 499, Stoneville 453 and Berke (*Gossypium hirsutum* L.) were used as material. The experiment was established using the in completely randomized design in split plots with 3 replications. Application times (control, 100, 115, 130 and 145 days after sowing) constituted the main parcels; the sub-parcels were cotton varieties (Primera, DP-499, STV-453 and Berke). It was determined in the study that topping done 100 and 115 days after sowing date increased the fiber length; had statistically no significant effect on characteristics such as fiber yield, fiber fineness, fiber strength, short fiber index, fiber elongation, spinning consistency index and fiber uniformity.

Key words: Cotton, fiber quality, fiber yield, topping

¹ Tarım Bakanlığı, Tohumluk Tescil Sertifikasyon Müdürlüğü, Çeşit Tescil, Ankara, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Sema BAŞBAĞ, sbasbag@dicle.edu.tr

* Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezinden alınmıştır.

GİRİŞ

Pamuk bitkisi, yaygın ve zorunlu kullanım alanıyla insanlık açısından, yarattığı katma değer ve istihdam olanaklarıyla da üretici ülkeler açısından büyük ekonomik öneme sahip bir üründür. Lifi ile tekstil sanayisinin, pamuk işlenmesi açısından çırçır sanayisinin, tohumu ile yağ ve yem sanayisinin, linteri ile de kağıt ve patlayıcı madde sanayisinin hammaddesi durumundadır. Ülkemiz, tekstil ürünleri üretim ve ticaretinde, dünya liderleri arasında olup, büyük bir tekstil üretim kapasitesine ve potansiyeline sahiptir. Ülkemizde 2015 yılında 434 bin hektar alanda 2.050 bin ton kütlü pamuk üretimi ile 738 bin ton lif üretimi; 810 bin ton lif pamuk ithalatı ve 126 bin ton lif pamuk ihracatı gerçekleşmiştir (TUIK, 2016).

Pamuk bitkisi, sıcaklığın 15 °C'nin altına düşmediği koşullarda yaprak, tarak, çiçek ve koza oluşturarak, sürekli büyüme özelliği gösterir (Brodie, 1989). Pamuğun vejetasyonunun uzun olması, bölgemizde yaşanan erken sonbahar yağmurlarından zarar görmesine neden olmakta, lif kalite özelliklerinde kayıpları oluşturmaktadır. Ayrıca, hatalı kültürel uygulamalar pamuğun vejetasyon dönemini uzatabilmektedir. Erken ve aşırı sulamalar ve dengesiz gübrelemeler bitkinin büyümesini teşvik ederek sürekliliğini sağlayan hatalı kültürel uygulamalardır (Emiroğlu, 2000). Tüm tarımsal ürünlerde olduğu gibi pamuk tarımında da başlıca amaç, pamuk lif kalitesini artırmayı sağlayarak birim alandan daha fazla ve daha kaliteli ürün elde etmektir. Erken sonbahar ile birlikte hava sıcaklıklarındaki düşüş, pamuk bitkisini

sekonder vejetatif gelişime teşvik ederek olgunlaşma gecikmelerine neden olabilmektedir. Farklı dönemlerde pamuk bitkisinde tepe sürgününün kesilmesi ile bitkinin vejetatif gelişimini sınırlayan uygulamaların pamukta erkencilik ve kalite yönünden önemli katkılar sağladığı belirtilmektedir. (Ma et al., 1983; Xu et al., 2001; Dai et al., 2003). Uç alma, pamuğun kalite özellikleri potansiyelini yakından ilgilendiren önemli bir kültürel uygulamadır. Uç alma doğru ve zamanında yapılmazsa lif verimi ve kalitesi yönünden kayıplara neden olabilir (Wang et al., 2014).

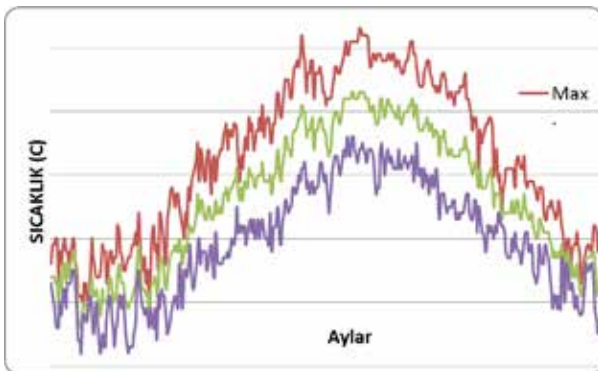
Bu çalışma, Diyarbakır koşullarında pamukta farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamasının lif verimi ve kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi ve incelenen özellikler arası korelasyonların belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

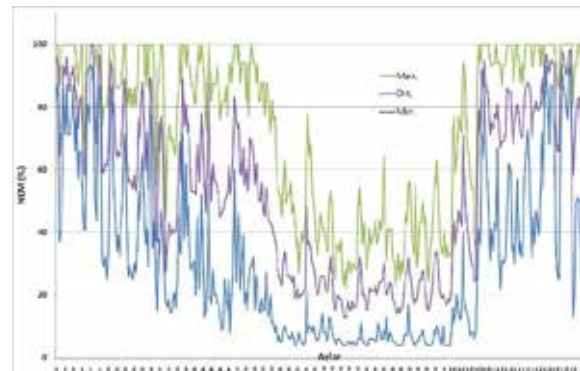
Çalışmada, materyal olarak *Gossypium hirsutum* L. türüne ait Primera, Berke, Stoneville-453 (STV-453) ve Deltapine-499 (DP-499) pamuk çeşitleri kullanılmıştır.

Diyarbakır ili denizden yüksekliği 660 m olup, 37° 541 enlem, 40° 141 boylamındadır. Diyarbakır ilinde yıllık yağışın hemen hemen tamamı Ekim ve Mayıs ayları arasında düşmektedir. Yaz aylarında yağış görülmemekte, hava oransal nemi düşük olduğundan toprak evaporasyonla çok hızlı su kaybetmektedir.

Diyarbakır ilinin 2012 yılına ilişkin günlük sıcaklık değişimleri Şekil 1; günlük nem değişimleri Şekil 2'de verilmiştir (<http://www.wunderground.com/>).



Şekil 1. Günlük sıcaklık değişimleri (2012 yılı)



Şekil 2. Günlük nem değişimleri (2012 yılı)

Denemenin yapıldığı arazi, kırmızı-kahverengi toprak grubunun hakim olduğu Siirt-Diyarbakır-Şanlıurfa yayı üzerinde bulunmaktadır. Bu topraklar düz ve düze yakın eğimlerde, derin ya da orta derin A-B-C profilli zonal topraklar olup, bu toprakların organik madde ve fosfor kapsamı düşük, potasyum ve kalsiyum kapsamı yüksektir. İlin yarı-kurak ve çok sıcak iklim koşulları toprak yapısı üzerine büyük etkiler yapmıştır. Toprak yapısı bakımından ana maddesi ince bünyeli alüvyal materyal ya da kireç taşıdan ibarettir. Killi-tınlı yapıda, tuzluluk sorunu olmayan, toprak profili boyunca % 49-67 arasında değişen yüksek oranlarda kil içerikli, potasyum ve kireç yönünden zengin, hafif alkali reaksiyonlu, topraklardır (GAPUTAEM, 2013).

Çalışma, D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında 2012 yılında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tepe sürgünü uç alma uygulama zamanları (Kontrol, ekimden itibaren 100, 115, 130 ve 145 gün sonra uç alma) ana parselleri, pamuk çeşitleri ise (Berke, Stoneville-453 (STV-453) Deltapine-499 (DP-499), Primera) alt parselleri oluşturmuştur. Deneme, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 15 cm olacak şekilde 12 metre uzunluğundaki parsellere deneme mibzeri ile 03 Mayıs 2012 tarihinde ekilmiştir. Dekara saf olarak 14 kg N ve 7 kg P₂O gelecek biçimde gübreleme yapılmıştır. Azotun yarısı 20-20-0 kompoze gübre formunda ve fosfor'un tamamı ekimle birlikte, ekim mibzeri ile tabana verilmiş, azotun diğer yarısı ise üre gübresi formunda (% 46'lık) birinci sulamada üst gübre olarak verilmiştir. Üst gübreleme sıralar arasına açılan çizilere gübreleme makinası ile verilmek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneme karık usulü ile 7 kez sulanmıştır. Deneme 16.10.2012 tarihinde birinci el ve 02.11.2012 tarihinde ise ikinci el hasadı olarak elle yapılmıştır. Hasat her parselin baş ve son kısmından 1'er metrelik kısımların atılmasından sonra kalan 14 m²'lik (2 sıra x 0.7 m x 10 m) alan üzerinden yapılmıştır. Ekimden 100 (11.08.2012), 115 (26.08.2012), 130 (10.09.2012), 145 (25.09.2012) gün sonra olmak üzere 4 farklı

zamanda tepe sürgünleri, pamuk bitkilerinin ana gövdesinin en üst 10 cm kısmından motorlu budama makinası ile kesilmiştir. Çalışmada, lif verimi (kg/da), lif uzunluğu (mm), lif inceliği (mic.), kısa lif oranı (%), lif kopma dayanıklılığı (g/tex), iplik yapılabirlik indeksi (SCI), lif üniformitesi (%) ve lif kopma uzaması (%) özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, her bir özellik için elde edilen değerler, JMP 5.0.1. (Copyright © 1989-2002 SAS Institute Inc.) istatistik paket programı kullanılarak, istatistiksel yönden analiz edilmiş; ortalamalar, Asgari Önemli Fark (AÖF_{0,05}) Testi uyarınca gruplandırılmış ve incelenen özellikler arasındaki ilişkiler (basit korelasyon katsayıları) belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uç alma uygulama zamanları arasında; incelenen tüm özellikler yönünden çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar saptanmış, lif verimi dışında diğer lif kalite özelliklerinde Çeşit*Uygulama Zamanı interaksiyonları yönünden istatistiki olarak önemli farklılıklar saptanamamıştır.

Lif Verimi (kg da⁻¹): Çizelge 1'den, araştırmada kullanılan çeşitlere ait lif verimi ortalama değerlerinin tüm zamanlarda çeşit ortalamaları yönünden 2 farklı istatistiki grup oluşturduğu ve 170.43 kg da⁻¹ (Berke) ile 189.78 kg da⁻¹ (Primera) arasında değişim gösterdiği izlenebilmektedir. Çeşit * Uygulama Zamanı interaksiyonunda en düşük değer (UZ4) 159.77 kg da⁻¹ ile Berke çeşidinde, en yüksek değer ise (UZ1) 211.32 kg da⁻¹ ile Primera çeşidinden elde edilmiş olup, ortalama lif verimi ise 179,65 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamaları, lif verimi yönünden istatistiki olarak farklılık oluşturmamış; uygulama zamanı geciktikçe, lif veriminde azalmaların çeşide bağlı olarak değiştiği, tüm uygulamaların kontrole göre daha yüksek lif verimi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. sürgünü alma uygulamasının lif pamuk verimini artırabileceği saptanmıştır (Dale, 1959; Ungar et al., 1987; Patterson et al., 1978; Jenkins et al., 1990; Ma

et al., 2004; Obasi and Msaakpa, 2005; Wang et al., 2014).

Lif Uzunluğu (mm): Araştırmada kullanılan çeşitlere ait lif uzunluğu ortalama değerleri, tüm uygulama zamanlarında çeşit ortalamaları yönünden 3 farklı istatistiki grup oluşturmuş, çeşitlerin lif uzunluğu, 29.52 mm (Berke) ile 31.72 mm (STV-453) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamaları arasında iki farklı grubun oluştuğu ekimden 145 gün sonra yapılan uç almanın, ikinci grupta yer aldığı ancak, diğer uygulamaların ise kontrol parsellerinden farklı olmadığı saptanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarla farklılık göstermiştir (Ungar et al., 1987; Gu Benkang et al., 1990; McPherson et al., 1995; Denizdurduran, 2008; Wang et al., 2014).

Lif İnceliği (mic.): Çeşitlere ait lif inceliği ortalama değerlerinin tüm zamanlar açısından çeşit ortalamaları, 2 farklı istatistiki grup oluşturmuştur. Ortalamalar 4.38 mic. (STV-453) ile 5.02 mic. (Primera) arasında değişim gösterdiği; çalışmada kullanılan çeşitler yönünden Primera (5.02 mic.) çeşidinin en kalın; STV-453 (4.38 mic.) çeşidinin ise en ince lif grubunu oluşturduğu uygulama zamanları bakımından lif incelikleri yönünden istatistiki olarak önemli bir farklılık oluşmadığı belirlenmiştir (Wankhade et al., 1986; Aleev et al., 1991; Wang et al., 2014).

Kısa lif oranı (SFI) (%): Tüm zamanların çeşitlere ait ortalamaları kısa lif oranı yönünden 2 farklı istatistiki grup oluşturmuştur. Kısa lif oranı ortalamaları %5.10 (DP-499) %6.56 (Berke) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Uygulama zamanlarının, kısa lif oranı yönünden istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmadığı saptanmıştır (Naguib et al., 1987; Hosny et al., 1995; Obasi and Msaakpa, 2005).

Lif Kopma Dayanıklılığı (g/tex): Çizelge 1'den, uygulama zamanlarının lif kopma dayanıklılığı yönünden istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmadığı ve uygulamaların çeşit özelliğini çok

fazla etkilemediği izlenebilmektedir. Tüm zamanların çeşitlere ait ortalamaları, lif kopma dayanıklılığı yönünden 2 farklı istatistiki grup oluşturmuştur. Ortalamalar, 33.29 g/tex (Primera) ile 34.80 g/tex (Berke) arasında değişmiştir. Bu sonuçlar farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamalarında lif kopma dayanıklılığı yönünden istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (Hosny et al., 1995; Obasi ve Msaakpa, 2005).

İplik Yapılabilirlik İndeksi (SCI): Araştırmada kullanılan çeşitlere ait iplik yapılabilirlik indeksi ortalama değerleri, 165.00 (Berke) ile 185.93 (DP-499) arasında değişim göstermiş olup; DP-499 (185.93) çeşidi en yüksek iplik yapılabilirlik indeksine sahip iken, Berke (165.73) çeşidi ise en düşük iplik yapılabilirlik indeksi değerini vermiştir (Çizelge 1). Farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamalarında iplik yapılabilirlik indeksi yönünden önemli bulunmamıştır (Naguib et al., 1987).

Lif Üniormitesi (%): Çizelge 1'den, araştırmada kullanılan çeşitlere ait lif üniformite ortalama değerlerinin % 85.87 (Berke) ile % 88. (DP-499) arasında değişim gösterdiği; STV-453 (% 85.17) ve Berke (% 85.87) çeşitlerinin en düşük, DP-499 (% 88.00) ve STV (% 87.92) çeşitlerinin ise en yüksek lif üniformite değerine sahip olduğu izlenebilmektedir. Farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamalarında, lif üniformitesi yönünden istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Lif Kopma Uzaması (%): Araştırmada kullanılan çeşitlere ait lif kopma uzaması ortalama değerleri % 5.57 (STV-453) ile % 6.36 (Primera) arasında değişim göstermiş; STV-453 (% 5.57) çeşidi en düşük, Primera (% 6.36) çeşidi ise en yüksek lif kopma uzaması değerlerini oluşturmuştur. Farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamaları lif kopma uzaması yönünden önemli bulunmamıştır (Aleev et al., 1991).

İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları (r) ve önemlilik seviyeleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. İncelenen özelliklere ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

Uygulama Zamanı	Çeşitler	Lif Verimi (kg da ⁻¹)	Lif Uzunluğu (mm)	Lif İnceliği (mic.)	Kısa lif oranı (%)	Lif Kopma Dayanıklılığı (g/tex)	İplik Yapılabilirlik İndeksi (SCI)	Lif Ünitiformitesi (%)	Lif Kopma Uzaması (%)
UZ1	Berke	179.87 def	30.26	4.70	5.77	34.97	174.00	86.73	5.43
	DP-499	175.00 d-g	30.34	4.73	5.30	38.63	190.33	87.67	5.73
	Primera	211,32 a	30.09	4.93	5.77	31.83	166.67	87.77	6.17
	STV-453	164.29 fg	31.77	4.43	6.27	32.60	165.67	85.17	5.40
	Ortalama	182,37	30.61 a	4.69	5.77	34.50	174.16	86.83	5.68
UZ2	Berke	175.73 d-g	29.06	4.90	6.47	34.87	166.00	86.33	5.53
	DP-499	175.51 d-g	30.57	4.82	4.77	38.00	193.67	89.07	6.10
	Primera	202.51 abc	30.70	4.88	5.27	33.70	175.00	87.73	6.17
	STV-453	169.12 efg	32.69	4.09	5.53	34.10	185.00	87.30	5.57
	Ortalama	180.53	30.75 a	4.67	5.50	35.16	179.91	87.60	5.84
UZ3	Berke	176.81 d-g	29.07	4.95	6.77	35.30	163.33	85.47	5.27
	DP-499	204.8 ab	30.83	5.00	5.27	34.47	175.00	87.40	5.93
	Primera	175.25 d-g	30.61	5.02	4.83	32.70	173.67	88.70	6.63
	STV-453	181.52 de	31.41	4.70	6.26	34.32	170.44	85.91	5.71
	Ortalama	184.62	30.48 a	4.91	5.78	34.19	170.61	86.86	5.88
UZ4	Berke	159.77 g	29.06	5.06	7.17	32.93	155.00	85.27	5.03
	DP-499	183.74 de	29.57	4.66	5.37	37.90	184.00	87.37	5.57
	Primera	188.24 bcd	30.43	5.26	5.70	32.60	168.00	87.80	6.33
	STV-453	179.79 def	30.78	4.21	6.23	35.57	180.33	86.47	5.60
	Ortalama	177.71	29.96 b	4.79	6.11	34.75	171.83	86.72	5.63
Kontrol	Berke	160.35 g	30.14	4.61	6.60	36.20	170.33	85.57	5.27
	DP-499	186.6 cd	29.57	4.99	4.77	38.00	186.67	88.47	6.10
	Primera	171.79 d-g	30.24	4.99	5.00	35.63	176.67	87.60	6.50
	STV-453	173.62 d-g	31.93	4.49	6.33	34.20	173.33	85.77	5.57
	Ortalama	173.03	30.47 a	4.76	5.67	36.00	176.75	86.85	5.85
Ortalama	Berke	170.43	29.52 c	4.84	6.56 a	34.85 b	165.73 c	85.87 b	5.31 d
	DP-499	185.10	30.18 b	4.84	5.10 b	37.40 a	185.93 a	88.00 a	5.89 b
	Primera	189.77	30.41 b	5.02	5.31 b	33.29 b	172.00 bc	87.92 a	6.36 a
	STV-453	173.64	31.72 a	4.38	6.12 a	34.16 b	174.95 b	86.12 b	5.57 c
	Ortalama	179.65	30.45	4.77	5.77	34.92	174.65	86.97	5.78
LSD _{0.05}	Çeşit	7.56 **	0.57 **	0.24	0.65 **	1.76 **	7,43 **	0,83 **	0,25 **
	Zaman	ÖD	0.38 *	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
	Çeşit * Zaman	16.91 **	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
CV (%)		5.64	2.50	6.70	15.20	6.77	5.70	1.28	5.91

UZ : Uygulama Zamanı

Çizelge 2. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları (r) ve önemlilik seviyeleri

İncelenene Özellikler	LV	MIC	SCI	LEN	UNF	SFI	STR
Lif İnceliği (MIC)	0,21						
İplik Yapılabilirlik İndeksi (SCI)	0.04	-0.31*					
Lif Uzunluğu (LEN)	-0.09	-0.39**	+0.25				
Lif Üniformitesi (UNF)	0.32*	+0.32*	+0.60**	+0.08			
Kısa Lif Oranı (SFI)	-0.18	-0.22	-0.62**	-0.25	-0.88**		
Lif Kopma Dayanıklığı (STR)	-0.12	-0.18	+0.74**	-0.20	+0.12	-0.14	
Lif Kopma Uzaması (LKU)	0.32*	+0.31*	+0.35**	+0.15	+0.73**	-0.63**	-0.02

** , %1 seviyesinde; * , % 5 seviyesinde önemli

Çizelge 2'den, **lif verimi** ile lif üniformitesi ($r= +0.32^*$), lif kopma uzaması ($r=+0.32^*$) arasında pozitif ve önemli ilişkiler belirlenmiştir. **lif İnceliği** ile iplik yapılabilirlik indeksi ($r= -0.31^*$); lif uzunluğu ($r= -0.39^{**}$) arasında olumsuz önemli; lif üniformitesi ($r= +0.32^*$); lif kopma uzaması ($r= +0.31^*$) arasında olumlu ve önemli; **iplik yapılabilirlik indeksi** ile lif üniformitesi ($r=+0.60^{**}$); lif kopma dayanıklılığı ($r=+0.74^{**}$); lif kopma uzaması ($r=+0.35^{**}$) arasında olumlu önemli; lif inceliği ($r= -0.31^{**}$) kısa lif oranı ($r= -.62^{**}$) arasında olumsuz önemli ilişkiler saptanmıştır. **lif uzunluğu** ile lif inceliği ($r=-0.39^{**}$) arasında olumsuz önemli; **lif üniformitesi** ile kısa lif oranı ($r=-0.88^{**}$) arasında olumsuz önemli; lif kopma uzaması ($r=+0.73^{**}$); iplik yapılabilirlik indeksi ($r=+0.60^{**}$); lif inceliği ($r=+0.32^*$) arasında olumlu önemli ilişkiler belirlenmiştir. Kısa **lif oranı** ile lif kopma uzaması arasında ($r=-0.63^{**}$) olumsuz önemli; iplik yapılabilirlik indexi ($r=-0.62^{**}$); lif üniformitesi ($r=-0.88^{**}$) arasında olumsuz önemli; **lif kopma dayanıklılığı** ile iplik yapılabilirlik indexi ($r=+0.74^{**}$) arasında olumlu önemli; **lif kopma uzaması** ile lif inceliği ($r=+0.31^*$); iplik olabilirlik indeksi ($r=+0.35^{**}$); lif üniformitesi ($r=+0.73^{**}$) arasında olumlu önemli; kısa lif oranı ($r=-0.63^{**}$) arasında olumsuz önemli ilişkiler belirlenmiştir.

SONUÇ

Pamukta farklı zamanlarda kesilerek uzaklaştırılan tepe sürgünü uygulamasının lif verimi ve kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada uç alma uygulamalarının, kontrol

parsellerine göre daha yüksek lif verimi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Pamuk lif verimi yönünden çeşit * uygulama zamanı interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuş, en yüksek lif verimi ekimden 100 gün sonra yapılan uç alma uygulaması ile Primera çeşidinden elde edilmiştir.

Pamuk lif kalite özellikleri yönünden lif uzunluğu hariç diğer özellikler üzerine farklı zamanlarda yapılan uç alma işleminin etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Lif uzunluğu yönünden uygulamalar arasında iki farklı grubun oluştuğu, ekimden 145 gün sonra yapılan uç almanın, ikinci grupta yer aldığı, ancak diğer uygulamaların ise kontrol parsellerinden farklı olmadığı saptanmıştır. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları (r) ve önemlilik seviyeleri açısından lif üniformitesi ile kısa lif oranı arasında olumsuz önemli; lif kopma uzaması; iplik yapılabilirlik indeksi; lif inceliği arasında olumlu önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Bu sonuçların, çeşit, ekolojik şartlar ve kültürel uygulamalarla farklılaştırabileceği; aynı zamanda yapılan çalışmada kimyasal kullanılmamış olmasının, ekotekstil çalışmaları yönünden avantaj oluşturabileceği ve elde edilen sonuçların pamukta erkencilik ve fizyo-morfolojik çalışmalara temel olabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP)'ne bu çalışmaya, DÜBAP 12-ZF-153 proje koduyla sağladıkları desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aleev B, Solonin V, Lesnikovski A, 1991. Field Crops Abstracts 1992. 045-05678.
- Brodie, B.M., 1989. Cotton Production. Delta and Pine Land Company. USA.
- Dai J, Zheng W, Yang JS, 2003. Review on growth and application of cotton monopodial branches. China Cotton 30 (6), 2-5 (in Chinese).
- Denizdurduran N, 2008. Kahramanmaraş Koşullarında Yaprak Döktürücü Uygulama Zamanlarının Pamukta (*G. hirsutum* L.) Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- El-Ganayni A, Fouad E, MH and El-Kirsh IA, 1984. Effect of topping cotton plants on yield and other characteristics, Agric. Res. Rev.; 62(6):157 – 163.
- Emiroğlu ŞH, 2000. Endüstri Bitkileri-I (Lif Bitkileri). Ders Notları.
- GAPUTAEM, 2013. GAP Uluslararası Tarımsal Araştırmalar ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Toprak Laboratuvarları Verileri, Diyarbakır.
- Gu Benkang. CC., Li J and Zhigang J, 1990. Effects of removing basal fruiting branches at squaring stage on cotton yield;. Jiangsu J. of Agric. Sci.; 6(2):7 – 12.
- Hosny A A, Eid H M and Ziadah KA, 1995. Prediction of optimum density and row spacing for cotton in different regions of Egypt, Annals of Agric. Sci.; 33(1):1–20.
- Ma JZ, Wang DS, Wang ZK, 1983. Chinese Cotton Cultivation. 1st ed. Shanghai Sci. and Tech. Publ. House. Shanghai.
- McPherson GR, Whitmore R, Gwyn J, Vasek J, Greenley B, 1995. Use of Plant Mapping to Measure Maturity of Cotton Cultivars. In: Proc. Beltwide Cotton Conferences (Ed. D.J. Herber and D.A. Richter) p. 552.
- Naguib M, El-Sayed AB and Khattab AK, 1987. Effect of cutting the terminal shoots (topping) of cotton plants on the population density of egg-masses of the cotton leaf-worm (*Spodoptera littoralis*. Boisd.) and on the cotton yield; Agric. Res.Rev. 56:9 – 15.
- Obasi MO, Msaakpa TS, 2005. Influence of Topping, Side Branch Pruning and Hill Spacing on Growth and Development of Cotton (*Gossypium barbadense* L.) in the Southern Guinea Savanna Location of Nigeria; Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. Volume 106. No. 2. 2005. pages 155–165
- Öncü S, 1993. Pamukta bazı büyüme regülatörleri ile hasata yardımcıların etkisi üzerine araştırmalar. Doktora tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova-İzmir. Bu literatür başlığına yeniden bakınız.
- TUIK 2016. Türkiye İstatistik Kurumu 2015 Bitkisel Üretim Verileri.
- Ungar ED, Wallach D, Klefder E., 1987. Cotton Responses to Bud Removal. Agron. J., 79:491-497.
- Wang X, Zhang L, Evers JB, Mao L, Wei S, Pan X, Werf ZW, Zhaohu L, 2014. Predicting the effects of environment and management on cotton fibre growth and quality: a functional–structural plant modelling approach. AoB Plants (2014) 6: 40, 1-16.
- Wankhade ST, Dhophe AM, Gkharche SL, Jamdar SL, 1991. Effect of Detopping on Growth and Yield of Asidtie Cotton Under Dry Land Condition. Field-Crops-Abstrats, 1991.044-08394.
- Xu LH, Li GF, He XH, Yang D, 2001. Regularity of accumulation and distribution of dry matter in monopodial branches retained cotton plants. J.Agr. Sci. 17 (3), 153–157 (in Chinese).

Durum Buğdayı (*Triticum turgidum* ssp durum) Genotiplerinin Düşük Molekül Ağırlıklı Gluten Bantları (LMW) ve Bazı Kalite Özellikleri Yönünden Taranması

Hasan KILIÇ¹, İrfan ERDEMÇİ², Fethiye ÖZBERK³, Turgay ŞANAL⁴

ÖZET: Bu çalışmada yazlık durum buğday melez bahçesinde yer alan tescilli, yerel, Türk melez, ICARDA, CIMMYT ve Azerbaycan menşeli 135 genoipin kaliteleriyle ilgili olarak bin tane ağırlığı (BTA), camsılık oranı (CO), protein oranı (PRT), SDS sedimantasyon değeri (SDS) ile Düşük Molekül Ağırlıklı Gluten Bantlarına ait (LMW-1 ve LMW-2) glutenin protein desenleri incelenmiştir. Genotiplerin bin tane ağırlıklarının 28.6-48.6 gr. protein içeriklerinin %10.0-15.6; protein kalitesini yansıtan sedimantasyon hacimlerinin 10.0-26.0 ml ve camsı tane oranının 86.0-100 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Makarna pişme kalitesini gösteren LMW glutenin proteinleri varlığı bakımından, yerel genotiplerin %85'i, Türk melezlerin %73'ü, ICARDA menşeli genotiplerin %90'ı, CIMMYT menşeli genotiplerin %92'si ve Azerbaycan menşeli genotiplerin %66'sı LMW-2 glutenin proteinleri ihtiva ettiği tespit edilmiştir. Tüm genotipler LMW-2 glutenin proteinleri ve diğer kalite özellikleri bakımından birlikte değerlendirildiğinde; yerel kaynaklardan Devediş, Havrani, Hav-27 ve Menceki; tescilli çeşitlerden Balcalı-85, Balcalı-2000 ve Kunduru; yabancı kaynaklardan ise G40, G53, G57, G68, G74, G78, G83, G86, G94, G96, G97, G104, G112, G116, G117 ve G128 genotiplerinin potansiyellerinin yüksek olduğu ve melezlemelerde genitor olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Makarnalık buğday, Gluten bandı, Makarnalık kalitesi, Melez bahçesi, Yerel buğday

Screening Durum Wheat Genotypes for Some Quality Traits and LMW-Glutelin Proteins

ABSTRACT: In this study, such pasta-quality associated characteristics as glutenin low molecular weight (LMW-1 and LMW-2), protein contents, SDS sedimentation, thousand kernel weight and witeousness rate of selected 135 genotypes originated from Turkish durum wheat landraces, crosses and registered; ICARDA, CIMMYT and Azerbaijani origin grown in Diyarbakır were investigated. Thousand kernel weight of the genotypes ranged from 28.6 to 48.6 g.; protein contents of the genotypes ranged from 10.0% to 15.6%; sedimentation volumes from 10.0 to 26.0 ml. The 85% of the wheat landraces, the 73% of Turkish crosses, the 90% origin of ICARDA, the 92% origin of CIMMYT and the 66% origin of Azerbaijani were determined to carry LMW-2 glutenin proteins linked with superior pasta cooking quality. From the wheat genotypes evaluated; Havrani, Hav-27 Menceki, Balcalı-85, Balcalı-2000, Kunduru, G40, G53, G57, G68, G74, G78, G83, G86, G94, G96, G97, G104, G112, G116, G117 and G128 were determined to have a high potential in terms of protein quality and usability in hybridization.

Keywords: Crossing block, Durum wheat, LMW glutenin protein, Pasta quality, Landraces

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl Türkiye

² GAP Uluslararası Araştırma ve Eğitim Merkezi, Islah Genetik, Tahıl -baklagil araştırmaları, Diyarbakır, Türkiye

³ Harran Üniversitesi, Akçakale MYO, Organik Tarım, Şanlıurfa, Türkiye

⁴ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Kalite Değerlendirme ve Gıda Bölümü, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hasan KILIÇ, kilichasan@yahoo.com

GİRİŞ

Makarna, bulgur ve irmik üretiminin yegâne hammaddesi olunduru buğdayları, uygun iklim istekleri yönünden Güneydoğu Anadolu Bölgesinin de yer aldığı dünyanın belirli bölgelerinde yetişebilmektedir (Özberk ve Kırtok, 2003; Kılıç ve ark., 2012). Ayrıca bölgenin durum buğdaylarının gen kaynağı olması (Diamond, 1997; Özkan ve ark., 2007; Karagöz ve ark., 2009; Peng et al., 2011) bu ürüne verilecek önemi artırmaktadır. Nitekim ülkemizde 7.91 milyon ha olan toplam buğday ekiliş alanları içerisindeki durum buğdaylarının payı 1.28 milyon ha ile yaklaşık %16, Güneydoğu Anadolu bölgesinin toplam durum buğdayları içerisindeki ekiliş payı ise 0.47 milyon ha ile %37 civarındadır. (TÜİK, 2014). Gerek ülkemizde ve gerekse bölgede seyreden istikrarsız iklim şartlarından dolayı yüksek verimli, kaliteli ve stabil çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Durum buğday kalitesini belirleyen çok sayıda parametre olmakla birlikte temelde BTA, CO, PO ve SDS sedimantasyon değeri önemli kalite özelliklerdendir.

BTA ve SDS sedimantasyon nun kısmen, CO ve PO'nun yüksek oranda çevreden etkilenmesi nedeniyle, iklimin istikrarsız seyrettiği bölgelerde yanılığlara sebebiyet verdiği için ıslah çalışmalarında makarnalık kalitesini belirlemeye esas kısa zamanda netice verebilen isabetli tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilindiği üzere tahıl depo proteinleri genetik yapıyı yansıtan makro moleküller olup kalıtım ile alakalı tanımlamalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Proteinlerin bu hususiyetlerinden faydalanmayı temin eden elektroforez tekniği sayesinde buğday genotiplerine has tespit edilen protein bantları ile kalite kriterleri arasında farklı oranlarda ilişkiler kurulabilmiştir (Kırcalıoğlu, 2001). Bu ilişkilerden hareketle durum buğdaylarının gluten kuvvetleri ve makarna pişme kalitelerinde esas belirleyici proteinlerin γ -gliadin 42 ve γ -gliadin 45 proteinleriyle genetik olarak ilişkili olan LMW-1 ve LMW-2 glutenin proteinleri olduğu tespit edilmiştir (Clark et al., 1998; Edwards et al., 2007; Yıldırım ve ark., 2011). Bu itibarla GAPUTAEM durum melez bahçesinde yer alan genotiplerin makarnalık kalite parametreleri ile LMW-1 ve LMW-2 glutenin proteinleri taranıp karşılaştırılmıştır.

Genotiplerin BTA, CO, PO ve SDS sedimantasyon hacmi gibi kalite özellikleri ile LMW glutenin protein desenleri incelenerek tavsiyeye esas melezlemelerde kullanılabilecek genotipler belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Denemeye ait tarla çalışması Diyarbakır GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi (GAPUTEM) deneme sahasında 2001-2002 yılında yağışa dayalı şartlarda yürütülmüştür. Parseller 2 m x 2 sıra olacak şekilde elle ekilmiş olup, dekara 12 kg saf azot (N) ve 6 kg saf fosfor (P_2O_5), gelecek şekilde gübrelenmiştir. Fosforun tamamı ile azotun yarısı 20-20-0 kompoze formunda ekimle, kalan azotun yarısı da %33'lük amonyum nitrat formunda sapa kalkma döneminde verilmiştir. Yetiştirme sezonunda toplam 501.1 mm yağış kaydedilmiştir.

Materyal GAPUTEM serin iklim tahılları durum melez bahçesinde yer alan 135 genotipten oluşmuştur (Çizelge 1). Genotiplerin LMW glutenin desenleri (LMW-1 veya LMW-2) bakımından taranmasında Masci et al. (2000) ve Gianibelli et al. (2002) tarafından tanımlanan SDS-PAGE metodu kısmen değiştirilerek kullanılmıştır. Buna göre, Singh et al. (1991) önerdiği yönteme göre seçilen buğday örnekleri havanda ezildikten sonra sırasıyla %70 etanol ve %50 1-propanol ile muamele edilerek glutenin haricindeki proteinler uzaklaştırılmıştır. Singh et al. (1991) tarafından tavsiye edilen metotla gluteninler ekstrakte edilerek indirgenmiş ve SDS-PAGE sisteminde koşturulmuştur. BTA, CO ve SDS sedimantasyon değerleri Williams et al. (1988)'e göre, PO içeriği ise NIR.6500 (Near Infra Red Spectroscopy) cihazı ile tayin edilmiştir. Genotiplerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk normalite testine göre SPSS paket programı, özellikler arası görsel ilişkiyi ifade eden genotip karakter (GK) biplot analizi (Yan and Rajcan 2002) ise GenStat 14th paket programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada ele alınan 135 çeşit ve genotipe ait pedigr, kalite özellikleri ve LMW gluten desenleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada yer alan 135 genotipe ait pedigrî, kalite özellikleri ve düşük molekül ağırlık glutenin desenleri (LMW)

No	İsim	Menşei	BTA(g)	CO(%)	PO(%)	SDS (ml)	LMW-1	LMW-2
G1	Balcalı-85	Tescilli	38.1	96	13.6	22		+
G2	Çakmak-79	Tescilli	30.1	92	13.3	13	+	
G3	Dicle-74	Tescilli	39.4	96	12.4	15		+
G4	Kunduru (Malatya)	Yerel	42.3	96	15.0	18		+
G5	Sarıçanak-98	Tescilli	39.1	100	13.3	15	+	
G6	Selçuklu-97	Tescilli	32.6	98	13.3	21	+	
G7	Şahinbey	Tescilli	43.9	100	13.7	16		+
G8	Balcalı-2000	Tescilli	43.8	96	13.4	25		+
G9	Bağacak	Yerel	41.0	94	13.9	10		+
G10	Beyaziye	Yerel	41.7	100	13.7	11	+	
G11	Deve Dişi	Yerel	44.3	100	14.6	25		+
G12	Havrani	Yerel	36.2	96	14.0	24		+
G13	Hav-27	Yerel	38.6	100	14.2	23		+
G14	İskenderi	Yerel	43.6	100	13.9	12		+
G15	Menceki 2	Yerel	44.7	100	14.8	22		+
G16	Minaret Durum	Yerel	32.7	94	13.8	19		+
G17	Sorgül	Yerel	35.8	100	13.9	13		+
G18	Şırnak	Yerel	42.2	100	14.1	16		+
G19	Şir Aslan-23	Yerel	34.9	96	13.4	13		+
G20	TC-60	Yerel	39.9	96	15.0	17		+
G21	Berkmen-469/D.7233	Türk melez	35.3	100	15.4	13	+	
G22	D.7233/66.T.11	Türk melez	36.5	100	13.3	12		+
G23	82-83(Diyarbakır-58)	Türk melez	32.8	100	13.8	11		+
G24	Altındane/Berkmen-469	Türk melez	35.5	100	13.9	13		+
G25	Akbuğday"s"/Hevidi	Türk melez	41.6	100	13.8	15		+
G26	82-83(Diyarbakır-36)	Türk melez	32.7	100	13.7	11	+	
G27	G.75-T.205	Türk melez	34.8	100	14.8	13	+	
G28	Berkmen-469/Binamo	Türk melez	37.8	100	13.2	15		+
G29	Üveyik-126/61-130//Yerli	Türk melez	46.7	96	13.8	22	+	
G30	D.Dwarf-515/Jo"s"	Türk melez	37.2	86	12.1	16		+
G31	D.67-2/Dicle"s" Dack"s"/Kiwi"s"	Türk melez	38.1	88	12.2	17		+
G32	Bintepe"s"	Türk melez	38.1	96	12.3	15		+
G33	515/Cr"s"	Türk melez	42.3	88	12.1	19		+
G34	Ç.073/44	Türk melez	43.3	94	13.0	22		+
G35	Cr"s"/Plt"s"	Türk melez	35.7	94	14.4	22		+
G36	Alf//Fg"s"/Cr"s"	ICARDA	40.8	96	13.3	17		+
G37	Awl 2/Bit-1	ICARDA	36.7	100	14.4	17		+
G38	Awl 2/Bit-2	ICARDA	37.8	92	13.8	17	+	
G39	Ch-67/Cando	ICARDA	34.6	92	14.0	19		+
G40	Chahba-88/Mrb-11	ICARDA	41.9	96	13.5	20		+
G41	Cham-5	ICARDA	37.3	100	13.9	19		+
G42	Dode S/T.monococcum IC 4615//Omrabi.17/3/Ten	ICARDA	38.6	100	13.4	18		+
G43	Ente/Mario//Cando	ICARDA	35.4	98	13.7	22		+
G44	Fa/Cando	ICARDA	39.3	94	13.8	15	+	
G45	Gedifla	ICARDA	42.2	100	12.7	22		+

G46	Geiger/Usa-0676//Jo/Cr/3/Scout/4/Ruff	ICARDA	39.6	98	12.8	20		+
G47	Genil-2	ICARDA	41.3	96	12.8	18		+
G48	Genil-6	ICARDA	48.6	96	12.7	18		+
G49	Gta/Stk//Snipe	ICARDA	39.2	100	13.1	22	+	
G50	ICD.84	ICARDA	38.4	96	14.1	20	+	
G51	Jo/Ru	ICARDA	37.3	100	13.6	18		+
G52	Lagost-3	ICARDA	42.7	96	12.8	16		+
G53	Mrb 9/Boohai//Mrb 5	ICARDA	40.6	94	13.4	23		+
G54	Mrb-16=0mrabia-16	ICARDA	38.1	96	12.9	18		+
G55	Mrb3/Tunisian Durum//Heider	ICARDA	47.7	100	14.1	11		+
G56	Omrabi 5	ICARDA	36.1	98	12.8	24		+
G57	Omrabi-6	ICARDA	38.3	100	14.2	23		+
G58	Omrabia	ICARDA	38.2	100	13.6	20		+
G59	Omrabia/3-II	ICARDA	35.4	96	13.8	23		+
G60	Omrabia-9	ICARDA	34.2	100	14.4	25		+
G61	Omrabia-Sh	ICARDA	33.5	86	14.0	17		+
G62	Omruf-2	ICARDA	37.7	88	13.4	18		+
G63	Omruf-4	ICARDA	39.0	90	13.0	18		+
G64	Outrob 4	ICARDA	35.1	96	13.4	18		
G65	Pg//Ch-67//Jo-69/3/By*2//Tace//Aa	ICARDA	38.8	100	12.9	19		+
G66	Ru/Mrb.15	ICARDA	37.0	90	13.2	19		+
G67	Ru/Mrb-15	ICARDA	46.3	94	13.2	17		+
G68	Ruff//Jo/Cr/3/Fg.3	ICARDA	42.8	92	13.3	21		+
G69	Ruff//Jo-69/Cr/3/Gdovz-578	ICARDA	38.8	90	14.1	17		+
G70	Sabil-21	ICARDA	36.5	96	14.6	19		+
G71	Sajur	ICARDA	37.2	100	12.9	20		+
G72	Sbl-2	ICARDA	36.1	98	13.2	12		+
G73	Scoflaa/T.Monococcum Ic-1442//Awalbit-3/3/A	ICARDA	39.0	96	13.4	16		+
G74	Sham-1//Gta/Stk	ICARDA	37.8	100	13.5	26		+
G75	Stojocri-3	ICARDA	34.3	100	13.8	16		+
G76	Stork"s"/Rabi"s"	ICARDA	38.9	96	13.0	19		+
G77	Swan//Dack/Rabi	ICARDA	36.4	94	13.3	16		+
G78	Tr.32223/Gediz	ICARDA	43.8	98	13.1	22		+
G79	21563/Gr"s"/Mexi"s"	CIMMYT	42.5	96	12.7	15		+
G80	68111/Rgb//Ward/3/Rufo"s"/4/Alg.86/Ru"s	CIMMYT	34.4	100	13.7	23		+
G81	Altar-84	CIMMYT	32.1	100	13.0	13	+	
G82	Altar-84/Usda-508//Dack"s"/Kiwi"s	CIMMYT	39.0	100	14.2	17	+	
G83	Amst-1	CIMMYT	44.8	100	13.2	20		+
G84	Aninga/Volunteer//Fg"s"/3/Shwa"s"	CIMMYT	45.4	98	13.4	14		+
G85	Brachoua	CIMMYT	38.3	94	13.2	21		+
G86	Bulk(Mexico)	CIMMYT	43.2	96	13.8	22		+
G87	Cali"s"	CIMMYT	36.5	100	13.9	22		+
G88	Cando/Raj.911//Yav"s"	CIMMYT	45.3	94	13.4	18		+
G89	Cas"s"	CIMMYT	40.1	100	13.2	21		+
G90	CD.12499	CIMMYT	35.2	92	12.5	18		+
G91	Chen Aleppo	CIMMYT	38.9	90	14.0	19		+
G92	Chen"s"	CIMMYT	34.0	96	13.3	17		+

Durum Buğdayı (*Triticum turgidum ssp durum*) Genotiplerinin Düşük Molekül Ağırlıklı Gluten Bantları (LMW) ve Bazı Kalite Özellikleri Yönünden Taranması

G93	Chen's/Rbc/Hui's/Tub's	CIMMYT	36.4	100	13.3	21		+
G94	Chen's/Tez	CIMMYT	40.4	96	13.6	21		+
G95	Cr's/Dicle's	CIMMYT	37.2	94	13.6	20		+
G96	Cyus's/Sca-9/Yel's/3/Cfn-5/Fg's//Ptl's/4/	CIMMYT	42.0	94	14.2	22		+
G97	Dack's/Kiwi's//Oste's/3/Chen's	CIMMYT	39.0	100	13.3	23		+
G98	Der's	CIMMYT	40.6	100	13.7	17		+
G99	Dv.24/C00's//Fg's/3/Chi's	CIMMYT	41.5	96	13.0	18		+
G100	Egret	CIMMYT	38.7	94	12.5	20		+
G101	Fire's	CIMMYT	38.3	94	14.2	22		+
G102	Giorgio.Vz.385/Aa's	CIMMYT	46.8	100	13.0	18		+
G103	Medium/Kif's//Sapi's	CIMMYT	41.4	90	12.4	20		+
G104	Memo's/3/Fg's/Sba.81//Mal's/Mrio's/4/Gui	CIMMYT	39.3	96	13.2	22		+
G105	Otr-1	CIMMYT	39.3	98	12.9	17		+
G106	Ru's	CIMMYT	41.2	94	13.5	16		+
G107	Sapi's/Ber's	CIMMYT	41.0	94	12.7	17		+
G108	Shwa/Pt	CIMMYT	35.4	92	13.6	17		+
G109	Stifftail's	CIMMYT	41.9	96	13.3	16		+
G110	Stint's	CIMMYT	45.6	100	12.8	18		+
G111	Stn/3/Hui/Carc//Chen/Chto/4/Altar84	CIMMYT	38.1	94	13.8	25		+
G112	Swan's	CIMMYT	40.3	98	13.1	23		+
G113	Tensif	CIMMYT	40.6	98	13.6	19		+
G114	Tubeno's	CIMMYT	45.6	96	13.9	12	+	
G115	Wulp's	CIMMYT	39.2	94	12.7	16	+	
G116	Wulp's/4/Yav's/Sapi's//Yav-79/3/Rufo's	CIMMYT	41.9	98	14.1	21		+
G117	61.130/Lds//Gs's/Cr's/3/Gs's/Mexi's	CIMMYT	44.3	96	13.8	23		+
G118	Sco's/Mexi's	CIMMYT	28.6	100	13.3	21		+
G119	Mexicali 75	CIMMYT	42.4	94	12.7	15		+
G120	Yavaros 79	CIMMYT	38.1	98	12.9	18		+
G121	Barakatli-95	AZERBYC	32.5	100	13.7	15		+
G122	Alinca-84	AZERBYC	37.2	100	13.2	17		+
G123	Vügar	AZERBYC	37.0	100	13.5	16		+
G124	Şarg	AZERBYC	43.6	98	14.1	13	+	
G125	Qaragılıç	AZERBYC	35.0	94	13.3	12	+	
G126	Mirbaşir-50	AZERBYC	36.4	100	14.6	13	+	
G127	Sirvan-5	AZERBYC	36.7	100	15.6	20		+
G128	Turan	AZERBYC	39.0	100	14.5	21		+
G129	Nasimi	AZERBYC	35.7	100	15.1	23		+
G130	Tartar	AZERBYC	37.7	94	14.6	11	+	
G131	Caferi	AZERBYC	34.3	98	14.4	15	+	
G132	Arandani	AZERBYC	39.2	100	14.7	19		+
G133	Leukomelan	AZERBYC	42.3	98	14.5	19		+
G134	Yerli Giberunda	Kıbrıs	41.2	100	15.1	15		+
G135	Serdarlı Giberunda	Kıbrıs	35.4	98	14.5	20		+
	DEĞİŞİM ARALIĞI		28.6-48.6	86.0-100	12.1-15.6	10-26		
	ORTALAMA		39.0	96.8	13.6	18.1		

Ele alınan özelliklere ait varyasyon sınırları ile LMW gluten proteinleri arasındaki ilişki normal dağılıma uygun olup olmadığını belirlemeye esas Shapiro – Wilk normalite test sonuçları ve bazı istatistik parametreler Çizelge 2’de verilmiştir. Normalite

testinde genotiplerin normal dağılıma uygunluk göstermemesi melez bahçesinin oluşturulmasında ıslahçıların söz konusu kalite özellikleri yönünden seçici davranmalarından kaynaklanmıştır.

Çizelge 2. Durum buğday genotiplerine ait ele alınan özellikler ile LMW glutenin proteinleri arasındaki ilişki ve değişim aralıkları

Özellik	Ortalama	Minimum	Maksimum	Dağılım aralığı	S	VK %	Normalite testi *	LMW-1	LMW-2
Bin tane ağırlığı (g)	39.0	28.6	48.6	20.0	3.76	9.64	0.993 öd	37.5	39.2
Camsı tane oranı (%)	96.8	86.0	100	14.0	3.41	3.52	0.842 *	97.5	96.7
Protein oranı (%)	13.6	12.1	15.6	3.5	0.69	5.07	0.986 öd	13.8	13.5
SDS (ml)	18.1	10.0	26.0	16.0	3.67	20.32	0.978 *	15.14	18.71

S: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı, *: P<0.05 düzeyinde önemli, Öd: P<0.05 düzeyinde önemsiz, * Shapiro-Wilk normalite test değerleri

Bin tane ağırlığı

BTA bakımından normal dağılıma uygunluk gösteren genotipler %9.6 varyasyon katsayısına sahip olmuştur. Genotiplerin BTA’ları 28.6-48.6 g arasında, ortalama olarak da 39 g bulunmuştur (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Aralarında önemli bir ilişki olmamakla birlikte LMW-1’e sahip genotiplerde bin tane ağırlığı ortalama 37.5 g olarak kaydedilirken LMW-2’ye sahip genotiplerde 39.2 g tespit edilmiştir. Yüksek bin tane ağırlığı bakımından yerel buğdaylardan Devediş 44 g, Havrani 43 g; Türk melezlerinden G29 46.7 g; ICARDA menşeli G48 48.6 g; CIMMYT menşeli G102 46.8 g değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. BTA ile alakalı yapılan benzer çalışmalarda Koyuncu (2009) 34.3 – 55.4 g arasında; Sayaslan ve ark. (2012) 42.3-56.2 g arasındaki değişim aralıklarıyla bulgularımızdan yüksek; Kılıç ve ark. (2012) 18.6-38 g. değişim aralığı ile bulgularımızdan daha düşük değerler tespit etmişlerdir.

Camsı tane oranı (CO)

CO oranı bakımından normal dağılıma uygunluk göstermeyen ve % 3.52 varyasyon katsayısına sahip genotiplerin en düşük ve en yüksek CO % 86-%100 arasında, ortalama olarak ta % 96.8 olarak bulunmuştur (Çizelge 1 ve Çizelge 2). CO oranı % 85 olan G30 ve Omrabi-sh dışındaki çeşit ve genotiplerin çoğunun % 90 ve üzeri orana sahip oldukları tespit edilmiştir. CO oranı bakımından değerlerin yüksek olması çevre şartları yanında melez bahçesi teşkil edilirken söz konusu kalite kriteri yönünden yüksek değerlere sahip

genotiplerin seçilmiş olmasından kaynaklanmıştır. Hadjichristodoulou (1989), kalıtımının tam bilinmemesi ve çevre x genotip interaksiyonun belirsiz olmasından dolayı CO yönünden yeni çeşit geliştirmenin zor olduğunu bildirmektedir. Nitekim CO oranı, LMW-1’e sahip genotiplerde ortalama % 97.5 olarak kaydedilirken; LMW-2’ye sahip genotiplerde % 96.5 tespit edilmiştir. Korkut ve ark. (2007) Trakya şartlarında yürüttükleri bir çalışmada genotiplere ait CO’nun %69.2 ile %90.0 arasında yer aldığını, Kılıç (2014) Diyarbakır’da yürüttüğü bir çalışmada genotiplerin CO’larının % 97-100 arasında değiştiğini, Atlı ve ark. (1993) ise kalite bölgelerini belirlemek üzere yürüttüğü bir çalışmada protein ve CO yönünden Güneydoğu Anadolu bölgesinin yüksek değer veren bölgeler arasında yer aldığını bildirmektedirler.

Protein oranı

Tanede PO oranı bakımından normal dağılıma uygunluk gösteren ve % 5.07 varyasyon katsayısına sahip genotiplerin en düşük ve en yüksek PO oranı % 12.1-% 15.6 arasında, ortalama olarak da % 13.6 olarak bulunmuştur (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Çevre şartları ve uygulanan kültürel işlemlere göre farklılık gösterdiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilen (Atlı ve ark., 1993; Kılıç, 2003) PO oranı, LMW-1’e sahip genotiplerde ortalama % 13.8 olarak kaydedilirken LMW-2’ye sahip genotiplerde % 13.5 tespit edilmiştir. Yüksek protein oranı bakımından yerel buğdaylardan Menceki % 14.8; Türk melezlerinden G21 % 15.4; ICARDA menşeli G70 % 14.6, CIMMYT menşeli G96

% 14.2 ve G101 % 14.2; Azeri menşeli G127 genotipleri % 15.6 PO'larına sahip oldukları tespit edilmiştir. Troccoli et al., (2000) ve Yüksel ve ark. (2011) buğdayların protein muhtevaları genotip ile birlikte çevre şartlarından etkilenirken, gluten proteinlerinin vizkoelastik ve kohezif özelliklerinin büyük oranda genotipe bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Benzer çalışmalarda PO bakımından, Koyuncu (2009) % 7,4-15,7 arasında; Sayaslan ve ark. (2012) % 10.7-16.8; Kılıç ve ark. (2012) % 12.7-16.4 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

SDS Sedimentasyon değeri

Durum buğdaylarının SDS-sedimentasyon değerleri, buğdayların gluten kuvvetleri ve makarna pişme kalitelerinin tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır (Porceddu et al., 1998; Cubadda et al., 2007; Kılıç, 2014; Tekdal ve ark., 2014). SDS değeri bakımından normal dağılıma uygunluk göstermeyen ve % 20.32 varyasyon katsayısına sahip genotiplerin en düşük ve en yüksek SDS değeri 10-26 ml arasında, ortalama olarak da 18.1 ml olarak bulunmuştur (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Ayrıca LMW-2'ye sahip genotiplerin SDS sedimentasyon hacminin ortalama 18.7 ml olduğu, LMW-1'e sahip genotiplerin ise ortalama SDS sedimentasyon hacminin 15.1 ml olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada, Sönmezoğlu (2010), gliadin 45'e sahip çeşitlerin SDS sedimentasyon hacminin ortalama 25,7 ml olduğunu, gliadin 42'ye sahip çeşitlerin ise ortalama SDS sedimentasyon hacminin 18,5 ml olduğunu tespit etmiştir.

Raciti et al. (2003) da SDS sedimentasyon hacmini kullanarak yaptığı bir çalışmada LMW-1 glutenin kompozisyonunun kötü gluten kalitesini gösterirken, LMW-2 glutenin kompozisyonunun ise en iyi gluten kalitesini verdiğini belirtmişlerdir.

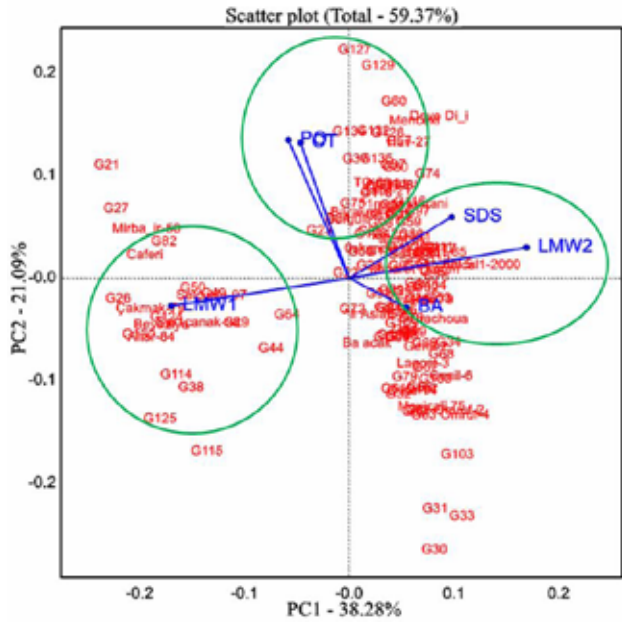
Yerel buğdaylardan Devediş 22 ml, Havrani 22 ml; Türk melezlerinden G29 22 ml, G33 22ml; ICARDA menşeli G74 26 ml, Omrabia-9 25 ml; CIMMYT menşeli G111 genotipleri 25 ml SDS sedimentasyon hacimlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Benzer çalışmalarda Tekdal ve ark. (2014) SDS sedimentasyon değerini 13 ml-20 ml arasında, Kılıç (2014) ise 13 ml-26.5 ml arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Düşük Molekül Ağırlıklı Gluten Bantları (LMW)

Durum buğdaylarının gluten kuvvetleri ve makarna pişme kalitelerinde esas belirleyici proteinlerin γ -gliadin 42 ve γ -gliadin 45 proteinleriyle genetik olarak ilişkili olan LMW-1 ve LMW-2 glutenin proteinleri olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Clark et al., 1998; Edwards et al., 2007; Yıldırım ve ark., 2011; Yüksel ve ark., 2011; Kendal, 2014). LMW glutenin proteinleri varlığı bakımından, yerel genotiplerin % 85'i, Türk melezlerin % 73'ü, ICARDA menşeli genotiplerin % 90'ı, CIMMYT menşeli genotiplerin % 92'si ve Azeri menşeli genotiplerin % 66'sının makarna kalitesi ile olumlu ilişkisi bilinen LMW-2 glutenin proteinleri ihtiva ettiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yerel buğdaylarda benzer bulgular elde eden Yıldırım ve ark. (2011) çeşit geliştirmede LMW gluten bantlarının önemli bir kaynak olduğunu bildirmektedir.

Genotip ve Özellikler Arası GK Biplot Analizi

Özellikler arası ilişkileri görsel olarak değerlendirmek amacıyla mevcut veriler ile oluşturulan GK biplot grafiği Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi % 38.28'ini PC1'in (Ana Bileşen 1) ve % 21.09'unu PC2'nin (Ana Bileşen 2) temsil ettiği grafik, varyasyonun toplam % 59.37'sini açıklamaktadır. Şekil 1'de LMW-2 ile SDS sedimentasyon hacmi ve BTA arasında olumlu bir ilişkinin tespit edilmiş olması bu özellikler yönünden seçim yapmanın önemini de teyit etmektedir. Çizelge 2'de de LMW-2'ye sahip genotiplerin SDS sedimentasyon hacmi ve BTA yönünden LMW-1'e sahip genotiplerinden daha yüksek değerlere sahip olması bu ilişkiyi güçlendirmektedir. Böylece çalışmada LMW-2 ile yüksek SDS sedimentasyon hacmi arasında pozitif bir ilişkinin varlığı bu konuda çalışma yapan araştırmacıları (Pogna et al., 1990; Kaan et al., 1995; Sönmezoğlu, 2010) bir kez daha teyit etmiştir. GK biplot grafiğinde üç ayrı bölge oluşmuştur (Şekil 1). PO ve CO özelliklerinin yer aldığı birinci bölgede G127, G129 G60 Devediş, Menceki ve G136 genotipleri; birbirleriyle yakın ilişkide olan BTA, SDS ve LMW-2'nin oluşturduğu ikinci bölgede Balcalı-2000, Devediş, Menceki, Havrani ve G74 genotipleri ön plana çıkmıştır. LMW1 ise tek başına ayrı bir bölgede yer almıştır. Uygun bölgeyi belirlemeye esas Şekil 2'deki biplot grafiğinde G127, G129 ve G60 genotiplerinin öne çıktığı PO ve CO en iyi birlikteliği temsil etmiştir.



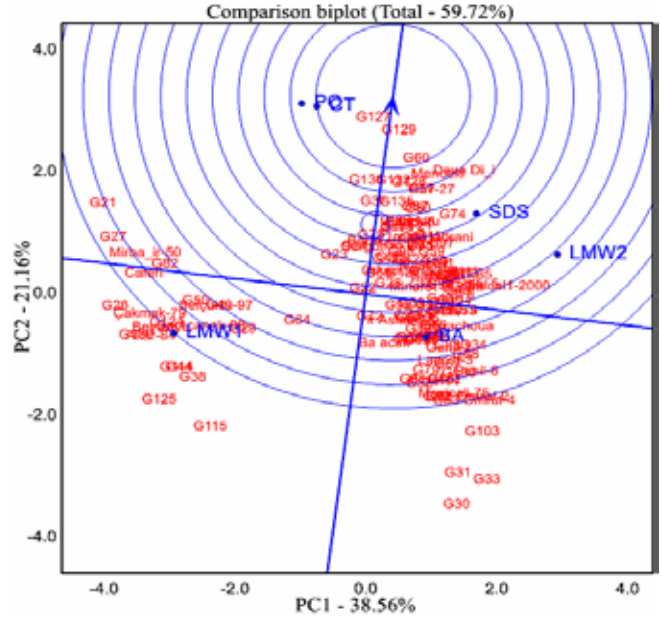
Şekil 1. Denemede kullanılan genotip ve özellik ilişkisini (GK) gösteren biplot grafiği

SONUÇ

GAPUTAEM serin iklim tahılları melez bahçesinde yer alan yerel, tescilli ve farklı kaynaklardan temin edilmiş ileri hatlardan oluşan 135 saf durum buğdayında CO, BTA, PO ve SDS sedimantasyon gibi bazı kalite özellikleri ile birlikte SDS-PAGE yöntemi kullanılarak tespit edilen LMW-1 ve LMW-2 gluten proteinleri değerlendirilmiştir. Ele alınan genotiplerin çoğunluğunda makarnanın pişme kalitesi ile direkt olumlu ilişkisi bilinen LMW-2 glutenin proteinleri taşıdığı tespit edilmiştir. GK biplot analizinde protein kalitesini belirlemede yoğun bir şekilde kullanılan ve çoğunlukla kalıtımın etkisinde bulunan SDS sedimantasyon testi ile

KAYNAKLAR

- Atlı A, Koçak N, Aktan B, 1993. Ülkemiz çevre koşullarının kaliteli makarnalık buğday yetiştirmeye uygunluk yönünden değerlendirilmesi. Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu, 30 Kasım-3 Aralık 1993 Ankara, S, 345-351
- Clarke, J.M, Marchylo, BA, Kovacs M.I.P, Noll J.S, Mc Caig T.N and Howes N.K, 1998. Breeding durum wheat for pasta quality in Canada. Wheat: Prospects for Global Improvement, Eds: Braun, H.-J. ve ark., Kluwer Academic Publishers, New York, 229-236.
- Cubadda RE, Carcea M, Marconi E and Trivisonno MC, 2007. Influence of protein content on durum wheat gluten strength determined by the SDS sedimentation test and by other methods. Cereal Foods World, 52, 273-277



Şekil 2. Denemede kullanılan genotiplere ait uygun bölge biplot grafiği

LMW-2 gluten proteinleri arasında yakın ve olumlu bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu suretle ıslah sürecinin ilk kademelerinde az tohum ile de analize imkân tanıyan SDS-PAGE yönteminin makarnalık kalitesini tahmin etmede etkin ve güvenilir bir şekilde kullanılabileceği, çalışmada LMW-2 gluten proteinleri taşıyan ve yüksek SDS sedimantasyon hacmine sahip lokal çeşitlerden Devediş, Havrani, Hav-27 ve Menceki; tescilli çeşitlerden Balcalı-85, Balcalı-2000 ve Kunduru; yabancı kaynaklardan ise G40, G53, G57, G68, G74, G78, G83, G86, G94, G96, G97, G104, G112, G116, G117 ve G128 çeşit ve hatların buğday kalite ıslah çalışmalarında genitör olarak değerlendirilebileceği anlaşılmıştır.

- Diamond J, 1997. Location, location, location: the firstfarmers. Science 278:1243-1244.
- Edwards NM, Gianibelli MC, Mc Caig TN, Clarke JM, Ames NP, Larroque OR, and Dexter JE, 2007. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. Journal of Cereal Science, 45:140-149.
- Gianibelli M.C., Echaide M., Larroque O.R., Carrillo J.M., and Dubcovsky J. 2002. Biochemical and molecular characterization of Glu-1 loci in Argentinean wheat cultivars. Euphytica 128: 61-73
- Hadjichristodoulou A, 1989. Breeding cereals for consistency of performance in dry lands through stability of traits. Euphytica 28: 711-716

- Kendal E, 2014. Characterization of durum wheat (*Triticum durum* desf) cultivars in terms of gliadin and glutenin protein composition. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. No: 4(3):174-176
- Kaan F, Chihab B, Borries C, Monneveux P ve Branlard G, 1995. Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) for quality products. In: Di Fonzo N., Kaan, F., Nachit, M. (eds.). Proceedings of the seminar on "Durum wheat improvement in the Mediterranean region". CIHEAM/ICARDA/CIMMYT, 22, 159-166. Zaragoza, Spain
- Karagöz A, Arcak Ç, Güçdemir İH, 2009. Relationship Between in situ Conserved wild wheat species, associated plants and soil characteristics Tarım Bilimleri Dergisi 15 (2) 134-141
- Kılıç H, 2003. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Koşullarında Makarnalık Buğday (*Triticum turgidum ssp durum*) Çeşitlerinin Bazı Tarımsal ve Kalite Özellikleri İle Stabilitesi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Cukurova Univ. Fen Bilimleri Enst. Kod no:718.
- Kılıç H, Tekdal S, Kendal E ve Aktaş H, 2012. Augmented deneme desenine dayalı ileri kademe makarnalık buğday (*Triticum turgidum ssp durum*) hatlarının biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. KSU Doğa Bil. Derg., 15(4):18-25.
- Kılıç H, 2014. İleri kademe makarnalık buğday hatlarının farklı çevrelerde tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(2): 194-201.
- Kırcahoğlu G, 2001. Bazı buğday tescilli çeşit ve ileri hatlarının biyokimyasal markörler ile tanımlanması. ANADOLU, J. of AARI 11 (2):1-19
- Korkut KZ, Bilgin O, Başer İ, Sağlam N, 2007. Stability of grain vitreousness in durum wheat (*Triticum durum* L. Desf.) genotypes in the North-Western Region of Turkey. Turk J Agric For 31 (2007) 313-318
- Koyuncu M, 2009. Yerel durum buğday çeşitlerinin makarnalık kalitelerini etkileyen önemli parametreler bakımından taranması. GOP.Üniv. Fen bilimleri Enst. Gıda mühend. A. Dalı. Y.lisans t.
- Masci S, D'Ovidio R, Lafiandra D and Kasarda DD, 2000. A 1B-coded low molecular-weight glutenin subunit associated with quality in durum wheats shows strong similarity to a subunit present in some bread wheat cultivars. Theoretical and Applied Genetics, 100: 396-400.
- Özberk İ, Kırtok Y. 2003. Makarnalık buğdayda (*Triticum durum* L.) bazı kantitatif karakterlerdeki genetik varyasyon ve kalıtımın araştırılması Anadolu, J. of AARI 13 (1): 58 – 74.
- Özkan H, Brandolini A, Torun A, Altıntaş S, Eker S, Kilian B, Braun H, Salamini F, Cakmak I, 2007. Natural variation and identification of microelements content in seeds of einkorn wheat (*Triticum monococcum*). In: HT Buck, JE Nisi, N Salomon (Eds.), Wheat Production in Stressed Environments.
- Peng J, Sun D, Nevo E, 2011. Wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, occupies a pivotal position in wheat domestication process. AJCS 5(9):1127-1143
- Pogna NE, Autran JC, Mellini F, Lafiandra D, Feillet P, 1990. Chromosome 1B-encoded gliadins and glutenin subunits in durum wheat: Genetics and relationship to gluten strength. Journal of Cereal Science, 11, 15-34.
- Porceddu E, Turchetta T, Masci S, D'Ovidio R, Lafiandra D, Kasarda DD, Impiglia A, Nachit MM, 1998. Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat. Euphytica, 100, 197-205.
- Raciti CN, Doust MA, Lombardo GM, Boggini G, Pecetti L, 2003. Characterization of durum wheat mediterranean germplasm for high and low molecular weight glutenin subunits in relation with quality. European Journal of Agronomy, 19 (3), 373-382.
- Sayaslan A, Koyuncu M, Yıldırım A, Eserkaya T, Ateş O, Kandemir N, 2012. Some quality characteristics of selected durum wheat (*Triticum durum*) landraces. Turk J Agric For 36:749-756
- Singh NK, Shepherd KW, Cornish GB, 1991. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. Journal of Cereal Science, 14:nm 203-208.
- Sönmezoğlu Ö.A. 2010. B azı makarnalık buğday çeşitlerinin makarna kalitesi bakımından ıslahı Doktora Tezi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Gaziosmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Tokat.
- Tekdal S, Kendal E, Ayana B, 2014. İleri kademe makarnalık buğday hatlarının verim ve bazı kalite özelliklerinin biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(3): 322-330, 2014
- Troccoli A, Borrelli GM, DeVita P, Fares C, Di Fonzo N, 2000. Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. Journal of Cereal Science, 32, 99-113
- TÜİK, 2014. <http://rapory.tuik.gov.tr/08-02-2016-11:12:23-1183659380225487372669444266.html?>
- Williams P, El-Haremein FJ, Nakkoul H, Rihavi S, 1988. Crop quality evaluation methods and guidelines. ICARDA. Technical Manual 14 (Rev.1).
- Yan W, Rajcan I, 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Sci 42:11-20.
- Yıldırım A, Eserkaya T, Sayaslan A, Koyuncu M, Ateş Ö, Kandemir N, 2011. Molecular and biochemical screening of Turkish durum wheat landraces for gliadin and LMW-glutenin proteins associated with pasta-cooking quality. Turkish Journal of Field Crops, 16(2): 220-224.
- Yüksel F, Koyuncu M, Sayaslan A, 2011. Makarnalık Buğday (*Triticum durum*) Kalitesi Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 4 (2):25-31, 2011

Farklı Zemin Tiplerinin Esmer Sığırlarda Memedeki Mikroorganizma Yükü ve Stres Hormonları Üzerine Etkileri*

Rıdvan KOÇYİĞİT¹, Naci TÜZEMEN²

ÖZET: Bu çalışmada, farklı zemin tiplerinin Esmer süt sığırlarında mikroorganizma sayıları ve stres hormonları üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemenin hayvan materyalini Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Sığırcılık Şubesinde bulunan 33 baş sığır oluşturmuştur. Denemede yataklık olarak beton, kauçuk ve matress olmak üzere 3 grup oluşturulmuştur. Denemede sonunda elde edilen verilere göre Stres hormonları bakımından zemin grupları arasında kortizol hormonu önemli bulunmuş ($P<0.05$), epinefrin hormonu ve glukoz bakımından muamele grupları arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur ($P>0.05$). Streptokok ve Koliform sayıları bakımından gruplar arasında bir farklılık olmamıştır ($P>0.05$).

Anahtar kelimeler: Beton, esmer sığır, hormon, Kauçuk, Matress, Mikroorganizma

The Effects of Different Types Floor on Udder Microorganism Load and Stress Hormones Traits of Brown Swiss Cows

ABSTRACT: The study was conducted to determine effects of different types floor on the milk yield, milk composition, somatic cell count, behavioural properties, cleaning situations, microorganism count and levels of stress hormones of Brown Swiss cows. The experiment was carried out at the Research Farm of the Collage of Agriculture at Atatürk University by using 33 Brown Swiss cows. The cows were allocated to three groups called as concrete, rubber mat and mattress groups. The results have shown that levels of cortisol hormone among the stress hormones in different groups were significant ($P<0.05$), however, levels of epinephrine and glucose in the treatment groups were not significant ($P>0.05$). Streptococci and Coliform counts were not significantly different among groups ($P>0.05$).

Keyword: Concrete, Browns Swiss, hormone, rubber mat, mattress, microorganism

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Kastamonu, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Kastamonu, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Rıdvan KOÇYİĞİT, rkocyyigit@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Hayvanları kötü ve elverişsiz koşullardan korumak ve onların verimlerini artırmak, yaşamları için gerekli bir ortamı sağlamak için barınaklar inşa edilmektedir (Demir 1990). Son yıllarda özellikle süt sığırları barınaklarında farklı zemin tiplerinin geliştiği ve dikkate alındığı bildirilmektedir (Yanar ve ark., 2010). Sığır barınaklarında hayvanın direkt olarak temasta bulunduğu yer zemindir. Hayvanlar için kullanılacak farklı zeminlerin sığırların altını kuru tutması, meme rahatsızlıklarını önlemesi, hayvanlarda diz, ayak ve tırnak rahatsızlıklarını azaltması hayvanlarda stresin azalmasını sağlaması gerekmektedir. Ülkemizde kültür ırkı sığır yetiştiriciliği bir yandan artarak devam ederken diğer yandanda ayak lezyonlarının giderek arttığı ve önemli ekonomik kayıplara neden olduğu bildirilmektedir (Yanık ve Çamoğlu 1990; Antepioğlu ve ark., 1992; Alkan ve ark., 1993; Sağlıyan ve Ünsaldı 2002). Bu ayak rahatsızlıklarının neden olduğu önemli ekonomik kayıplar; laktasyon süresi ve süt miktarının azalması, kilo kaybı, döl veriminin azalması, üretimden erken çıkarılma ve sağaltım harcamaları olarak bildirilmektedir (Greenough et al. 1981; Bergsten 1997; Vokey et al. 2001).

Sosyal hayvanlar olan çiftlik hayvanları için çevrelerindeki her faktör bu hayvanlarda bir stres ortamı ve ya bir rahat ortam olarak kabul edilebilir (Johnsgard 1972; Thomas et al. 2005; Metin 2009). Stres, hayvanları rahatsız eden ve verime direkt etki eden ileri safhalarında ölümlere yol açabilen zararlı ve uygun olmayan çevresel faktörlere karşı hayvanların verdiği reaksiyonlardır veya tepkilerdir (Atınçekiç ve Koyuncu 2012). Başka bir tanıma göre ise stres, genellikle hayvanların kendi çevrelerinde olumsuz bir çevre şartına maruz kaldıkları zaman meydana gelen, hayvanlarda hastalık ve zararlılara karşı direncin azalmasına, verim kayıplarına, ürün kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olan olumsuz bir refleks olarak tanımlanmıştır (Metin 2009; Roussel et al. 2005).

Süt sığırları zamanlarının yaklaşık olarak % 40 ile %65'ini yatarak geçirebilmektedirler (Mannien et al. 2002; Tucker et al. 2003) ve bakteriler meme ve yatma yüzeyinde olabilmektedirler (Hogan and Smitt 1997; Hogan et al. 1999). Bu yüzden zararlı patojen bakteri popülasyonunu azaltmak gerekmektedir. Önceki çalışmalarda organik ve inorganik altlıklardaki bakteri popülasyonu ve sayıları araştırılmıştır (Janzen et al. 1982). İnorganik altlıklardaki bakteri sayısı genellikle organik altlıktan daha düşüktür. Bu farklılık altlık materyali

ve bakteri türüne göre değişmektedir (Fairchild et al. 1982). Bakteri sayısı ve bakteri türü süt sığırlarında klinik mastitis oranı ve meme uçlarındaki mikrobiyal yoğunlukla kullanılan altlıkla yakından ilişkilidir (Hogan et al. 1989). Saman, mısır samanı ve talaş gibi altlık olarak kullanılan organik materyallerde coliform bakteri sayısı $>10^6$ daha büyük çıkmaktadır (Bramley and Neave 1975). Bakteri sayısı kullanılan altlık tipiyle değişiklik gösterebilmektedir. Odun talaşında daha çok coliform içerirken, odun talaşı ve talaştan daha irice kıyılmış talaş ise *Klebsiella spp.* türleri açısından yoğun olarak bulunmaktadır (Nevman and Kowalski 1973; Rendos et al. 1975). Bir sürü içerisindeki sığırların mastitis olması kullanılan altlıklarla yakından alakalıdır (Bramley, 1985). Özellikle kum altlık Kuzey Amerika çiftliklerinde artan bir şekilde popüler olmaktadır. Sığır refahı ve meme sağlığı yönünden oldukça iyi sonuçlar vermekte olduğu ifade edilmiştir (Bewley et al. 2001). Çalışmada; farklı zemin tiplerinin (beton, rubber mats (kauçuk) ve mattress (hayvan döşeği) bağlı ve kapalı ahır koşullarında süt ırkı ineklerde memedeki mikroorganizma yükü ve stres hormonları üzerine etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sığırcılık şubesinde yürütülmüştür. Çalışmada Sığırcılık şubesinde bulunan kapalı bağlı duraklı ahır kullanılmış olup doğumlarla birlikte gruplar oluşturulmaya çalışılmış ve her bir grupta 11 baş Esmer süt sığırları olmak üzere toplam 33 baş Esmer inek kullanılmıştır.

Hayvanlara verilecek kaba yem ve silaj Atatürk Üniversitesi Sığırcılık şubesinden sağlanmış, kesif yem materyali ise satın alınmıştır. Denemeye alınan hayvanlara ortalama günlük 2400 k.cal/kg metabolik enerjiye sahip 6 kg süt yemi ve 10 kg mısır slajı, kuru çayır otu ise ad-libitum olarak verilmiştir. Hayvanların su ihtiyaçları, otomatik bireysel suluklardan karşılanmıştır.

Hayvanların ferdi olarak bağlı bulunacakları bağlı (1.80 m x 1.10 m) durakların zeminine monte edilen Kauçuk ve Hayvan Döşeği zeminleri ticari bir firmadan satın alma yoluyla temin edilmiştir. Montajlama işlemi durak uzunluğu ve genişliğine uygun olarak kesilerek iki vida ile beton zemine tutturularak yapılmıştır.

Mikrobiyolojik Analizler

Çalışma süresinde denemede bulunan her bir hayvandan en az iki kere memelerden swap yöntemiyle mikroorganizma tespiti için örnekler alınmıştır. Bu

yöntemde her meme başı için steril ve tek kullanımlık swaplarla kullanılmış, meme başına ve memeye en az beş (Rendos *et al.* 1975) defa sürülerek steril swaplar fizyolojik su içinde bulunan tüplere yerleştirilmiş ve hemen Zootečni Süt laboratuvarına getirilerek analize geçilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde *coliform spp.* ve *streptokok spp.* bakılmıştır.

Koliform bakterileri için VRB (Violent Red Bile) Agar kullanılmıştır. VRB agar *in vitro* (canlı hücre dışında) yapılan standart mikrobiyolojik analizlerde koliform bakterileri için selektif katı besiyeri olarak kullanılmıştır. Dehidre besi yeri 39,5 g L⁻¹ olacak şekilde damıtık su içinde karıştırılarak kaynatılmış ve kaynama başladıktan sonra en çok 2 dakika daha kaynama sıcaklığında tutulup soğuyunca steril petri kutularına 12,5'er ml dökülmüştür. Hazırlanmış besi yeri parlak ve karanlık kırmızı renkte olmasına dikkat edilmiştir. 15-20°C'de ve besiyeri kutusu sıkıca kapalı tutulmuştur (Horrigan 1998).

Streptokok spp. bakterileri için M 17 Agar kullanılmıştır. M 17 Agar *in vitro* (canlı hücre dışında) yapılan standart mikrobiyolojik analizlerde laktik streptokokların sayımı, geliştirilmesi ve faj çalışmaları için katı besiyeri olarak kullanılmaktadır. Dehidre besiyeri 55 g L⁻¹ olacak şekilde ısıtılarak damıtık su içerisinde eritildi ve otoklavda 121°C 15 dak sterilize edilmiştir. Otoklav sonrasında 45-50°C soğutulup steril petri kutularına 12,5'er ml dökülmüştür. Hazırlanmış besiyeri berrak ve kahverengi renkte olmasına dikkat edilmiştir (Pichhard 2004).

Mikrobiyolojik analizler için alınan örnekler 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³ ve 10⁻⁴ oranında seyreltilerek katı besiyerine yayma yöntemi kullanılarak ekim yapılmıştır.

Yayma yönteminin esası, önceden petri kutularına dökülüp katılaştırılmış (hatta bu şekilde stoklanmış) ve belirli bir düzeyde kurutulmuş besiyerleri üzerine 0.1 ml örnek aktararak drigalski spatülü kıvrık bir cam baget ile bu miktarın besiyeri yüzeyine yayılmıştır.

Hormon ve Glukoz Analizleri

Farklı zemin tiplerinin süt sığırlarındaki etkisinin önemli bir ölçüsü hayvanların sağlık ve refah durumlarının incelenmesidir. Sığırların sağlık, refah ve stres durumlarının belirlenebilmesinin çok önemli ve somut kriterlerden birisi ise hormon seviyelerinin belirlenmesidir.

Araştırmada bu üç gruptaki süt sığırlarından kan örnekleri alınarak Atatürk Üniversitesi Veteriner

Fakültesi biyokimya laboratuvarında stres hormonlarının (kortizol, epinefrin ve glukoz) analizi yapılmıştır.

Çalışma süresi boyunca denemede bulunan hayvanlardan en az 3 kez vena jugularisten veteriner hekim kontrolünde kan alınmıştır. Alınan kanlar tüplere aktararak Veteriner Fakültesi biyokimya bölümünde serumlarına ayrılmak için 3500 devirde 10 dakika santrifüj edilerek -20 C⁰ dondurucuya koyularak analiz edilinceye kadar saklanmıştır.

Serum örnekleri kortizol, epinefrin ve glukoz konsantrasyonlarını analiz yapmak için ticari Bovine cortisol ELISA Kit, Bovine Epinephrine/Adrenaline (EPI) ELISA Kit, Glukoz dds (Diasis Diagnostic) kitlerin kullanım rehberine uyularak analiz edilmiştir.

Verilerin İstatistiksel Analizi

Araştırmada elde edilen veriler istatistiksel olarak 3x4 tam şansa bağlı faktöriyel deneme planına göre analiz edilmiştir. Denemede faktörlerden zemin tipinin 3 seviyesi [(beton, rubber mat, mattress)], laktasyon sırasının 4 seviyesi (1, 2, 3, 4+) analizde kullanılmıştır. Analizler SPSS (versiyon, 13.0) bilgisayar istatistik paket programında General Linear Model prosedürüne göre yapılmıştır.

Önemli bulunan faktörlerin alt gruplarına ait en küçük kareler ortalamaları arasındaki farkların kontrolünde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Streptokok ve Koliform sayıları logaritmik transformasyon yapıldıktan sonra istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Araştırma mikrobiyolojik analizler ve hormon ile ilgili analizler yapılırken aşağıdaki istatistik model kullanılmıştır.

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

Modelde;

Y_{ijk} : Herhangi bir ineğin ele alınan verim özelliği (mikrobiyolojik analizler ve hormon seviyeleri) bakımından değerini,

μ : Populasyon ortalamasını,

a_i : Zemin tipinin etkisini [beton, kauçuk (rubber mat) inek yatağı (mattress)]

b_j : Laktasyon sırasının etkisini (1, 2, 3, 4+),

$(ab)_{ij}$: Zemin Tipi * Laktasyon sırasının etkisiyonu,

e_{ijk} : Ortalaması 0, varyansı σ_e^2 olan sansa bağlı hatayı göstermektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Stres Hormonları

Kortizol ve epinefrin (adrenalin) stres hormonları olarak bilinir. Herhangi bir olumsuz durum ve şartta bu hormonların salgılanması vücutta normal düzeyde salgılandığından daha fazla olabilmektedir. Stres oluştuğunda vücutta, sempatik sinir sisteminin aktivitesi ve hormonal değişimler ile kan glukoz düzeyinin yükselmesi gibi fizyolojik ve biyokimyasal pek çok değişim meydana gelmektedir. Diğer taraftan, stres yaratan etken çok şiddetli değil fakat etki süresi uzunsa, glukokortikoid salınımı yavaş yavaş azalarak normal düzeye dönerken, vücutta da fizyolojik adaptasyon meydana gelmektedir. Stres esnasında kortizol ve plazma glukoz düzeyinin artmasına bağlı olarak glukozdan bir

stres göstergesi olarak yararlanılabilmektedir (Altınçekiç ve Koyuncu 2010). Stresi ölçmede karşılaşılan en büyük problem strese karşı verilen reaksiyonlarda hayvanlar arasında görülen varyasyondur.

Yaş, daha önceki deneyimler, insan-hayvan etkileşimi gibi birçok faktör rol oynamaktadır (Altınçekiç ve Koyuncu 2012).

Çalışmamızdan elde edilen kortizol, epinefrin ve glukoz değerleri ile ilgili sonuçların en küçük kareler ortalamaları ile standart hataları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Kortizol hormonu

Kortizol değeri genel ortalama olarak 2567.12±75.34 pg/ml olarak bulunmuştur. Zemin grupları arasındaki farklar önemli (P<0.05) Ls ve Grup*Ls bakımından farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 1. Kortizol, Epinefrin ve Glukoz değerlerine ait en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

		Kortizol (pg/ml)		Epinefrin (ng/ml)		Glukoz (mg/dl)	
		N	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	
Genel		89	2567.12 ± 75.34	11.90 ± 0.21		87.76 ± 1.02	
Grup			*	ÖS		ÖS	
	B	30	2344.68 ^a	120.58	11.89 ± 0.33	88.19 ± 1.63	
	K	29	2536.06 ^{ab}	135.55	11.88 ± 0.37	86.70 ± 1.83	
	M	30	2820.60 ^b	134.81	11.94 ± 0.37	88.38 ± 1.82	
Ls			ÖS	ÖS		*	
	1	21	2504.94 ± 143.80	12.48 ± 0.39		89.74 ^{ab} ± 1.94	
	2	18	2420.69 ± 168.62	11.28 ± 0.46		84.95 ^{ab} ± 2.28	
	3	30	2507.58 ± 119.23	11.79 ± 0.33		84.83 ^a ± 1.61	
	4+	20	2835.25 ± 165.81	12.05 ± 0.45		91.51 ^b ± 2.24	
Grup * Ls			ÖS	ÖS		ÖS	
	B	1	2112.79 ± 264.18	12.30 ± 0.72		90.96 ± 3.57	
		2	2339.81 ± 215.70	11.38 ± 0.59		85.16 ± 2.91	
		3	2301.89 ± 215.70	11.50 ± 0.59		85.82 ± 2.91	
		4+	2624.25 ± 264.18	12.36 ± 0.72		90.82 ± 3.57	
	K	1	2905.71 ± 264.18	12.99 ± 0.72		90.39 ± 3.57	
		2	2390.50 ± 373.61	11.48 ± 1.02		80.39 ± 5.04	
		3	2504.11 ± 215.70	11.75 ± 0.59		86.74 ± 2.91	
		4+	2343.91 ± 195.11	11.29 ± 0.53		89.27 ± 2.63	
	M	1	2496.33 ± 215.70	12.17 ± 0.59		87.87 ± 2.91	
		2	2531.75 ± 264.18	10.97 ± 0.72		89.30 ± 3.57	
		3	2716.75 ± 186.80	12.11 ± 0.51		81.93 ± 2.52	
		4+	3537.58 ± 373.61	12.51 ± 1.02		94.45 ± 5.04	

a-b: Bir sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır.

*: P<0.05 (Önemli), ÖS: Önemsiz, Ls: Laktasyon sırası, B: Beton, K: Kauçuk, M: Matress

Çizelge 1'e bakıldığında zemin grupları arasında kortizol seviyesi en yüksek olan M grubu olmuştur. B grubunda bulan hayvanlar ise diğer iki zemin grubuna göre daha düşük kortizol seviyesinde olduğu görülmektedir. 4+ laktasyondaki hayvanlarda kortizol seviyesi daha yüksek 2. laktasyondaki hayvanlarda ise kortizol seviyesi en düşük olduğu yine çizelgeden görülmektedir.

Epinefrin hormonu

Epinefrin değeri genel ortalama olarak 11.90 ± 0.21 ng/ml olarak bulunmuştur. Zemin grupları, Ls ve Grup*Ls bakımından farklar önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Zemin grupları arasında epinefrin seviyesi en yüksek olan M grubu olmuştur. B ve K grubunda bulunan hayvanların epinefrin seviyeleri birbirine çok yakın ve M grubuna göre daha düşük olduğu görülmektedir. Birinci laktasyondaki hayvanlarda epinefrin seviyesi daha yüksek 2. laktasyondaki hayvanlarda ise en düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Glukoz seviyesi

Glukoz değeri genel ortalama olarak 87.76 ± 1.02 mg/dl olduğu çizelge 1'den görülmektedir. Ls arasındaki farklar önemli ($P < 0.05$), zemin grupları ve Grup*Ls bakımından farklar önemsiz olarak bulunmuştur.

Çizelge 1'e bakıldığında glukoz seviyeleri bakımından K grubu diğer iki zemin grubuna göre (M ve B) daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. Laktasyon sırası bakımından ise 4+ laktasyondaki süt sığırlarının glukoz seviyesi daha yüksek olduğu görülmektedir. Literatür çalışmalarında ise farklı zemin tiplerinin bu tür stres hormonlarına etkisinin olduğu çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Hannien et al. (2006) farklı zemin tiplerinin buzağılarda büyüme ve kortizol hormonlarının salgılanmasına etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Ladewing and Smidt (1989) sert ızgaralı zeminlerde tutulan tosunlarda kortizol salınımında bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Panivivat et al. (2004) farklı altlık tiplerinin serum IG konsantrasyon ve stres göstergesi olarak kabul edilen kortizol, N:L oranının ve AGP değerlerinin

altlık tipinden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Sonuçlarımıza göre kortizol hormonu bakımından gruplar arasında bir farklılık çıkmış, epinefrin hormonu ve glukoz seviyelerinde bir farklılık çıkmamıştır. Ancak K ve M gruplarında rakamsal olarak B grubuna göre farklılıklar olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Bunun nedeni stres karşısında verilen tepkilerin hayvanlar arasında ferdi farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Yapılmış başka çalışmalarda ise Thun et al. (1981) tosunlardaki kortizol konsantrasyonunun sabah saatlerinde yüksek ve akşamları ise düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yüksel ve ark. (2009) sağlıklı ve subklinik mastitisli ineklerde yaptıkları çalışmalarında serum glukoz seviyesi yönünden gruplar arasında bir farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

Streptokok ve Koliform Sayıları

Farklı altlık veya zemin tiplerinin bir özelliği de üzerinde tutulan hayvanların zararlı mikroorganizma sayısını azaltmak ve en düşük seviyelerde tutmaktır. Çünkü zararlı patojenler hayvanın sağlığını ciddi manada etkileyebilmekte ve süt verim yönünden azalmalara sebep olabilmektedir.

Çalışmamızdan elde edilen streptokok ve koliform sayılarına ilişkin sonuçların en küçük kareler ortalamaları ile standart hataları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Streptokok \log_{10} genel ortalama olarak 5.68 ± 0.06 olarak bulunmuştur. M grubu B grubuna göre rakamsal olarak %1.79 ve K grubuna göre ise %3.57 daha az streptokok yoğunluğa sahiptir. Zemin grupları, Ls ve Grup*Ls interaksyonu bakımından farklar önemsiz olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2'ye bakıldığında M grubunda bulunan sığırlarda streptokok sayısı bakımından en düşük değere sahip olduğu, K grubunda bulunan sığırlarda ise streptokok sayısı bakımından daha yüksek olduğu görülmektedir. İkinci laktasyonda bulunan hayvanlarda streptokok sayısı diğer laktasyon gruplarında bulunan hayvanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Streptokok yoğunluğunun en düşük 3. laktasyondaki hayvanlarda olduğu Çizelgede 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. Streptokok ve Koliform değerlerine ait en küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

	N	Streptokok Sayıları \log_{10}		Koliform Sayıları \log_{10}		
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	
Genel	105	5.68	0.06	2.50	0.06	
Grup		ÖS		ÖS		
B	36	5.69	0.09	2.54	0.09	
K	34	5.76	0.12	2.48	0.12	
M	35	5.59	0.10	2.48	0.09	
Ls		ÖS		ÖS		
1	26	5.66	0.11	2.50	0.11	
2	19	5.85	0.15	2.60	0.16	
3	31	5.52	0.10	2.42	0.10	
4+	29	5.68	0.11	2.46	0.11	
Grup * Ls		ÖS		ÖS		
B	1	7	5.76	0.20	2.55	0.21
	2	9	5.66	0.18	2.69	0.18
	3	10	5.65	0.17	2.42	0.17
	4+	10	5.69	0.17	2.51	0.17
K	1	8	5.78	0.19	2.37	0.19
	2	2	6.04	0.38	2.45	0.39
	3	10	5.65	0.17	2.44	0.17
	4+	14	5.57	0.14	2.65	0.15
M	1	11	5.45	0.16	2.60	0.17
	2	8	5.83	0.19	2.66	0.19
	3	11	5.27	0.16	2.42	0.17
	4+	5	5.79	0.24	2.24	0.22

ÖS: Önemsiz, Ls: Laktasyon sırası, B: Beton, K: Kauçuk, M: Matress

Koliform sayısı bakımından ise genel ortalama olarak 2.50 ± 0.06 olarak bulunmuştur. Zemin grupları, Ls ve Grup*Ls bakımından bulunan farklar ise önemsiz çıkmıştır. M ve K grupları B grubuna göre %2.4 rakamsal olarak daha az koliform bakterisine sahip olmuşlardır. İkinci laktasyondaki hayvanlar diğer laktasyon grubundakilere göre koliform yükü bakımından daha yüksek olduğu çizelgeden görülmektedir (Çizelge 2).

Panivivat et al. (2004) farklı altlık tipleriyle yaptıkları çalışmalarında altlık olarak kullanılan pirinç

kavuzunda koliform sayısı bakımından daha yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Zdanowicz et al. (2004) talaş altlıkta bulunan sığırlarda meme başındaki koliform ve *klebsiella spp.* rakamsal olarak daha yüksek çıktığı ve kum zeminli bölmelerde bulunan sığırların meme başında *streptococcus spp.* türlerinin daha yoğun olarak çıktığını bildirmiştir. Kristula et al. (2008) kireçle muamele edilmiş mattres zeminli bölmelerde koliform, *Klebsiella spp.* *Escherichia coli* ve *Streptococcus spp.* türleri daha az çıkmış, hızar talaşı ve altlık serilmeyen

gruplarda ise *koliform* ve *klebsiella* yoğunluğu bakımından daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada yataklık için üç farklı zemin tipi malzeme kullanılmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde mattress zemin tipinde barındırılan Esmer süt sığırlarında kortizol seviyesinde

bir etkisi olmuş, epinefrin ve glukoz üzerine istatistiki olarak herhangi bir etkisi olmamıştır. Memedeki mikroorganizma yükü üzerine bir etkisi olmamış ancak mattress zeminde tutulan ineklerde azda olsa sayısal bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Belirtilen bu etkilerin tam anlamıyla nasıl olduğunu anlamak için benzer çalışmaların farklı çevrelerde, farklı altlık veya zemin tipleriyle ve farklı ırklar üzerinde yapılması bu konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alkan İ, Boynukara, B, Celep M, 1993. Van ve yöresinde sığır ayak hastalıklarının yayılışı, nedenleri ve sağaltımı üzerine bir araştırma. Y. Y. Ü. Vet. Fak. Derg. 4 (1-2), 87-95.
- Altınçekiç ŞO, Koyuncu M, 2010. Nakil Koşullarının Hayvan Refahı Üzerine Etkileri. Hayvansal Üretim, 51(1): 48-56.
- Altınçekiç ŞO, Koyuncu M, 2012.Çiftlik hayvanları ve stres. Hayvansal Üretim, 53(1): 27-37.
- Antepioğlu H, Samsar E, Akın F, Güzel N, 1992. Sığır Ayak Hastalıkları. A. Ü. Vet. Fak. Yay. 414. A. Ü. Basımevi. Ankara
- Bergsten C, 1997. Infectious Disease of The Digits. In: Greenough, P.R. Lameness in Cattle, 89-100 3 nd Edition. Saunders, Philadelphia, PA.
- Bewley J, Palmer, and Jackson-Smith, D. B. 2001. A comparison of free-stall barns used by modernized Wisconsin dairies. J. Dairy Sci. 84:528–541.
- Bramley A J, Neave FK, 1975. Studies on the control of coliform mastitis in dairy cows. British Veterinary Journal, 131(2):160-169.
- Fairchild T P, McArthur BJ, Moore JH, Hylton W E, 1982. Coliform counts in various bedding material. J. Dairy Sci, 65:1029–1035.
- Greenough PR, McCallum FJ, Weaver AD, 1981. Lameness in cattle 2nd ed., John Wright and sons. Ltd., Bristol.
- Hanninen L, Lovendahl P, De Passille AM, Rushen J, 2006. The effect of floor type or relocation on calves' pulsatile growth hormone and cortisol secretion. Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science, 56 (2) : 99-108.
- Hogan J S, Smith K L, 1997. Bacteria counts in sawdust bedding. J. Dairy Sci, 80 (8):1600–1605.
- Hogan JS, Bogacz LM, Thompson S, Romig PS, Schoenberger Weiss WP, Smith KL, 1999. Bacterial counts associated with sawdust and recycled manure bedding treated with commercial conditioners. Journal of Dairy Science, 82 (8):1690–1695.
- Hogan JS, Smith KL, Hoblet KH, Schoenberger PS, Todhunter DA, Hueston WD, Pritchard, DE Bowman GL, Heider LG, Brockett BL, Conrad HR, 1989. Bacterial counts in bedding materials used on nine commercial dairies. Journal of Dairy Science, 72 (1): 250-258.
- Horrigan WF, 1998. Laboratory Method in Food Microbiology Academic Press, San Diego, USA, 532 p.
- Janzen JJ, Bishop JR, Bodine AB, Caldwell CA, Johnson DW, 1982. Composted dairy waste solids and crushed limestone as a bedding in freestalls. J. Dairy Sci, 65 (6):1025–1028.
- Kristula MA, Dou Z, Toth JD, Smith BI, Harvey N, Sabo M, 2008. Evaluation of free-stall mattress bedding treatments to reduce mastitis bacterial growth. J. Dairy Sci, 91(5) :1885–189.
- Ladewig J, Smidt, D, 1989. Behavior, episodic secretion of cortisol, and adrenocortical reactivity in bulls subjected to tethering. Hormones and Behavior, 23 (3): 344-360.
- Manninen E, de Passillé AM, Rushen J, Norring M, Saloniemi H. 2002. Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring. App. Anim. Behav. Sci, 75 (4): 281-292.
- Metin J, 2009. Klasik batı müziğinin Esmer sığırlarda süt verimi, süt bileşenleri, günlük davranış ve sağım öncesi davranış özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Newman LE, Kowalski JJ, 1973. Fresh sawdust bedding—a possible source of *Klebsiella* organisms. Am. J. Vet. Res, 34:979.
- Panivivat R, Kegley EB, Pennington JA, Kellogg DW, Krumpelman SL, 2004. Growth performance and health of dairy calves bedded with different types of materials. J. Dairy Sci, 87 (11): 3736–3745.
- Pichardt K, 2004. Gıda Mikrobiyolojisi (Gıda Endüstrisi için Temel Esaslar)Uygulamalar. (Çevirenler:Y.Seçkin, N.Karagözlü. Literatür, Yayıncılık, İstanbul, Türkiye, 358 p.
- Rendos JJ, Eberhart RJ, Kesler EM, 1975. Microbial populations of teat ends of dairy cows, and bedding materials. J. Dairy Sci, 58 (10): 1492-1500.
- Roussel S, Boiss A, Montigny D, Hemsword PH, Duvaux-Ponter C, 2005. Gender specific effects of prenatal stress on emotional reactivity and stress physiology of goat kids. Hormones and Behaviour. 47 (3): 256-266.
- SPSS. 13.0 Base User's Guide. SPSS Inc. Chicago, IL. 2004.
- Sağlıyan A, Ünsaldı E, 2002. Tunceli ve Yöresindeki Sığırlarda Karşılaşılan Ayak Hastalıklarının İnsidansı Üzerine Gözlemler. Fırat Üniversitesi Sağ. Bil. Der, 16 (1): 47-56.

- Thomas SC, Nordstrom J, Svennersten-Sjaunja K, Wiktorsson H, 2005. Maintenance and milking behaviours of Murrah buffaloes during two feeding regimes. *App. Anim. Behav. Sci*, 91(3): 261-276.
- Thun R, Eggenberger E, Zerobin K, Luscher T, Vetter W, 1981. 24-Hour Secretory Pattern of Cortisol in The Bull - Evidence of Episodic Secretion and Circadian-Rhythm. *Endocrinology*, 109 (6): 2208-2212.
- Tucker CB, Weary DM, Fraser D, 2003. Effects of Three Types of Freestall Surfaces on Preferences and Stall Usage by Dairy Cows. *J. Dairy Sci*, 86 (2) :521-529.
- Vokey FJ, Guard CL, Erb HN, Galton DM, 2001. Effect of alley surfaces on indices claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. *J.Dairy Sci*, 84 (12): 2686-2699.
- Yanar M, Kartal TZ, Aydın R, Koçyiğit R, Diler A, 2010. Effect of different floor types on the growth performance and some behavioural traits of Holstein Friesian calves. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 20 (3): 175-179.
- Yüksel M, Kandemir FM, Deveci H, Özdemir N, 2009. Sağlıklı ve subklinik mastitisli ineklerde kan serumu ALP, ALT ve glukoz düzeyleri üzerine çalışma. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 4 (3):163-168.
- Zdanowicz M, Shelford JA, Tucker CB, Weary DM, Von Keyserlingk MAG, 2004. Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. *Journal of Dairy Science*, 87(6): 1694-1701.