



# Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences  
Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

ISSN (Print): 1308-8750  
ISSN (Online): 1308-8769

<http://dergipark.gov.tr/omuanajas>

# ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

Anadolu Journal of Agricultural Sciences  
Ulusallararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

## Sahibi/Publisher

Prof. Dr. Sait BİLGİÇ (rektor@omu.edu.tr)

## Yazı İşleri Sorumluları/Editors

Prof. Dr. Yusuf DEMİR (yusufd@omu.edu.tr)  
Prof. Dr. Hüseyin ÇELİK (huscelik@omu.edu.tr)  
Doç. Dr. Hakan ARSLAN (hakan.arслан@omu.edu.tr)  
Doç. Dr. Deniz EKİNCİ (dekinci@omu.edu.tr)  
Prof. Dr. Miray SÖKMEN (mirays@omu.edu.tr)  
Prof. Dr. Kürşat DEMİRÜREK (kursatd@omu.edu.tr)  
Prof. Dr. Hüsnü DEMİRSOY (husnud@omu.edu.tr)  
Prof. Dr. Bilal CEMEK (bcmek@omu.edu.tr)  
Prof. Dr. Orhan DENGİZ (odengiz@omu.edu.tr)  
Doç. Dr. Ferat UZUN (fuzun@omu.edu.tr)  
Doç. Dr. Ali Vaiz GARIPOĞLU (alivaizg@omu.edu.tr)  
Yrd. Doç. Dr. Alper TANER (alper.taner@omu.edu.tr)  
Yrd. Doç. Dr. Levent MERCAN (lmercan@omu.edu.tr)

## Ulusallararası Danışma Kurulu / International Advisory Board

Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ (abilgic@atauni.edu.tr)  
Atatürk Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Canan CAN (can@gantep.edu.tr)  
Gaziantep Üniversitesi, Türkiye  
Doç. Dr. David HERAK (herak@tf.czu.cz)  
Czech University of Life Sciences, Czech Republic  
Doç. Dr. Murat ÇANKAYA (cankayamuratt@gmail.com)  
Erzincan Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Fikretin ŞAHİN (fsahin@yeditepe.edu.tr)  
Yeditepe Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN (ahmet.sahin@ahievran.edu.tr)  
Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir  
Prof. Dr. Süleyman KODAL (kodal@agri.ankara.edu.tr)  
Ankara Üniversitesi, Türkiye  
Doç. Dr. Murat ŞENTÜRK (msenturk@agri.edu.tr)  
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Nebahat SARI (nesari@cu.edu.tr)  
Çukurova Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Sedat SERÇE (sedatserce@nigde.edu.tr)  
Niğde Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN (kcarman@selcuk.edu.tr)  
Selçuk Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Hsin Chi (hsinchi@dragon.nchu.edu.tw)  
National Chung Hsing University, Taiwan, Republic of China  
Prof. Dr. Jozsef RATKY (jratky@atk.hu)  
Res. Inst. for Animal Breeding and Nutrition, Hungary  
Prof. Dr. Mogens VESTERGAARD  
(mogens.vestergaard@agrsci.dk) University of Aarhus,  
Denmark

Prof. Dr. Claudiu T. Supuran, (claudiu.supuran@unifi.it)  
Univ Florence, Italy  
Assit. Prof. Dr. Marketa Mihalikova (mihalikova@af.czu.cz)  
Czech University of Life Sciences, Czech Republic  
Prof. Dr. Ünal KIZIL (unal@comu.edu.tr)  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye  
Prof. Dr. Soner ÇANKAYA (sonercankaya@gmail.com)  
Ordu Üniversitesi, Türkiye  
Doç. Dr. Kağan KÖKTEN (kahafe1974@yahoo.com)  
Bingöl Üniversitesi, Türkiye  
Doç. Dr. Şenay ŞİMŞEK (senay.simsek@nds.u.edu)  
North Dakota State University, USA

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi Şubat, Haziran ve Ekim aylarında olmak üzere yılda üç sayı olarak yayınlanır. AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, FAO AGRIS/CARIS, arastirmax, NewJour ve TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin (Yaşam Bilimleri Veri Tabanı, 1998-) tarafından taranmaktadır.

Anadolu Journal of Agricultural Sciences (ANAJAS) is published as three issues (February, June and October) per a year. ANAJAS is indexed and abstracted in AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, FAO AGRIS/CARIS, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, arastirmax, NewJour and TUBITAK-ULAKBİM TR Index (Life Science Data Base, 1998-).

## Amaç ve Kapsam

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Tarımsal alanlarda yürütülen çalışmalardan üretilen orijinal makaleleri yayımlamaktadır. Ayrıca, güncel konulardaki davetli derlemelere de yer verilmektedir. Basım dili Türkçe ve İngilizcedir.

## Aim and Scope

Anadolu Journal of Agricultural Sciences is a forum for presenting articles on basic and applied research, thus making new findings, methods and techniques easily accessible and applicable in practice. It publishes original papers on research in the fields of agriculture. Invited reviews on popular topics are published. Articles are published in Turkish and English.

ISSN (Print): 1308-8750

ISSN (Online): 1308-8769

<http://dergipark.gov.tr/omuanajas>

## Yazışma adresi / Correspondence

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 55139 Atakum/Samsun  
Tel: 0 (362) 312 19 19 Fax: 0 (362) 457 60 34 e-mail: [zyfayin@omu.edu.tr](mailto:zyfayin@omu.edu.tr)

**Bitki Koruma (Plant Protection)**

- Bursa’da plum pox virus (Şarka)’ün yaygınlığının ve genetik çeşitliliğinin belirlenmesi  
Determination of prevalence and genetic diversity of plum pox virus (sharka) in peach orchards in Bursa  
Kahraman Gürcan      1

**Tarım Ekonomisi (Agricultural Economics)**

- Türkiye’de biyokütle fiyatındaki değişimin biyoetanol maliyeti üzerine etkileri  
Effects of biomass price variation on the production cost of bioethanol in Turkey  
Selime Canan, Vedat Ceyhan      16

- Samsun ili Bafra ilçesinde sulama birliği çiftçi ilişkileri ve çiftçilerin sulama suyu kullanım karakteristikleri  
Irrigation water use characteristics of farmers and their interaction with irrigation union in Bafra district of Samsun province, Turkey  
Esin Hazneci, Halil Kızılaslan      23

- Destekleme politikalarının Türkiye’deki tarımsal etkinlik ve toplam faktör verimliliğine etkileri  
Impacts of the support policies on agricultural efficiency and total factor productivity in Turkey  
Nevra Alhas Eroğlu, Mehmet Bozoğlu      35

**Tarım Makineleri (Agricultural Machinery)**

- Elma (malus communis l) yetiştiriciliğinde enerji girdi-çıkıtı analizi: Tekirdağ ili örneği  
Determination of energy balance of apple (Malus Domestica) production in Turkey: A case study for Tekirdag province  
İlhan H. Çelen, Mehmet Fırat Baran, Eray Önler, Yılmaz Bayhan      40

- Şeftali çeşitlerinde çarpma parametreleri ile zedelenme arasındaki ilişkilerin belirlenmesi  
Determination of relationships between brusing and impact parameters on peach varieties  
Büşra Usta, Yeşim Benal Öztekin      46

**Tarımsal Yapılar ve Sulama**

- Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanılarak farklı sera modellerindeki sıcaklık dağılımının değerlendirilmesi  
Evaluation of temperature distribution in different greenhouse models using computational fluid dynamics (CFD)  
Bilal Cemek, Aslıhan Atış, Erdem Küçüktopçu      54

- Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile Belirlenmesi  
Determination of spatial distribution of iron and manganese contents with different interpolation methods at rice cultivated areas  
Mehmet Taşan, Yusuf Demir      64

**Tarla Bitkileri (Field Crops)**

- Karacadağ’ın farklı yükseltilerindeki meraların durumu ve ot kalitesinin belirlenmesi  
Determination of forageyield and conditions of rangelands at different altitudes of Karacadağ  
Ali Aydın, Mehmet Başbağ      74

Bazı ekmeklik buğday ( <i>Triticum aestivum</i> L.) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi Determination of grain yield and quality traits of some bread wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.) varieties Zeki Mut, Özge Doğanay Erbaş Köse, Hasan Akay	85
---	----

### **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme (Soil Science and Plant Nutrition)**

Aluviyal araziler üzerinde oluşmuş farklı toprakların uygun toprak işleme durumlarının belirlenmesi Determination of suitable workability case for different soils formed on alluvial land Orhan Dengiz, Fatma Esra Gürsoy, Mustafa Sağlam	96
--	----

Çelikli Havzası arazisinin detaylı toprak etüt, haritalama ve sınıflandırılması Soil surveying, mapping and classification of The Çelikli Basin soils Ertuğrul Karaş, İrfan Oğuz, Rasim Koçyiğit	105
--	-----

Organik düzenleyici uygulamalarının yapay yağış koşulları altında toprak kaybı üzerine etkileri Effects of organic conditioner applications on soil loss under simulated rainfall conditioner Nutullah Özdemir, Elif Öztürk, Ömrüm Tebessüm Kop Durmuş	114
--	-----

Tuz stresi altındaki biber ( <i>Capsicum Annuum</i> L.) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri Effects of some organic and inorganic compounds on antioxidative system in pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L.) plant under salt stress Atilla Levent Tuna, Büşra Eroğlu	121
--	-----

### **Zootekni (Animal Science)**

Pestisit klorprifosun rat ( <i>wistar albino</i> ) karaciğerinde oluşturduğu hasar üzerine kurkuminin antioksidan etkisinin incelenmesi Investigation of curcumin's antioxidant effect on pesticide chlorpyrifos caused damage in rat ( <i>Wistar albino</i> ) liver Sevcan Mercan, Banu Eren, Nazan Dinç	132
---	-----

Pestisit klorprifosun neden olduğu testis doku hasarı üzerine kurkuminin antioksidan etkisinin ışık mikroskopik olarak incelenmesi Investigation of antioxidant effect of curcumin on testicular tissue damage caused by pesticide chlorpyrifos under light microscopy Banu Eren, Sevcan Mercan, Nazan Dinç	139
---	-----



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.290191



**Bursa’da *plum pox virus* (Şarka)'ün yaygınlığının ve genetik çeşitliliğinin belirlenmesi**

**Kahraman GÜRCAN**

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kayseri, Turkey  
Sorumlu yazar/corresponding author:kgurcan@erciyes.edu.tr

Geliş/Received 21/01/2016 Kabul/Accepted 15/03/2016

**ÖZET**

*Plum pox virus* (PPV) tarafından oluşturulan Şarka hastalığı, sert çekirdekli meyve türlerinin en önemli viral hastalığı olarak görülmektedir. Son yıllarda yapılan nükleotid dizileme çalışmaları ile PPV'nin Türkiye’de şehir merkezi ev bahçelerinde sanıldığından daha fazla yaygınlık ve genetik çeşitlilik gösterdiği belirlenmiştir. Ev bahçeleri Türkiye tipi PPV-D ve PPV-T ırkları ile bulaşık iken, kapama bahçeler Avrupa tipi PPV-M ırkı ile bulaşmıştır. Bursa ili Türkiye’de önemli bir şeftali ve fidan üretim bölgesi olup, aynı zamanda Avrupa’dan gelen fidanların Türkiye içinde dağıtım merkezidir. Bu nedenle iyi izlenmesi gereken bir ildir. Bu çalışmada, Bursa ilinde surveyler yapılmış, tespit edilen PPV-pozitif örnekler ait izolatlar, Türkiye’nin diğer bölgelerinde ve Avrupa’da PPV izolatları ile karşılaştırılmıştır. Bursa ili ve civarında, 50 kapama bahçeden 118 örnek DASI-ELISA ve RT-PCR yöntemleri ile test edilmiş, 32 bahçeden alınan 64 örnek pozitif bulunmuştur. Bu örneklerin 664 nt uzunluğunda P3-6K1 bölgesi ve 969 nt uzunluğunda CT-3’UTR bölgesi dizilenmiş, GenBank’a kayıtlı 200 adet izolat ile birlikte analiz edilmiştir. Otuz şeftali bahçesinden alınan 56 izolatin, Türkiye kapama bahçelerinde tespit edilen Avrupa PPV-M izolatu olduğu belirlenmiştir. Bursa’da iki erik bahçesinden alınan 8 adet izolat ise PPV-D olarak tespit edilmiş olup, bu izolatlar Türkiye tipi PPV-D izolatları ile aynı grupta yer almıştır. Sonuç itibarıyla, Bursa kapama şeftali bahçelerinin Avrupa tipi PPV-M ile yaygın olarak bulaşık olduğu ve bu izolatların PPV’nin yeni giriş yaptığı Aydın, Denizli, Çanakkale, Isparta ve Kayseri illeri kapama bahçe izolatları ile yakın genetik benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuç, PPV-M ırkının Türkiye’de yayılmasında, Bursa-Türkiye üzerinden olan fidan trafiğinin rolüne işaret etmiştir.

**Anahtar Sözcükler:**

Şarka  
Şeftali  
Sert Çekirdekli meyveler  
PPV-Marcus  
PPV-Dideron

**Determination of prevalence and genetic diversity of *plum pox virus* (sharka) in peach orchards in Bursa**

**ABSTRACT**

*Plum pox virus* (PPV) is the most important viral disease of stone fruit species. Recent nucleotide sequencing studies have revealed that PPV is prevalent and exhibits high genetic diversity in residential gardens of several provinces in Turkey. Trees in residential gardens have been found to be infected by Turkish type PPV-D and PPV-T while trees in professional orchards in several cities have been found to be affected by the European strain PPV-M. The province Bursa is main peach producer region in Turkey but moreover Bursa hosts big nursery industry and is the distribution center of seedlings imported from European countries. In this research, surveys were made in the orchards of Bursa and surrounding regions, and comparisons were made in order to investigate genetic relationships among the isolates of Bursa and other PPV isolates determined in Turkey as well as European PPV isolates. A total of 118 samples from 50 orchards were examined by DASI-ELISA and RT-PCR methods. Of the all, 64 samples from 32 orchards were found to be infected with PPV. The P3-6K1 gene region with 664 nt length and the CP-3’UTR with 970 nt of the 64 isolates were sequenced and analyzed along with 200 sequence records in the GenBank database. Fifty-six isolates were identified as European type PPV-M. Eighth isolates from two plums orchard in Bursa were identified as PPV-D and grouped with Turkish type PPV-D. These results indicate that Bursa-Turkey seedlings traffic pathway seems to be the source of PPV-M infection in the orchards in the country.

**Keywords:**

Sharka  
Peach  
Stone fruits  
PPV-Marcus  
PPV-Dideron

## 1. Giriş

*Plum pox virus* (PPV) sert çekirdekli meyvelerin en önemli viral etmeni olarak kabul edilmekte olup (Cambra ve ark., 2006), moleküler bitki patolojisinde en çok çalışılan 10 bitki virüsü arasında yer almaktadır (Scholthof ve ark., 2011). PPV, şu anda bilinen bitki virüslerinin yaklaşık % 30'unu kapsayan Potyvirus cinsinin bir üyesidir. PPV sert çekirdekli meyve ağaçları için öldürücü değildir, fakat olgunlaşmadan meyve dökümüne neden olur, verimi düşürür ve meyve pazar değerini yok eder. Hastalığın belirtileri olarak klorotik lekeler, yaprak veya meyve halkaları, yapraklarda bükülme, meyvelerde koflaşma, şişkinlikler, renk açılmaları, kayısı çekirdeklerinde halkalı lekeler, şeftali çiçeklerinde renk açılmaları sayılabilir. Enfeksiyon bir kez başladıktan sonra, virüsün sert çekirdekli meyve üreten bölgelerde kontrolü oldukça zordur (Cambra ve ark., 2006).

PPV'nin sekiz ırkı tanımlanmıştır: C (Chery), Cr (Cherry Russia), D (Dideron), M (Marcus), EA (El Amar), Rec (Recombinant), T (Turkey) ve W (Winona) (García ve ark., 2014). Son olarak An (Ancestor Marcus), yeni bir ırk olarak önerilmiştir (Palmisano ve ark., 2012; García ve ark., 2014). PPV-D ve PPV-M epidemiyolojik olarak ilk tanımlanan (Kerlan ve Dunez, 1979) iki yaygın gruptur. PPV-M, Güney, Doğu ve Orta Avrupa'da oldukça yaygındır (Myrta ve ark., 2001). PPV-M ilk olarak Yunanistan'da şeftaliden izole edilmiştir. Şeftalide yaygın olduğu gibi kayısı ve erik ağaçları da yaygın konukçusudur. Bir çok ülkede PPV-D ırkı rapor edilmiştir (James ve ark., 2013). PPV-D, Avrupa'dan sonra Kuzey Amerika (Levy ve ark., 2000), Güney Amerika (Roy ve Smith, 1994) ve Japonya'da (Maejima ve ark., 2011) rapor edilmiştir. PPV-Rec, PPV-D ve M'den sonra en yaygın ırk olup, Orta ve Doğu Avrupa'da yayılmış (Glasa ve ark., 2004); Türkiye'de (Candresse ve ark., 2007; Gürcan ve Ceylan, 2016b) ve Kanada'da (Thompson ve ark., 2001) tespit edilmiştir. PPV-An Arnavutluk'ta (Palmisano ve ark., 2012); PPV-C, Moldova'da (Kalashyan ve ark., 1994) ve Güney İtalya'da (Crescenzi ve ark., 1997); PPV-CR, Rusya'da (Glasa ve ark., 2013); PPV-EA, Mısır'da kayısı ağaçlarında (Wetzel ve ark., 1991) rapor edilmiştir. PPV-T, Türkiye (Ulubaş Serçe ve ark., 2009); PPV-W, Kanada (James ve ark., 2003) ve Avrupa'da (Glasa ve ark., 2011) rapor edilmiştir.

Türkiye'de PPV ilk olarak yaklaşık yarım yüzyıl önce Edirne'de erikte tespit edilmiştir (Şahtiyancı, 1969; Kurçman, 1973). Sonraki yıllarda, Adana, Aydın, Ankara, Antalya, Aksaray, Edirne, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Denizli, Eskişehir, Kayseri, Kırklareli, Konya, İstanbul, İzmir, İzmit, Manisa, Mersin, Sakarya, Samsun, Tekirdağ ve Yalova illerinde (Akbaş ve ark., 2011; Candresse ve ark., 2007; Ceylan ve ark., 2014; Çelik ve Topkaya Kütük 2013; Çıtır ve İlbağı, 2008; Deligöz ve ark., 2015; Elibüyük 2004; Gümüş ve ark., 2007; Gürcan ve ark., 2016; Gürcan ve

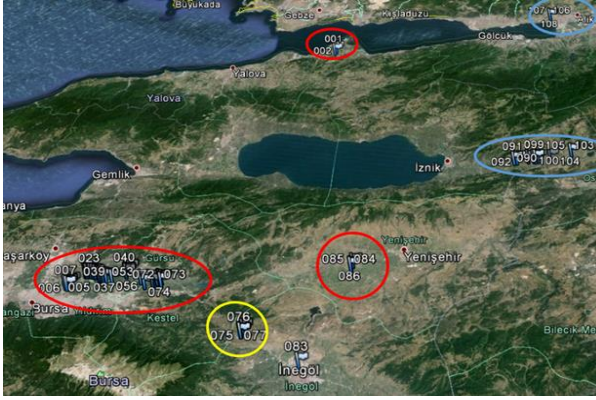
Ceylan, 2016b; İlbağı ve Çıtır, 2014; İlbağı ve ark., 2008; İlbağı ve Çıtır, 2014; Koç ve Baloğlu, 2006; Ulubaş Serçe ve ark., 2011) PPV tespit edilmiştir. Türkiye'de PPV birçok kez rapor edilmesine rağmen, genelde serolojik test kullanılması, ırk belirlemeye yönelik antikörlerin piyasada yeterince bulunmaması ve dizi analizi çalışmalarının son yıllara kadar mümkün olmaması gibi nedenlerden dolayı birçok bölgede PPV ırkı ve genetik varyasyonları rapor edilememiştir. Son yıllarda yapılan nükleotid dizileme çalışmaları, Türkiye'de PPV-D, M ve T ırklarının yaygın olduğunu göstermiştir. Nükleotid dizilemeye dayalı olarak PPV-M izolatu, Bursa, Aydın, Çanakkale, Denizli, Isparta ve Kayseri (Gürcan ve Ceylan, 2016b) illeri kapama bahçelerinde saptanmıştır. Bu illerde bulunan M izolatlarının filogenetik ağaçta Avrupa M izolatları ile birlikte grup oluşturduğu görülmüştür. Aynı zamanda, Türkiye'ye özgün bir PPV-M gurubu ise, sadece İstanbul'da bulunmuştur (Gürcan ve ark., 2016). Türkiye'ye özgün İstanbul-M ırkının 10 izolatının tüm genomu dizilenmiştir (Teber ve Gürcan, 2016). Dizilemeye dayalı olarak PPV-D ırkı Türkiye'de; Aksaray/Ortaköy ve yakın köylerinde, Ankara, Bursa, Eskişehir, İstanbul, Konya ve Tekirdağ illerinde rapor edilmiştir (Gürcan ve Ceylan, 2016b). D izolatlarının 6 âdetinin tüm genomu dizilenmiş, filogenetik ağaçta Türkiye PPV-D izolatlarının bir grup, dünyanın geri kalan ülkelerinin izolatlarının ise, ayrı bir grup oluşturduğu görülmüştür. Sonuçlar, Türkiye D izolatlarının Avrupa D izolatlarından farklı bir evrim tarihine sahip olabileceğine işaret etmiştir (Gürcan ve Ceylan, 2016a). Türkiye dışında sadece Arnavutluk'ta rapor edilen (Palmisano ve ark., 2015) PPV-T ırkı, Türkiye'de Ankara, İzmir, İstanbul, Kayseri, Konya, Tekirdağ ve Samsun illerinde tespit edilmiştir (Ulubaş Serçe ve ark., 2009; Ulubaş Serçe ve ark., 2011; İlbağı ve Çıtır, 2014; Deligöz ve ark., 2015; Gürcan ve Ceylan, 2016b). ). Son yıllarda, Türkiye T izolatlarının 15 âdetinin tüm genomu dizilenmiştir (Ulubaş Serçe ve ark., 2009; Ceylan ve ark., 2015). PPV-Rec ise, Isparta (Candresse ve ark., 2007) ve Bursa'da (Gürcan ve Ceylan, 2016b) rapor edilmiştir.

Türkiye'de önemli bir şeftali üretim bölgesi olan Bursa, aynı zamanda oldukça önemli bir fidan üretim yeri ve Avrupa'dan gelen fidanların Türkiye içinde dağıtım merkezilerinden biridir. Bursa ili, Türkiye fidan trafiğinde ve dolayısıyla bitkisel materyal ile taşınan meyve hastalıklarının Türkiye içinde yayılmasında önemli potansiyele sahiptir. Bursa'da PPV'nin mevcut olduğu 2011 ve 2016 yıllarında yayımlanan çalışmalarla belirlenmiştir. (Akbaş ve ark., 2011; Gürcan ve Ceylan, 2016b). Bu çalışmada farklı şehirlerde kapama bahçelerde hastalık yapan PPV izolatları ile Bursa izolatları arasındaki moleküler benzerlik araştırılmış, böylece PPV'nin kapama bahçelere bulaşma rotası belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Survey

Bursa ili ve civarında kapama sert çekirdekli meyve bahçeleri, 2015 ve 2016 Mayıs aylarında PPV belirtileri bakımından incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 50 bahçede surveyler yapılmış ve PPV'nin yapraklarda tipik belirtileri, sarıdan açık yeşile değişen halka ve lekeler, çizgi ve bantlar; meyvede deformasyon, halka ve şişkinlik belirtileri araştırılmıştır. Survey yapılan bölgenin Google Earth görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Örneklerin alındığı bölgeleri gösteren Google Earth görüntüsü

Şekil 1. de kırmızı daire içine alınan üç bölge PPV-M ile bulaşık alanları göstermektedir. Sarı daire PPV-D ile bulaşık örneklerin toplandığı, mavi ise örneklerin negatif çıktığı iki bölgeyi göstermektedir. GPS rakamlarının yoğunluğu ile pozitif örnek yoğunluğu orantılı değildir. En çok örnek Bursa Merkez ve Gürsu civarındaki bahçelerden alınmıştır. Google Earth genişletilip bu bölge odaklandığında tüm örneklerin alındığı noktalar görülebilmektedir.

### 2.2. Double Antibody Sandwich Indirect (DASI)-ELISA Testi

Surveyler sırasında toplanan yaprak örnekleri araba tipi buzdolabı içinde Kayseri'ye getirilmiş ve laboratuvarında Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Teşkilatı (European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) protokolüne göre 1 gr yaprak, 20 ml ekstraksiyon çözeltisi içinde homojenize edilmiştir (EPPO 2004). Ekstraksiyon çözeltisi, Phosphate buffer saline (PBS), % 2 Polyvinylpyrrolidone (PVP-10) ve % 0.2 sodium diethyl dithiocarbamate (DIECA) karıştırılarak hazırlanmıştır. Homojenize edilmiş örnekler -20 °C'de muhafaza edilmiştir. DASI-ELISA, PPV'ye özgü antikor 5B-IVIA kullanılarak yapılmıştır. DASI-ELISA kitleri, Real, (Valencia, İspanya) şirketinden satın alınmış ve testler, üretici firmanın talimatlarına ve EPPO protokolü (2004)'ne göre yapılmıştır. Testler 96 kuyuluk ELISA pleytlerinde

yapılmış ve her örnek için ikişer kuyu kullanılmıştır. Her ELISA pleytinde negatif, pozitif ve tampon kontrol bulunmuş ve okumalar, PowerWave 200 (BioTek Instruments, Winooski, VT, USA) spektrofotometrede 405 nm dalga boyunda, 30, 60 ve 90'inci dakikalarda olmak üzere üçer kez yapılmıştır. Negatif kontrolün en az 2 katı ve üzeri optik yoğunluğa (optical density; OD) sahip örnekler pozitif olarak kabul edilmiştir.

### 2.3. RT-PCR

Homojenize örneklerden alınan 300 µl ekstrakt RNA izolasyonu için kullanılmıştır. Total RNA'lar Geneaid marka ticari kit (Geneaid Biotech Ltd, Taiwan) kullanılarak izole edilmiştir. RNA miktarı NanoDrop 2000 (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. cDNA'lar Moloney Murine Leukemia Virus (M-MLV) ters transkriptaz (Invitrogen, ON, Kanada) kullanarak üretici firmanın protokolü modifiye edilerek elde edilmiştir. Özetle, 1 µl 70 µM Oligo(dT)23 ve 1 µl 10 mM dNTP, 10 µl RNA (ortalama 30 ng/ml RNA) ile karıştırılıp, 5 dakika 65°C'de tutulmuş, daha sonra buzun üzerinde soğutulmuştur. Üzerine karışım B [4 µl 5X First-Strand Buffer, 2 µl 0.1 M DTT ve 1 µl (200 U) M-MLV] eklenmiş ve 37 °C'de 50 dk, 70 °C 'de 15 dk tutulmuştur. PPV'ye özgün iki primer çifti kullanılarak PCR yöntemiyle cDNA çoğaltılmıştır. Birinci primer çifti PPV genomunda 2915 ve 3750 nt arasındaki 835 nükleotidlik bölgeyi çoğaltmakta olup (Numaralandırma GenBank AJ243957 numaralı izolata göre yapılmıştır), P3 genin 3' bölgesini (580 nt), 6K1 geninin tamamını (156 nt) ve CI geninin 100 nt 5' bölgesini içermektedir. Bu bölge için 5' primer PP3 ve 3' primer PCI primer dizisi Glasa ve ark., (2002) tarafından geliştirilmiştir. İkinci bölge olarak ise PPV Genomunda 8727-9784 nt arası (Numaralandırma GenBank emb|HF585104.1 numaralı izolata göre yapılmıştır) çoğaltılmıştır. Bu bölge PPV genomunun 3' kılıf proteini (842nt) bölgesini ve 3' UTR (215 nt)'sini içermektedir. Bu bölge için 5' primer (5'-CCAGCAACAACCTCAGCCTGC-3') ve 3' primer (5'-CTCTTGACAAAGAACTAT-3') Primer3 programı kullanılarak geliştirilmiştir.

PCR karışımı 25 µl toplam hacimde: 2.5 µl 10X Taq Buffer, 25 mM MgCl<sub>2</sub>, 5 mM dNTP 0.5 µl Taq polimeraz (5 U), 25 µM 5' primer, 25 µM 3' primer ve 2.5 µl cDNA içerecek şekilde hazırlanmış ve Thermal Cycler cihazında (T100 Termal Cycler (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, ABD) çoğaltım gerçekleştirilmiştir. PCR programı 94 °C'de 3dk ve 35 döngü 94 °C'de 30 sn, 60 °C'de 1 dk, 72 °C'de 1,5 dk ile son olarak 72 °C'de 15 dk son uzama olacak şekilde ayarlanmıştır. PCR ürünlerinden 7'şer µl'si 0.5 µg/ml oranında ethidium bromid içeren % 2'lik agaroz jele yüklenmiş ve 1X TBE tamponu içinde 100 V' ta 3 saat süre ile yürütülmüştür. Sonuçlar, DNA görüntüleme cihazında UV ışık altında gerçekleştirilmiştir. Kalan PCR ürünleri nükleotid dizileme çalışması için

kullanılıncaya kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

#### 2.4. Dizi analizi

PCR ürünleri önce ExoSap uygulanarak temizlenmiştir. Bunun için Exonuclease I'den 0,5 µl ve Shrimp Alkaline Phosphatase enziminden 1 µl, 5 µl PCR ürünü ile karıştırılıp 37 °C'de 30 dk ve 80 °C'de 15 dakika inkube edilmiştir. Parçaların dizinlenmesinde BigDye Terminator v1.1 Cycle Sequencing kiti (Applied Biosystems, Foster City, CA, ABD) kullanılmıştır. Nanodrop (NanoDrop Technologies, Wilmington, DE) ile konsantrasyonu belirlenen bir önceki aşamanın ürününden 8 ng alınmış, 2 µl BigDye reaksiyon karışımı, 2 µl Sequencing Buffer ve 1.2 pM primer eklenmiş, saf su ile 10 µl'ye tamamlanmıştır. PCR döngüsü olarak 95 °C'de 1 dk tutulmuş ve 35 döngü çoğaltım aşaması (95°C'de 1 dk, 50 °C'de 15sn, 60 °C'de 4 dk) gerçekleştirilmiştir. Sekans PCR'ından çıkan ürün ve BigDye Xterminator saflaştırma kiti

(Applied Biosystems) kullanılarak temizlenmiştir. Bunun için 40 µl SAM solüsyonu ve 10 X Terminator solüsyonu ile karıştırılıp 30 dk 2200 rpm'de tutulmuş ve sonra 1000 rpm'de 2 dakika çöktürüldükten sonra ABI 3500 DNA Analiz (Applied Biosystems) cihazına yüklenmiştir. DNA dizileri öncelikle BioEdit (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/bioedit.html>) programı kullanılarak görselleştirilmiş ve hatalı üretilen diziler çalışmadan çıkarılmıştır. Bu çalışmada 64 izolatın 116 parça dizi elde edilmiş ve diziler GenBank'a kaydedilmiştir (Çizelge 1). İzolatların isimlendirilmesinde önce şehir ismi kısaltması, sonra meyve türü kısaltması, daha sonra ise GPS numarası kullanılmıştır. Örneğin BrPc10 isimli izolatta Br= Bursa, Pc= Şeftali (Peach), ve 10= GPS numarasını göstermektedir (Çizelge 2). Referans olarak ilk başta GenBank'ta bulunan tüm izolatlar için P3-6K1 veya CP-3'UTR bölgeleri indirilmiş ve filogenetik ağaç oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Örnek bilgileri ve GenBank kayıt numaraları

Bahçe No.	Tür	Yer	Strain	GenBank Kayıt No	
				P3-6K1	Kılıf+3'UTR
1, 4	Şeftali	Yalova/Subaşı	M	KX423842-846	KX423897-901
6	Şeftali	Bursa/Samanlı	M	KX423847-850	KX423902-905
10,12,13,14,15,16	Şeftali	Bursa/Kumlukalanı	M	KX423851-858	KX423906-915
17,18,19,20	Şeftali	Bursa/Gürsu	M	KX423859-862	KX423916-920
21,22,23,24,25	Şeftali	Bursa/Hasanköy	M	KX423863-869	KX423921-930
26,27	Şeftali	Bursa/Adaköy	M	KX423870-872	KX423931-935
28,29,31,32,33,34	Şeftali	Bursa/Serme	M	KX423873-881	KX423936-944
35,36	Erik	Bursa/Şehitler	D	KX423882-889	KX423945-952
39	Şeftali	Bursa/Çeltikli	M	-	KX423953
40	Şeftali	Bursa/Yolören	M	KX423890	KX423954
49,50	Şeftali	Bursa	M	KX423891-896	KX423955-957

Fakat özellikle PPV-D ve PPV-M ırkları için CP-3' UTR bölgesi; PPV-T ırk için ise P3-6K1 bölgesi fazla olduğunda, GenBank örnek sayısı azaltılarak tekrar filogenetik ağaç kurulmuştur. Örnek sayısı azaltılırken PPV'de genetik çeşitliliği temsil edecek, filogenetik ağaç üzerinde mesafeli dağılmış, farklı ülkelerden izolatların seçilmesine dikkat edilmiştir. PPV-an, PPV-C, PPV-CR, PPV-EA, PPV-Rec, PPV-W ırklarından ise, bulunan tüm örnekler alınmıştır. Son keredede bu çalışma kapsamında sunulan filogenetik ağaçlarda 199 adet PPV izolatının kayıtlı P3-6K1 veya CP-3'UTR Bursa dizileri ile birlikte çalışılmıştır. GenBank izolatlarının kayıt numaraları Çizelge 2.' de verilmiştir. GenBank İzolatlarından 100 adeti daha önce Türkiye'den rapor edilenler olup, bunların 37 adeti Türkiye' D izolatu, 25 adeti Avrupa PPV-M izolatu, 21 adeti İstanbul-M izolatu, ve 17 adeti PPV-T izolatıdır. Geriye kalan 99 örnek ise farklı ülkelerden rapor edilen

GenBank'a kaydedilmiş izolatlardır. Tüm diziler öncelikle BioEdit (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalw2/>) programı kullanılarak eşleştirilmiş, 664 bazlık konsensuslar üretilmiştir. Konsensus parçalar Mega 6 (Tamura ve ark., 2013) 1000 Bootstrap değeri seçilerek Neighbour-joining (NJ) filogenetik ağacı elde edilmiştir. Maximum Likelihood, Minimum Evolution, UPGMA ve Maximum Parsimony ağaçları da üretilmiş, fakat Neighbour-joining ağacından farklı bir ağaç elde edilmediği için Neighbour-joining filogenetik ağacı görüntüsü esas alınmıştır. Gruplar arası tahmini evrimsel benzerlik ve iraksaklık (Estimates of average evolutionary similarity and divergence) ve grup için genetik varyasyon değerleri (the intragroup genetic variability) Maximum Composite Likelihood modeli (Tamura ve ark., 2004) kullanılarak Mega 6 programında hesaplanmıştır.



Çizelge 2. Filogenetik Analizlerde Kullanılan GenBank İzolatları

İzolat	Şehir/Ülke	İrk	Konukçu*	GenBank No	
				P3-6K1	CP+3'UTR
AL11pl	Arnavutluk	An	<i>P. domestica</i>	HF674399	HF674399
BY101	Belarus	C	<i>P. hybrid cultivar L2</i>	HQ840517	HQ840517
BY181	Belarus	C	<i>P. hybrid cultivar OWP-6</i>	HQ840518	HQ840518
SoC	Buğdan	C	-	AY184478	AY184478
SwC	İtalya	C	-	Y09851	Y09851
Volk143	Rusya	C	<i>P. cerasus</i>	-	KJ787006
RU-17sc	Rusya	CR	Vişne	KC020124	KC020124
RU-18sc	Rusya	CR	Vişne	KC020125	KC020125
RU-30sc	Rusya	CR	Vişne	KC020126	KC020126
92011	Fransa	D	-	AF357545	-
93080	Fransa	D	-	AF357546	-
48-922	Kanada	D	<i>P. persica</i>	-	AY912058
48-922	Kanada	D	<i>P. persica</i> (Redhaven peach)	AY912058	-
Ak1	Japonya	D	<i>P. mume</i> cv. Nanko	-	AB576045
Ak3	Japonya	D	<i>P. mume</i>	AB576047	-
AkOrAp166	Aksaray/Türkiye	D	Kayısı	KM410026	-
AkOrAp187	Aksaray/Türkiye	D	Kayısı	KM410029	-
AkOrPl284	Aksaray/Türkiye	D	Erik	KM410027	-
AnCnAp14	Ankara/Türkiye	D	Kayısı	KM409736	-
AnCnAp56	Ankara/Türkiye	D	Kayısı	KM410040	-
AnCnAp57	Ankara/Türkiye	D	Kayısı	KM410037	-
AnCnAp63	Ankara/Türkiye	D	Kayısı	KM410038	-
AnCnAp64	Ankara/Türkiye	D	Kayısı	KM410039	-
AnCnPl10	Ankara/Türkiye	D	Erik	KM409735	-
BIII/2	Slovakya	D	<i>P. domestica</i> (plum)	-	GU461890
BrInPl241	Bursa/Türkiye	D	Erik	KM410030	-
BrInPl243	Bursa/Türkiye	D	Erik	KM410028	-
BrInPl244	Bursa/Türkiye	D	Erik	KM410031	-
Ca123-1	Kanada	D	<i>P. persica</i>	AY953267	-
Ca3	Kanada	D	<i>P. persica</i>	AY953262	-
Cdn 12	Kanada	D	<i>P. domestica</i>	-	AY953266
Cdn 4	Kanada	D	<i>P. persica</i>	-	AY953263
Cdn 5	Kanada	D	<i>P. persica</i>	AY953264	AY953264
Cdn1	Kanada	D	<i>P. domestica</i>	AY953261	AY953261
Cdn7-2	Kanada	D	<i>P. glandulosa</i>	AY953265	-
D	Fransa	D	-	-	X16415
EsGrAp260	Eskişehir/Türkiye	D	Kayısı	KM410033	-
EsMrAp258	Eskişehir/Türkiye	D	Kayısı	KM410034	-
EsMrAp259	Eskişehir/Türkiye	D	Kayısı	KM410041	-
Fantasia	Kanada	D	<i>P. persica</i> var. nectarina	-	AY912056
Ha2	Japonya	D	<i>P. mume</i>	AB576049	AB576049
Ha3	Japonya	D	<i>P. mume</i>	AB576050	-
Ha4	Japonya	D	<i>P. mume</i>	AB576051	AB576051
Hi2	Japonya	D	<i>P. mume</i> cv. Shirokaga	-	AB576053
IsUsAp219	İstanbul/Türkiye	D	Kayısı	KM410032	-
isAp34	İstanbul/Türkiye	D	Kayısı	KT230757	KT827117
isAp95	İstanbul/Türkiye	D	Kayısı	KT230781	-
isPl150	İstanbul/Türkiye	D	Erik	KT230806	KT827161
isPl174	İstanbul/Türkiye	D	Erik	KT230810	KT827168
isPl192	İstanbul/Türkiye	D	Erik	KT230816	KT827174
isPl215	İstanbul/Türkiye	D	Erik	KT230824	KT827181
isPl237	İstanbul/Türkiye	D	Erik	KT230828	KT827184
isPl5	İstanbul/ürkiye	D	Erik	KT230749	KT827109
KnAnPl152	Konya/Türkiye	D	Erik	KM410036	-

Çizelge 2 (Devamı). Filogenetik analizlerde kullanılan GenBank izolatları

İzolat	Şehir/Ülke	İrk	Konukçu*	GenBank No	
				P3-6K1	CP+3'UTR
KnMrAp152	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM410035	-
KnMrAp18	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM409733	-
KnMrAp33	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM409734	-
KnMrAp6	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM409731	-
KnMvAp335	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM410043	-
KnMvAp336	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM410044	-
KnMvAp343	Konya/Türkiye	D	Kayısı	KM410042	-
Ok2	Japonya	D	<i>P. mume</i>	AB576057	-
Ou1	Japonya	D	<i>P. mume</i> cv. Nanko	-	AB545926
Ou14	Japonya	D	<i>P. mume</i> cv. Kurenai	-	AB576068
Ou16	Japonya	D	<i>P. mume</i>	-	AB576070
Ou7	Japonya	D	<i>P. mume</i>	AB576063	-
PENN2	ABD	D	<i>P. domestica</i>	-	AF401296
Penn3	ABD	D	Şeftali	-	DQ465242
Penn4	ABD	D	-	EF611248	-
Penn4	ABD	D	Şeftali	-	DQ465243
Penn7	ABD	D	Şeftali	-	EF640935
Penn9	ABD	D	Şeftali	-	EF640937
SK-272pe	Slovakya	D	<i>P. persica</i>	-	HF585098
TkCoAp16	Tekirdağ/Türkiye	D	Kayısı	KM409738	-
TkCoAp19	Tekirdağ/Türkiye	D	Kayısı	KM409744	-
TkCoP115	Tekirdağ/Türkiye	D	Erik	KM409737	-
TkMtAp1	Tekirdağ/Türkiye	D	Kayısı	KM409745	-
TkMtAp2	Tekirdağ/Türkiye	D	Kayısı	KM409746	-
Vulcan	Kanada	D	<i>P. persica</i>	-	AY912057
ElAmar	-	EA	-	AM157175	AM157175
ElAmar	Mısır	EA	<i>P. armeniaca</i>	-	DQ431465
91003	-	M	-	AF357548	-
91006	-	M	-	AF357549	-
94061	-	M	-	AF357547	-
AyMcAp191	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409962	-
AyMcAp192	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409963	-
AyYpAp199	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409966	-
AyYpAp200	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409967	-
AyYpAp201	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409960	-
AyYpAp202	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409964	-
AyYpAp203	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409959	-
AyYpAp204	Aydın/Türkiye	M	Kayısı	KM409961	-
BG1	Bulgaristan	M	Erik	EF626559	-
BG2	Bulgaristan	M	Şeftali	EF626560	-
BG3	Bulgaristan	M	Şeftali	EF626561	-
BG4	Bulgaristan	M	Şeftali	EF626562	-
BG5	Bulgaristan	M	Şeftali	EF626563	-
BG6	Bulgaristan	M	-	EF626564	-
CnKIPc26	Çanakkale/Türkiye	M	Şeftali	KM409952	-
CnKIPc264	Çanakkale/Türkiye	M	Şeftali	KM409954	-
CnKIPc265	Çanakkale/Türkiye	M	Şeftali	KM409948	-
CnKIPc27	Çanakkale/Türkiye	M	Şeftali	KM409953	-
CnKLPc28	Çanakkale/Türkiye	M	Şeftali	KM409950	-
CY1	Kıbrıs	M	-	EF626584	-
CY2	Kıbrıs	M	-	EF626585	-
CZ1	Çek Cumhuriyeti	M	Kayısı	EF626566	-
CZ2	Çek Cumhuriyeti	M	Şeftali	EF626565	-
DnKoAp189	Denizli/Türkiye	M	Kayısı	KM409955	-
DnKoAp190	Denizli/Türkiye	M	Kayısı	KM409956	-

Çizelge 2 (Devamı). Filogenetik analizlerde kullanılan GenBank izolatları

İzolat	Şehir/Ülke	İrk	Konukçu*	GenBank No	
				P3-6K1	CP+3'UTR
FR3	Fransa	M	Şeftali	EF626568	-
FR4	Fransa	M	Şeftali	EF626569	-
GR0019	Yunanistan	M	-	FM955843	FM955843
GR1	Yunanistan	M	-	EF626580	-
GR2	Yunanistan	M	-	EF626578	-
GR3	Yunanistan	M	Kayısı	EF626579	-
IpMrPc168	İstanbul/Türkiye	M	Şeftali	KM409946	-
IpMrPc169	Isparta/Türkiye	M	Şeftali	KM409951	-
IpMrPc170	Isparta/Türkiye	M	Şeftali	KM409949	-
IpMrPc171	Isparta/Türkiye	M	Şeftali	KM409968	-
IpMrPc40	İstanbul/Türkiye	M	Şeftali	KM409947	-
IpMrPc42	Isparta/Türkiye	M	Şeftali	KM409969	-
IsInAp246	İstanbul/Türkiye	M	Kayısı	KM409957	-
IT1	İtalya	M	Erik	EF626581	-
IT2	İtalya	M	Erik	EF626582	-
IT3	İtalya	M	Şeftali	EF626583	-
isAp140	İstanbul/Türkiye	M	Kayısı	KT230800	KT827155
isAp156	İstanbul/Türkiye	M	Kayısı	KT230808	KT827163
isAp165	İstanbul/Türkiye	M	Kayısı	-	KT827165
isAp97	İstanbul/Türkiye	M	Kayısı	-	KT827139
isPI109	İstanbul/Türkiye	M	Erik	-	KT827144
isPI129	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230793	-
isPI130	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230794	KT827150
isPI141	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230801	-
isPI152	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230807	-
isPI189	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230815	-
isPI195	İstanbul/Türkiye	M	Erik	-	KT827175
isPI199	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230818	KT827176
isPI2	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230748	KT827108
isPI201	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230819	KT827177
isPI29	İstanbul/Türkiye	M	Erik	-	KT827114
isPI32	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230756	KT827116
isPI50	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230761	-
isPI54	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230765	KT827124
isPI60	İstanbul/Türkiye	M	Erik	-	KT827126
isPI92	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230779	KT827136
isPI98	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KT230784	-
KyYhPI2	Kayseri/Türkiye	M	Erik	KM409958	-
KyYhPI3	Kayseri/Türkiye	M	Erik	KM409965	-
KyYhPI5	İstanbul/Türkiye	M	Erik	KM409945	-
PS	Sırbistan ve Karadağ	M	P. sp.	AJ243957	AJ243957
RS1	Sırbistan ve Karadağ	M	Şeftali	EF626570	-
RS2	Sırbistan ve Karadağ	M	Erik	EF626571	-
RS3	Sırbistan ve Karadağ	M	Erik	EF626572	-
RS4	Sırbistan ve Karadağ	M	Kayısı	EF626573	-
RS5	Sırbistan ve Karadağ	M	Şeftali	EF626574	-
RS6	Sırbistan ve Karadağ	M	Şeftali	EF626575	-
SK 68	Macaristan	M	-	-	M92280
SK1	Slovakya	M	Şeftali	EF626576	-
SK2	Slovakya	M	Şeftali	EF626577	-
VAR-2/531	Slovakya	M	<i>P. persica</i>	HF585100	HF585100
VAR-2/551	Slovakya	M	<i>P. persica</i>	HF585101	HF585101
VAR-2/B23	Slovakya	M	<i>P. persica</i>	HF585104	-
VAR-2/M13	Slovakya	M	<i>P. armeniaca</i>	HF585103	-
VAR-2/SE	Slovakya	M	<i>P. domestica</i>	HF585102	-

Çizelge 2 (Devamı). Filogenetik analizlerde kullanılan GenBank izolatları

İzolat	Şehir/Ülke	İrk	Konukçu*	GenBank No	
				P3-6K1	CP+3'UTR
BOR-3	Slovakya	Rec	<i>P. armeniaca</i>	JQ794501	AY028309
BULG	Bulgaristan	Rec	<i>P. domestica</i> ( <i>plum</i> )	GU461889	GU461889
Cdn08	Kanada	Rec	<i>Plum rootstock</i> <i>cultivar</i>	HG964685	HG964685
Cdn10	Kanada	Rec	<i>Plum rootstock</i> <i>cultivar</i>	HG964686	-
IsHkPc218	İstanbul/Türkiye	Rec	Şeftali	KM409970	-
J4c	Polonya	Rec	<i>P. domestica</i>	EU117116	EU117116
Kisl-1pl	Rusya	Rec	<i>P. domestica</i>	-	KM273015
KRN-1	Slovakya	Rec	<i>P. domestica</i>	AF450314	-
MYV-1	Slovakya	Rec	<i>P. domestica</i>	AF450315	-
o6	Sırbistan	Rec	<i>P. persica</i> ( <i>peach</i> )	GU474956	GU474956
Rec(K18)	Ukrayna	Rec	<i>P. cerasifera</i>	-	KF472134
SK-514	Slovakya	Rec	<i>P. armeniaca</i>	-	LN614587
Valjevka	Hırvatistan	Rec	<i>P. domestica</i>	JX013532	JX013532
AbTk	Türkiye	T	<i>P. armeniaca</i>	-	EU734794
Ap39	Türkiye	T	Kayısı	EU734797	-
isAp70	İstanbul/Türkiye	T	Kayısı	KT230771	-
isAp85	İstanbul/Türkiye	T	Kayısı	KT230775	-
isAp87	İstanbul/Türkiye	T	Kayısı	KT230776	KT827134
isAp88	İstanbul/Türkiye	T	Kayısı	KT230777	-
isAp89	İstanbul/Türkiye	T	Kayısı	KT230778	KT827135
isAp93	İstanbul/Türkiye	T	Kayısı	KT230780	KT827137
isPc75	İstanbul/Türkiye	T	Şeftali	KT230772	KT827131
isP117	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230788	KT827146
isP1121	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230789	-
isP1122	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230790	-
isP1123	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230791	KT827147
isP165	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230769	KT827129
isP166	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230770	KT827130
isP176	İstanbul/Türkiye	T	Erik	KT230773	-
PI45	Türkiye	T	Erik	EU734802	-
LV-141pl	Letonya	W	Erik	-	HQ670746
LV-145bt	Letonya	W	Erik	HQ670748	HQ670748
UKR44189	Ukrayna	W	<i>P. spinosa</i>	N596110	N596110
W3174	Kanada	W	<i>P. domestica</i>	AY912055	AY912055
Winona	Rusya	W	<i>P. domestica</i>	-	KC347608

\*Konukçu ismi GenBank'da belirtildiği gibi verilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bursa ili ve civarında kapama bahçelerde PPV enfeksiyonu incelenmiş, 50 ticari bahçeden 102'ü şeftali ve 16 erik olmak üzere 118 örnek toplanmıştır. Bursa'da beklendiği gibi şeftali bahçelerinin yoğun olduğu görülmüştür. Survey güzergâhında diğer sert çekirdekli meyve türlerinden sadece erik türünde kapama bahçelere rastlanmış, kapama badem, kayısı, kiraz ve vişne bahçesi görülmemiştir. PPV belirtisi taşıyan yapraklar üzerinde lekeler, damar boyu renk açılmaları, renkli halkalar olarak gözlenmiştir. Örnek toplama Mayıs ayında gerçekleştirildiğinden olgunlaşmış meyvelerde belirtisi gözleme imkânı olmamıştır. 118 örnek DASI-ELISA ve RT-PCR yöntemi ile test edilmiştir. Her örnek DASI-ELISA ile iki kez test edilmiş ortalama değerler alınmıştır. Ortalama OD değerleri 0.07 ile 2.835 arasında değişmiştir. Pozitif örneklerin OD değerinin 0.532 üzerinde olduğu

gözlenmiştir. Survey çalışmasında PPV belirtisi gösteren 55 örnek ve belirtisi göstermeyen 9 örnek olmak üzere toplamda 64 (% 54) örnek serolojik yöntem sonucunda da pozitif çıkmıştır. 50 kapama bahçenin 32 (%64)'ünde pozitif örnek tespit edilmiştir. 118 örneğin tamamı için cDNA elde edilmiş ve daha sonra bu cDNA örnekleri iki primer çifti ile çoğaltılmıştır. Serolojik yöntem ile pozitif bulunan 64 örneğin tamamı için iki amplikon bölgesinden en az biri başarılı olarak çoğaltılmış ve PPV varlığı moleküler yöntem ile de desteklenmiştir.

RT-PCR ile çoğaltılan amplikonlar dizilenmiş, toplamda 55 örneğin P3-6K1 bölgesi, 61 örneğin CP-3'UTR bölgesi temiz olarak dizilenmiştir. 55 adet P3-6K1 bölgesi için ilk sekans ürünlerinin 5' ve 3' bölgesindeki belirsiz nükleotidleri içeren uç kısımları temizlendikten sonra 664 nt uzunluğunda temiz diziler elde edilmiştir. Dizisi elde edilen 644nt'lik bölgenin 551 bazlık kısmı P3 geninin 3' bölgesini içerirken, 153 bazlık kısmı ise 6K1 geninin 5' bölgesine denk

gelmektedir. Altmış bir adet ham CP-3'UTR bölgesi dizileri temizlendikten sonra 786 nt kısmı kılıf geni, ve 183 nt ise 3' UTR olmak üzere güvenilir 969 nt uzunluğunda parça elde edilmiştir. Temiz nükleotidler GenBank'a kaydedilmiş ve kayıt numaraları Çizelge 1'de verilmiştir. Erik bahçelerine survey güzergâhında fazla rastlanılmamış şeftali bahçelerinin ise çok yaygın olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle daha fazla şeftali ağacı incelenmiştir.

İç Anadolu Ankara ve Kayseri şehir merkezlerinin PPV ile yoğun bulaşık olduğu bilinmektedir. Elibüyük (2004) Ankara il merkezinde yürüttüğü çalışmada 935 örneği taramış, 523'ünün (286 kayısı, 172 erik, 65 şeftali) PPV ile bulaşık olduğunu rapor etmiştir. Örneklerin % 88'inde (%71 kayısı, % 60 erik ve % 48 şeftali) hastalık semptomları gözlemlenmiştir. Araştırmacı diğer bir çalışmada Ankara'daki değişik semtlerden 129 şeftali ağacından toplanan örneklerden 59'unun (% 45) bulaşık olduğunu rapor etmiştir (Elibüyük 2006). Kayseri il merkezinde kayısı örneklerinin % 89 oranında PPV ile enfekteli olduğu belirlenmiştir (Ceylan ve ark., 2014). Ankara ve Kayseri'ye ilaveten, Aksaray'ın Ortaköy ilçesi ve civarı köyleri, Konya şehir merkezinin ve İstanbul şehir merkezinin PPV ile oldukça bulaşık olduğu rapor edilmiştir (Gürcan ve Ceylan, 2016b, Gürcan ve ark., 2016). Yapılan bu çalışma ile Bursa ili ve civarından ekonomik olarak yoğun şeftali yetiştiriciliği yapıldığı bahçelerden alınan örneklerin % 64 oranında PPV-pozitif olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler Bursa ilinin Ankara, Kayseri, Konya ve Aksaray/Ortahisar bölgesi gibi PPV ile yoğun bulaşık olduğunu göstermektedir.

İrk belirleme ve genetik varyasyon çalışmaları için her PPV ırkına ait GenBank örnekleri indirilmiş, Bursa örnekleri ile analiz edilmiş ve filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Tüm izolatlar ırklarına göre beklendiği gibi gruplanmıştır. Her iki bölgenin filogenetik ağacında da Bursa izolatları Avrupa PPV-M ve Türkiye PPV-D ırkları ile gruplanmıştır. P3-6K1 bölgesinde 43 Bursa izolatı, Avrupa GenBank M izolatları ve daha önceki çalışmalarda Türkiye meyve bahçelerinden toplanan M izolatları ile gruplaşmıştır (Şekil 2). 8 izolat ise GenBank ve Türkiye PPV-D kayıtları ile grup oluşturmuştur. CP+3'UTR bölgesinde ise Bursa'nın 40 izolatı (Bursa m1) Avrupa M izolatları ve Türkiye'de yayılan PPV-M izolatları ile gruplaşırken, aynı şekilde Bursa'nın 8 izolatı (Bursa m1) GenBank' ta kayıtlı PPV-D izolatları ve Türkiye D izolatları ile grup oluşturmuştur (Şekil 3). Sonuç itibarıyla şeftali ağaçlarından toplanan örneklerin dizi benzerlik ve filogenetik analiz sonucunda Avrupa M ırkından oldukları belirlenmiştir. Türkiye'deki erik, kayısı ve şeftali bahçelerindeki izolatlar ile Bursa izolatlarının filogenetik karşılaştırması, aralarındaki ilişkiyi belirlemek açısından önemli olmuştur. 2013 yılında rapor edilen bir çalışmada dört ilin (Çanakkale, Hatay, Isparta illerinde şeftali ve Kayseri ili Yahyalı ilçesi

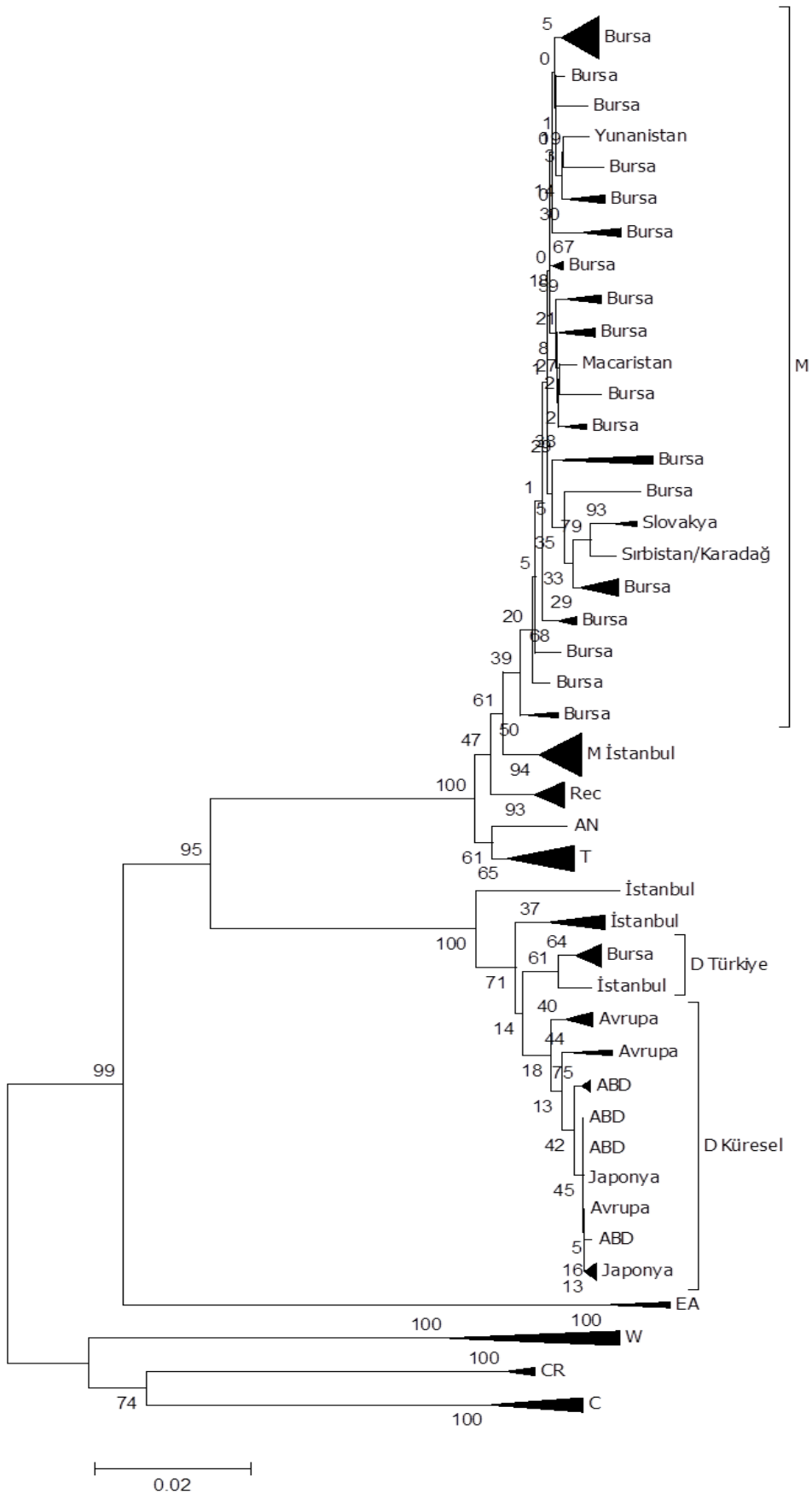
erik) ticari bahçelerinde belirlenen PPV izolatlarının Avrupa M ırkı olduğu ve bahçe sahiplerinin fidan kaynağı olarak Bursa ilini işaret ettikleri belirtilmiştir (Ceylan ve ark., 2013). Daha sonra yapılan bir çalışmada Aydın, Denizli, Isparta illeri meyve bahçeleri örneklerinin de Avrupa PPV-M ırkı oldukları belirlenmiştir (Gürcan ve Ceylan, 2016b). Bu çalışmalarda üretilen P3-6K1 gen bölgesi dizileri Bursa örnekleri ile birlikte analiz edildiğinde, Bursa M izolatlarının, Türkiye'de ekonomik bahçelerde bulunan izolatlarla genetik olarak yakın olduğu ve filogenetik ağaçta M ırkı grubu altında gruplandıkları görülmektedir. Filogenetik analiz Bursa izolatları ile ülkenin geri kalan meyve bahçelerinden alınan izolatlar arasındaki yakın ilişkiyi göstermektedir. PPV-M' nin ilk olarak Yunanistan'da şeftaliden izole edildiği ve şeftali ağaçlarında yaygın olduğu belirtilmiştir (Levy ve ark. 2000). Türkiye'de de PPV-M'nin genelde şeftali ve erik bahçelerinde bulunması bir tesadüften ziyade Avrupa PPV-M ırkının şeftali ve erik fidanları yoluyla Türkiye'de yayıldığını işaret etmektedir.

Bursa PPV izolatlarının dizileri GenBank' da kayıtlı PPV dizileri ile birlikte analiz edilmiş, yeni katılan Bursa örnekleri ile beraber her bir ırk grubunda genetik varyasyon belirlenmiştir. Toplamda 144 izolatın CP-3'UTR bölgesi analiz edilmiş ve toplam genetik varyasyon % 7,1 bulunmuştur. GenBank'da kayıtlı P3-6K1 bölgesi daha fazla olduğu için bu bölgenin genetik varyasyon analizinde toplamda 219 izolat kullanılmış ve toplam genetik varyasyon % 8,8 bulunmuştur (Çizelge 3). 8 adeti bu çalışmada elde edilmek üzere toplamda 15 önekten oluşan Türkiye D grubu, CP-3'UTR bölgesinde % 1,6 varyasyon göstermiştir. Yine D ırkında, 8 adeti yine bu çalışmada elde edilen toplamda 45 adet P3-6K1 bölgesinde % 1,7 varyasyon belirlenmiştir. Türkiye'den katılan bu yeni örneklerle D ırkı grubu, PPV-W ve C'den sonra en yüksek genetik varyasyon gösteren grup olmuştur. Dünyada D grubu izolatları birçok ülkeden toplanmasına rağmen oldukça düşük varyasyon göstermiştir. Diğer taraftan Türkiye'ye has olan PPV-M İstanbul (15 örnek) her iki genomik bölge için Türkiye örneklerinin de içinde bulunduğu PPV-M (P3-6K1 bölgesi için 58 örnek ve CP-3'UTR bölgesi için 108 örnek) grubundan daha düşük varyasyon göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen ve GenBank örnekleri birlikte analiz edildiğinde, PPV-M gurubu örnek sayısı en fazla olan grup olmasına rağmen genetik varyasyon P3-6K1 bölgesi için % 1,3 ve CP-3'UTR bölgesi için % 1,4 olarak hesaplanmıştır.

Bursa'dan elde edilen örnekler ve GenBank kayıtları birlikte analiz edilerek her iki bölge için ırk grupları arası benzerlik ve iraksaklık (divergence) değerleri belirlenmiştir.



Şekil 2. Bursa ve GenBank izolatlarının P3-6K1 bölgesi NJ filogenetik analiz görüntüleri



P3-6K1 bölgesi için PPV ırk grupları arası benzerlik ve ıraksaklık (divergence) değerleri Çizelge 4'de ve CP-3'UTR bölgesi için ise Çizelge 5'de verilmiştir. İstanbul dışında Türkiye M izolatları GenBank M izolatları ile tek grup oluşturduğundan benzerlik ve ıraksaklık hesaplamalarında İstanbul M izolatları ve tüm M izolatları iki ayrı grup olarak alınmıştır. Türkiye D izolatları ise filogenetik ağaçta küresel D izolatlarından farklı bir grup oluşturduğundan her iki grubun benzerlik ve ıraksaklık değerini görmek amacıyla ayrı gruplar olarak değerlendirilmiştir. Böylece İstanbul M ve Türkiye D gruplarının GenBank M ve D örnekleriyle kıyaslama imkanı sağlanmıştır. Türkiye D izolatları, küresel D izolatları ile P3-6K1 bölgesinde % 97.8 ve CP-3'UTR bölgesinde ise % 98.2 benzerlik göstermektedir. İstanbul M izolatları, Avrupa M izolatları grubu ile P3-6K1 bölgesinde % 98 ve CP-3'UTR bölgesinde 97.7 benzerlik göstermektedir. Türkiye D izolatları ile küresel D izolatlarının PPV-T ırkına benzerlikleri çok yakın bulunmuştur. Türkiye D izolatları, PPV-T ile CP-3'UTR bölgesinde % 90.2 benzerlik gösterirken küresel D izolatları aynı bölge için PPV-T ile %90,4 benzerlik göstermiştir. P3-6K1 bölgesinde ise aynı değerler yine çok yakın olup sırası ile % 86.4 ve % 86.7'dir.

Bursa'nın Şehitler yerleşim yerinden 2 erik bahçesinden toplanan 8 örneğin PPV-D ırkı ile bulaşık olduğu görülmüştür. PPV-D dünyada en yaygın olan ırktır

(García ve Cambra, 2007). PPV' nin tespit edildiği hemen her ülkede PPV-D ırkı rapor edilmiştir (James ve ark., 2013). Ancak, PPV-D ırkı ilginç bir şekilde dünya da en yaygın ırk olmasına rağmen diğer ırklara nazaran düşük genetik varyasyon göstermektedir (James ve ark., 2013). Fakat Türkiye'de yapılan PPV-D çalışmaları bu ırkın diğer ülkelerden farklı olduğunu ve Türkiye'de PPV-D varyasyonunun dünya toplamından daha yüksek olduğunu göstermektedir (Gürcan ve Ceylan, 2016b). PPV-D ilk olarak serolojik testler sonucunda Ankara'da rapor edilmiştir (Elibüyük, 2004). Sonrasında moleküler testler ile PPV-D Ankara yanı sıra Aksaray, Bursa, Eskişehir, İstanbul, Konya ve Tekirdağ'da tespit edilmiştir (Gürcan ve Ceylan, 2016b). Bu izolatların birçoğunun P3-6K1 gen bölgesi dizilenmiş, aynı zamanda D izolatlarından 6 adetinin tüm genom dizi analizi yapılmış, Türkiye PPV-D izolatlarının filogenetik ağaçta bir grup, dünyanın geri kalan ülkelerinin ise ayrı bir grup oluşturduğu görülmüştür (Gürcan ve Ceylan, 2016a). Bu çalışmada yapılan iki filogenetik analizde de Bursa D izolatları Türkiye D izolatlarının yanında konumlanmıştır. Türkiye D grubunun en dış kısmında İstanbul D izolatları yer almıştır. Bursa D izolatları da eklendiğinde de sonuç değişmemiş, Türkiye D izolatları üzerine yapılan önceki filogenetik çalışmalarda olduğu gibi (Gürcan ve Ceylan, 2016ab) Türkiye D izolatları küresel D grubundan genetik olarak farklı çıkmıştır.

Çizelge 3. PPV izolat gruplarında grup içi evrimsel ıraksaklık değerleri

İrk	Kılıf + 3'UTR		İrkı	PP3-6K1	
	İzolot Sayısı	Genetik Diversity		İzolot Sayısı	Genetik Diversity
PPV-An	1	n/c	PPV-CR	3	0.006
PPV-D Küresel	22	0.006	PPV-D Küresel	15	0.007
PPV-CR	3	0.007	PPV-M İstanbul	15	0.009
PPV-Rec	9	0.009	PPV-T	15	0.012
PPV-M İstanbul	15	0.010	PPV-M**	108	0.014
PPV-T	9	0.011	PPV-C	4	0.014
PPV-M*	58	0.013	PPV-Rec	10	0.016
PPV-EA	2	0.015	PPV-D Türkiye	45	0.017
PPV-D Türkiye	15	0.016	PPV-W	3	0.040
PPV-C	5	0.022	PPV-EA	1	n/c
PPV-W	5	0.040			
<b>Toplam</b>	<b>144</b>	<b>0.071</b>	<b>Toplam</b>	<b>219</b>	<b>0.088</b>

\*5 GenBank örneği ve 53 Adet Bursa örneğini içermektedir

\*\* 36 GenBank ve 72 adet Türkiye örneğini içermektedir

Türkiye'de iki M grubu bulunmaktadır. Biri Avrupa'dan fidancılık yoluyla Türkiye'ye yayıldığı varsayılan Avrupa PPV-M ırkıdır. Diğerisi ise sadece İstanbul'da keşfedilmiş olan M ırkının bir alt grubu sayılan PPV-M İstanbul grubudur. Bu gruptan 10 izolatın tüm genomu dizilenmiş ve Avrupa M grubundan genetik olarak farklı olduğu rapor edilmiştir (Teber ve Gürcan, 2016). PPV-M İstanbul grubunun kökenine dair bir hipotez geliştirilmemiştir. Avrupa

PPV-M ırkı ise, Güney, Doğu ve Orta Avrupa'da (Myrta ve ark. 2001) oldukça yaygındır. Serolojik ve moleküler veriler Avrupa'da iki PPV-M alt grubunun (PPV-Ma ve PPV-Mb) var olabileceğini işaret etmektedir (Myrta ve ark., 2001, Dallot ve ark., 2011). García ve ark., (2014) PPV-M'nin güvenilir dizi analizleri ile Avrupa dışında tespit edilmediğini belirtmişlerdir. Aslında serolojik tanımlama ile PPV-M'nin Türkiye'de özellikle de Ankara'da mevcut olduğu rapor edilmiştir (Elibüyük,



2004). Fakat bu çalışmalarda PPV-M'ye özgün antikolar kullanılmıştır. PPV-M ve PPV-D rekombinantı olan PPV-T'nin PPV-M'ye özgün antikolara reaksiyon gösterdiği bilinmektedir. Gerçekten de güvenilir nükleotid dizilme yöntemi ile yapılan bir çalışmada Ankara şehir merkezinin farklı semtlerinde tesadüfî olarak alınan 122 örnek toplanmış ve P3-6K1 gen bölgesi dizilenmiş 115 örneğin PPV-T ve 7 örneğin PPV-D olduğu görülmüştür. Çalışma Ankara şehir merkezindeki ağaçlarda PPV-M ırkının değil PPV-T ırkının olduğunu göstermiştir (Gürcan ve Ceylan, 2016b). Türkiye dışında sadece Arnavutluk'ta rapor edilen (Palmisano ve ark. 2015) PPV-T ırkı Türkiye'de Ankara, İzmir, İstanbul, Kayseri, Konya, Tekirdağ ve Samsun illerinde tespit edilmiştir (Ulubaş Serçe ve ark. 2009; Ulubaş Serçe ve ark. 2011; İlbâğ ve

Çıtır, 2014; Deligöz ve ark. 2015, Gürcan ve ark. 2013b, Gürcan and Ceylan 2016b). Türkiye T izolatının ilk genom dizilemesi Ulubaş Serçe ve ark. (2009) tarafından yapılmış, daha sonra 14 adetinin tüm genomu dizilenmiş, farklı filogenetik gurupların olduğu görülmüştür (Ceylan ve ark. 2015). Sonuç itibarıyla bu çalışmada Bursa'da PPV-T ırkının belirlenmemiş olması, Türkiye'de ekonomik meyve bahçelerinde PPV-M ırkı olduğu yaklaşımını desteklemiştir. Daha önceki araştırmamızda, Bursa'da bir adet izolatın PPV-Rec olduğu rapor edilmiş (Gürcan ve Ceylan, 2016b) ise de PPV-Rec izolatının belirlendiği bölgeye tekrar rastlanmamış, örneklerde PPV-Rec ırkı saptanmamıştır. Bu da Bursa ilinde PPV-Rec ırkının muhtemelen yaygın olmadığına, yeni giriş yapıldığına işaret etmiştir.

Çizelge 4. CP-3'UTR bölgesi gruplar arası evrimsel benzerlik ve iraksaklık değerleri

	D-Tr	D-Kr	M-İst	M	T	CR	W	C	Rec	An	EA
D-Tr		0.982	0.896	0.9	0.902	0.855	0.852	0.852	0.898	0.901	0.867
D-Kr	0.018		0.897	0.902	0.904	0.854	0.85	0.853	0.9	0.904	0.867
M-İst	0.104	0.103		0.977	0.976	0.856	0.843	0.85	0.977	0.975	0.866
M	0.100	0.098	0.023		0.971	0.858	0.843	0.85	0.975	0.972	0.869
T	0.098	0.096	0.024	0.029		0.86	0.845	0.847	0.977	0.98	0.872
CR	0.145	0.146	0.144	0.142	0.140		0.873	0.893	0.859	0.866	0.848
W	0.148	0.150	0.157	0.157	0.155	0.127		0.868	0.845	0.854	0.845
C	0.148	0.147	0.150	0.150	0.153	0.107	0.132		0.85	0.854	0.818
Rec	0.102	0.100	0.023	0.025	0.023	0.141	0.155	0.150		0.978	0.875
An	0.099	0.096	0.025	0.028	0.020	0.134	0.146	0.146	0.022		0.874
EA	0.133	0.133	0.134	0.131	0.128	0.152	0.155	0.182	0.125	0.126	

Tr: Türkiye, Kr: Küresel, İst: İstanbul

Çizelge 5. P3-3'UTR bölgesi gruplar arası evrimsel benzerlik ve iraksaklık değerleri

	D-Tr	D-Kr	M-İst	M	T	CR	W	C	Rec	EA
D-Tr		0.978	0.871	0.874	0.864	0.739	0.7	0.707	0.968	0.714
D-Kr	0.022		0.875	0.876	0.867	0.726	0.7	0.701	0.974	0.731
M-İst	0.129	0.125		0.98	0.973	0.739	0.691	0.691	0.875	0.727
M	0.126	0.124	0.020		0.971	0.739	0.69	0.691	0.876	0.729
T	0.136	0.133	0.027	0.029		0.727	0.691	0.681	0.872	0.72
CR	0.261	0.274	0.261	0.261	0.273		0.796	0.781	0.721	0.685
W	0.300	0.300	0.309	0.310	0.309	0.204		0.757	0.691	0.689
C	0.293	0.299	0.309	0.309	0.319	0.219	0.243		0.696	0.677
Rec	0.032	0.026	0.125	0.124	0.128	0.279	0.309	0.304		0.731
EA	0.286	0.269	0.273	0.271	0.280	0.315	0.311	0.323	0.269	

Tr: Türkiye, Kr: Küresel, İst: İstanbul

#### 4. Sonuç

Sonuç itibarıyla, bu çalışmada Bursa'da ekonomik olarak yetiştiriciliğin yapıldığı şeftali ve erik bahçelerinde surveyler yapılmış, DASI-ELISA ve RT-PCR yöntemleri ile örnekler test edilmiş, PPV-pozitif alanlar belirlenmiş ve nükleotid dizilme çalışmaları ile virüs ırkları ve genetik varyasyonu çalışılmıştır. Yapılan

çalışma ile birkaç önemli sonuç ortaya konmuştur. Bunlardan biri Bursa ilindeki enfeksiyon seviyesinin önceki çalışmalara göre daha ayrıntılı olarak ortaya konmasıdır. İkinci olarak Türkiye'de daha önceki çalışmalarda PPV ile bulaşık olduğu rapor edilen ticari bahçe izolatları ile Türkiye'nin önemli fidan üretim merkezi olan Bursa ili izolatlarının ilişkisi belirlenmiştir. Ayrıca Türkiye'de PPV ırk

epidemiolojisi ve zengin genetik varyasyonu destekleyen sonuçlar elde edilmiştir. Bursa ili Türkiye’de önemli bir şeftali üreticisi bölge olmasının yanısıra oldukça önemli bir fidan üretim merkezidir. Fidanlığa uygun iklim koşulları ve görece gelişmiş tarımsal ticaret potansiyeli bu bölgede hem fidan üretimini arttırmış hem de Avrupa’dan gelen fidanların Türkiye içinde dağıtım merkezi olmasını sağlamıştır. Bursa ili fidan trafiğinde ve dolayısıyla fidan ile hastalıkların ülke içerisinde taşınmasında önemli bir konumda bulunmaktadır.

## Kaynaklar

- Akbaş, B., Değirmenci, K., Çiftçi, O., Kaya, A., Yurtmen, M., Uzunoğulları, N., Çelik, N., Türkölmez, Ş., 2011. Update on Plum pox virus distribution in Turkey. *Phytopathology Meditterian*, 50: 75–83.
- Cambra, M., Capote, N., Myrta, A., Llácer, G., 2006. Plum pox virus and the estimated costs associated with sharka disease. *EPPO Bull.* 36: 202–204.
- Candresse, T., Svanella-Dumas, L., Gentit, P., Çağlayan, K., Çevik, B., 2007. First report of the presence of Plum pox virus Rec strain in Turkey. *Plant Dis.* 91: 331.
- Ceylan, A., Gürcan, K., Akbulut, M., 2015. Complete nucleotide sequence analysis of Plum Pox Virus 'Turkey' isolates. *International Conference on Virus and Other Graft Transmissible Disease of Fruit Crops*, S.50, 8-12 Haziran, Morioka, Japonya.
- Ceylan, A., Gürcan, K., Akbulut, M., Ghaderi, M., 2014. Kayseri’de yüksek şarka enfeksiyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(2): 80-85.
- Ceylan, A., Gürcan, K., Ghaderi, M., Akbulut, M., Ulubaş Serçe, Ç., 2013. Transmission route of new plum pox virüs in Turkey. *2nd International Symposium on Plum Pox Virus*, S.19, 3-6 September, Olomouc, Czech Republic.
- Crescenzi, A., D’aquino, L., Comes, S., Nuzzaci, M., Piazzolla, P., 1997. Charecterisation of the sweet cherry isolate of Plum pox potyvirus, *Plant Dis.* 81(7): 711-714.
- Çelik, N., Topkaya Kütük, B., 2013. Antalya ilinde şarka virüs hastalığının belirlenmesi. *Derim*, 30(2):1-10.
- Çıtır, A., İlbağı, H., 2008. Serological identification of some important viruses on fruit trees and bushes in Tekirdağ province of Turkey, *Proceedings of the Twentieth International Symposium on Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops, Fruit Tree Diseases*”, Antalya, Turkey. *Acta Hortic.* 781: 103-106.
- Dallot, S., Glasa, M., Jevremovic, D., Kamenova, I., Paunovic, S., Labonne, G., 2011. Mediterranean and central-eastern European countries host viruses of two different clades of Plum pox virus strain M. *Arch. Vir.* 156: 539–542.
- Deligöz, İ., Değirmenci, K., Sökmen, M., 2015. Samsun İlinde Sert Çekirdekli Meyve Türlerinde Şarka Hastalığı Etmeninin (Plum pox virus) Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3):227-235.
- Elibüyük, İ.Ö. 2004. Current situation of sharka disease in Ankara, Turkey. *Phytoparasitica*, 32(4): 417–420.
- Elibüyük, İ.Ö. 2006. Detection of Plum Pox Virus in Ornamental Prunus Cerasifera. *Phytoparasitica*, 34 (4): 347–352.
- EPPO, 2004. Standard PM 7/32 Plum pox potyvirus. *Bulletin EPPO Bull.* 34: 247–256.
- García, J.A. Glasa M., Cambra, M., Candresse, T., 2014. Plum pox virus and sharka: a model potyvirus and a major disease. *Molecular Plant Pathology*, 15(3): 226-41.
- García, J. A., Cambra, M., 2007. Plum pox virus and sharka disease. *Plant Viruses*, 1:69–79.
- Glasa, M., Marie-Jeanne, V., Moury, B., Kúdela, O., Quiot, J.B., 2002. Molecular variability 17 of the P3-6K1 genomic region among geographically and biologically distinct 18 isolates of Plum pox virus. *Arch Virol.* 147:563–575.
- Glasa, M., Malinowski T., Predajna L., Pupola N., Dekena D., Michalczuk, L., Candresse, T., 2011. Sequence variability, recombination analysis, and specific detection of the W strain of Plum pox virus. *Phytopathology*, 101(8): 980–985.
- Glasa, M., Prikhodko, Y., Predajna, L., Nagyova, A., Shneyder, Y., Zhivaeva, T., Subr, Z., Cambra, M., Candresse, T., 2013. Characterization of sour cherry isolates of Plum pox virus from the Volga basin in Russia reveals a new cherry strain of the virus. *Phytopathology*, 103(9): 972–979.
- Glasa, M., Palkovics, L., Komínek, P., Labonne, G., Pittnerová, S., Kúdela, O., Candresse, T., Subr, Z., 2004. Geographically and temporally distant natural recombinant isolates of Plum pox virus are genetically very similar and form a unique PPV. *Journal of General Virology*, 85: 2671-81.
- Gümüş, M., Paylan, I.C., Matic, S., Myrta, A., Sipahioglu H.M., Erkan, S., 2007. Occurrence and distribution of stone fruit viruses and viroids in commercial plantings of Prunus species in western Anatolia, Turkey, *Journal of Plant Pathology*, 89: 265–268.
- Gürcan, K., Ceylan, A., 2016a. Full Genome Analysis of Plum pox virus-D isolates of Turkey. *3rd International Symposium on Plum Pox Virus*, S. 19, 9-13 Mayıs, Antalya, Türkiye.
- Gürcan, K., Ceylan, A., 2016b. Strain identification and sequence variability of plum pox virus in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. DOI: 10.3906/tar-1509-97.
- Gürcan, K., Teber, S., Değirmenci, K., 2016. High Sequence variability of Plum pox virus: A new divergent group of Marcus strain. *Romanian*

- Biotechnological Letters (kabul edildi).
- İlbağ, H., Çıtır, A., 2014. Detection and partial molecular characterization of Plum pox virus on almond trees in Turkey. *Phytoparasitica*, 42(4): 485–491.
- İlbağ, H., Çıtır, A., Bostan, H., 2008. *Prunus spinosa* L. A natural wild host of some important fruit viruses in Tekirdağ, Turkey, Proceedings of the Twentieth International Symposium on Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops, Fruit Tree Diseases, Antalya, Turkey, *Acta Hort.*, 781, 33-36.
- James, D., Varga, A., Thompson, D., Hayes, S., 2003. Detection of a new and unusual isolate of Plum pox virus (*Prunus domestica* virus in). *Plant Dis.* 87: 1119–1124.
- James, D., Varga, A., Sanderson, D., 2013. Genetic diversity of Plum pox virus: strains, disease and related challenges for control. *Can. J. Plant Pathol.* 35: 431–441.
- Kalashyan, Y.A., Bilkey, N.D., Verderevskaya, T.D., Rubina, E.V., 1994. Plum pox virus on sour cherry in Moldavia. *EPPO Bull.* 24: 645–649.
- Kerlan, C., Dunez, J., 1979. Différenciation biologique et sérologique des souches du virus de la sharka. *Annales de Phytopathologie*, 11:241–250.
- Koç, G., Baloğlu, S., 2006. First report of sharka in the Çukurova region of Turkey. *J. of Plant Pathol.*, 88 (3 suppl.): 68.
- Levy, L., Damsteegt, V., Welliver, R., 2000. First report of Plum pox virus (sharka disease) in *Prunus persicae* in the United States. *Plant Dis.* 84: 202.
- Kurçman, S., 1973. Detection of sharka virus on apricot and plum trees in Ankara. *Journal of Turkish Phytopathology*, 2:124–129.
- Maejima, K., Himeno, M., Komatsu, K., Takinami, Y., Hashimoto, M., Takahashi, S., Yamaji, Y., Oshima, K., Namba, S., 2011. Molecular epidemiology of Plum pox virus in Japan. *Phytopathology*, 101(5): 567–574.
- Myrta, A., Boscia, D., Potere, O., Kolber, M., Nemeth, M., Terlizzi, B., Cambra, M., Savino, V., 2001. Existence of two serological subclusters of Plum pox virus, strain M. *Eur. J. Plant Pathol.* 107: 845–848.
- Palmisano, F., Boscia, D., Minafra, A., Myrta, A., Candresse, T., 2012. An atypical albanian isolate of Plum pox virus could be the progenitor of the Marcusstrain. [http://icvf.jki.bund.de/dokumente/upload/74140\\_](http://icvf.jki.bund.de/dokumente/upload/74140_) icvf2012abstracts.pdf. Accessed 15 October 2014.
- Palmisano, F., Minafra, A., Myrta, A., Boscia, D., 2015. First Report of Plum Pox Virus Strain PPV-T in Albania. *J. Plant Pathol.* 97(2): 391-403.
- Roy, A.S., Smith, I.M., 1994. Plum pox situation in Europe. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin.* 24: 515-523.
- Sahtiyancı, S., 1969. Virus de la Sharka chez la prunier. *Bullet. Phytosan FAO*, 69.
- Scholthof, K.B., Adkins, S., Czosnek, H., Palukaitis, P., Jacquot, E., Hohn, T., Hohn, B., Saunders, K., Candresse, T., Ahlquist, P., Hemenway, C., Foster, G.D., 2011. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Mol Plant P.* 12: 938-954.
- Kumar, S., 2013. MEGA6: Molecular 6 Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Mol. Biol. Evol.* 30:2725-2729.
- Teber, S., Gürcan K., 2016. Recombination analysis of 51 PPV isolates including 10 genomes of PPV-M Istanbul, 3rd International Symposium on Plum Pox Virus, S. 33, 9-13, Antalya, Turkey.
- Thompson, D., McCann, M., MacLeod, M., Lye, D., Green, M., James, D., 2001. First report of Plum Sertkaya, G., Ulubaş, Ç., Çağlayan, K., 2003. Detection and characterization of Plum pox potyvirus (PPV) by DAS-ELISA and RTPCR/RFLP analysis in Turkey, *Turk. J. Agric. For.*, 27: 213-220.
- Tamura, K., Nei, M., Kumar, S., 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by 4 using the neighbor-joining method. *PNAS* 101:11030-11035.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipowski, A., pox virus in Ontario, Canada. *Plant Dis.* 85 (11): 97.
- Ulubaş Serçe, C., Candresse, T., Svanella-Dumas, L., Krizbai, L., Gazel, M., Çağlayan, K., 2009. Further characterization of a new recombinant group of Plum pox virus isolates, PPV-T, found in orchards in the Ankara province of Turkey. *Virus Res.* 142 (1-2):121–126.
- Ulubaş Serçe Ç., Gazel, M., Çağlayan, K., 2011. Plum pox virus streynlerinin Türkiye’deki Dağılımı. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, Kahramanmaraş s. 72.
- Wetzel T., Candresse T., Ravelonandro M., Delbos R.P., Mazyad H., Aboul-Ata A.E., Dunez, J., 1991. Nucleotide sequence of the 3' terminal region of the RNA from a widely divergent strain (El Amar) of Plum pox potyvirus. *J. Gen. Vir.* 72: 1741–1746.



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.289048



## Türkiye’de biyokütle fiyatındaki değişimin biyoetanol maliyeti üzerine etkileri

Selime Canan<sup>a\*</sup>, Vedat Ceyhan<sup>ab</sup>

<sup>a</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Atakum, Samsun

<sup>b</sup>Agrobigen Ltd. Şti, Samsun Teknopark, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Atakum, Samsun

\* Sorumlu yazar/corresponding author: selime.kaya@omu.edu.tr

Geliş/Received 08.04.2016

Kabul/Accepted 09.08.2016

### ÖZET

Biyoeetanol üretiminde hammadde olarak kullanılan şeker pancarı, mısır, buğday vb. gibi temel bazı tarım ürünlerinin fırsat maliyetleri ve fiyatlarında meydana gelen değişimlerin biyoetanol üretim maliyeti üzerine etkileri Türkiye’de henüz yeterince bilinmemektedir. Bu sebeple bu çalışmada, biyoetanol üretim maliyet unsurları ile birim üretim maliyetlerinin belirlenmesi ve hammadde fiyatlarında meydana gelen değişimin biyoetanol maliyeti üzerine etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırma verileri Türkiye’de biyoetanol üretimi gerçekleştiren üretim tesislerinden bireysel mülakatlar yoluyla ve daha önce yapılmış çalışmalar ve ilgili kurum ve kuruluşlardan elde edilmiştir. Maliyet unsurlarının ortaya konulması ve birim üretim maliyetlerinin hesaplanmasında maliyet analizi, hammadde fiyatlarının maliyetler üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasında ise senaryo analizi kullanılmıştır. Araştırma bulguları, şekerle bütünleşmiş biyoetanol birim üretiminin 2.50 TL L<sup>-1</sup>, mısırdan üretilen biyoetanolün birim maliyetinin 2.84 TL L<sup>-1</sup>, buğdaydan üretilen biyoetanolün birim maliyetinin 2.95 TL L<sup>-1</sup>, mısır-buğday karışımından üretilen biyoetanolün birim maliyeti ise 2.84 TL L<sup>-1</sup> olduğunu göstermiştir. Hammadde masrafının birim üretim maliyeti içindeki payı; hammaddesi gıda atığı olan şeker pancarı melasından üretilen biyoetanol üretim tesisinde % 28.55 iken, hammaddesi mısır-buğday karışımı olan üretim tesisinde % 44.81’dir. Araştırma sonuçları ayrıca hammadde fiyatlarında meydana gelen değişimin biyoetanol üretim maliyetlerini önemli düzeyde etkilediğini ve fırsat maliyetinin biyokütle tedarikini güçleştirdiğini göstermiştir. Araştırma bulgularına dayanarak Türkiye’de biyoetanol üretiminin ekonomik sürdürülebilirliği için destekleyecek politika ve stratejilerin takip edilmesi ve mevzuatta gerekli düzenlemelerin yapılması önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler:

Biyokütle  
Biyoeetanol  
Üretim maliyeti  
Biyokütle fiyat  
değişimi

### Effects of biomass price variation on the production cost of bioethanol in Turkey

#### ABSTRACT

The effect of changes in opportunity costs and prices of some agricultural products such as sugar beet, corn, wheat etc. used for bioethanol production on the cost of bioethanol production is not adequately known in Turkey.. Therefore, it was aimed to determine the bioethanol production cost items and unit production costs and also to put forth the effects of variations in raw material prices on cost of bioethanol. The research data were collected via personal interviews from active bioethanol plants in Turkey. The results of previous studies and documents of related institutions and organizations were also used. The study followed classical cost analysis approach to calculate production cost. Scenario analysis was performed when exploring the effect of raw material prices on bioethanol production cost. Research findings showed that production cost per litre bioethanol produced from sugar beet molasses, corn, wheat and corn-wheat mixture were 2.50 TL, 2.84 TL, 2.95 and 2.84 TL, respectively. The share of raw material expenses in bioethanol cost per liter varied associated with the crops used in the process, it was 28.55 % for bioethanol produced from sugar beet molasses, 44.81 % for bioethanol produced from corn-wheat mixture and 44.87 % bioethanol produced from corn. The research results also showed that the changes that occur in raw material prices significantly affected the bioethanol production cost and opportunity cost of crops created difficulties in biomass supply. Implementing the suitable policies and strategies and making the necessary arrangements in legislation would enhance the economic sustainability of bioethanol production in Turkey.

Keywords:

Biomass  
Bioethanol  
Production costs  
Biomass price  
variation

## 1. Giriş

Biyoeanol hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır. Üretimi nişastanın önce şekere, daha sonra da şekerin doğrudan fermente edilmesiyle biyoeanole dönüştürülmesi ile sağlanır.

Dünya biyoeanol üretimi 84 milyar litre olup, dünyada üretilen biyoyakıtların % 77'sini oluşturmaktadır (EIA, 2015a). Biyoeanol üretiminin % 91'i Amerika kıtasından, % 5'i Avrupa kıtasından, % 4'ü Asya ve Okyanusya kıtasından sağlanmaktadır. Afrika ve Avrasya Kıtalarında ise % 1'den daha az olmak üzere biyoeanol üretimi vardır. ABD, Brezilya, Çin, Kanada ve Fransa dünya biyoeanol üretiminde ilk beş ülkedir. Dünyada biyoeanol tüketiminin % 87'si Amerika kıtasında, % 8'i Avrupa kıtasında, % 5'i Asya ve Okyanusya kıtasındadır. Biyoeanol tüketiminde, üretiminde olduğu gibi Avrasya ve Afrika kıtaları %1'lik dilimin altındadır (EIA, 2015b). Dünya biyoeanol tüketiminde yer alan ilk beş ülke ABD, Brezilya, Çin, Kanada ve Almanya'dır (ISO, 2015). Dünya biyoeanol sektöründeki bu gelişim, biyoeanol konusunda yapılan bilimsel çalışmalara da ivme kazandırmıştır. Biyoeanol üretiminin teknik yönü ile ilgili çalışmalar tatmin edici düzeye ulaştıktan sonra, araştırmalar biyoeanol üretiminin ekonomik yönüne yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar öncelikle biyoeanol üretim tesisi kurulumunun fizibilitesine yönelmiştir (Kaylen ve ark., 2000; USDA, 2006a; USDA, 2006b; Ekşioğlu ve ark., 2009; Littlewood ve ark., 2012). Biyoeanolün ekonomik yönünü araştıran diğer bazı araştırmacılar ise biyoeanol maliyetinin biyoeanolün elde edildiği biyokütle ve üretim teknolojisi seçimine göre gösterdiği değişime odaklanmıştır (Chin ve H'ng, 2013; Wang ve ark., 2012; Wyman, 1999). Benzer şekilde Whims (2002), Amerika'da biyoeanol maliyetinin mısırdan elde edilen susuzlaştırılmış ve sulu biyoeanolün işletme kapasitesi arttıkça azaldığını ortaya koymuştur. Diğer taraftan Nguyen ve Prince (1996), Avustralya için şeker kamışından tatlı sorgumdan üretilen biyoeanolün petrolden daha pahalı olduğunu ve işletme kapasitesi azaldıkça masrafların azaldığını tespit etmiştir. Son yıllarda biyoeanol konusunda yapılan çalışmalar biyoeanol işletmeciliğinin karlılığına, biyoeanol üretim ve ticaret politikalarına ve biyoeanol üretiminin çevresel boyutuna yönelmiştir (Gokianluy ve ark., 2014; Hoogveen ve ark., 2009; Koh ve Ghazoul, 2008; Elbehri ve ark., 2013; Msangi ve ark., 2007; Urbanchuk, 2015).

Türkiye'de biyoeanol sektöründeki mevcut durum dünyadaki seyrinden oldukça farklıdır. Biyoeanol sektörü Türkiye için henüz yeni gelişen bir sektördür. Türkiye'de faaliyet gösteren 3 firma hammadde olarak şeker pancarı, buğday ve mısır kullanarak yılda

ortalama 162 milyon litre biyoeanol üretmektedir. Bunun 76 milyon litresi yakıt biyoeanolüdür. Üretilen yakıt biyoeanolünün % 92'si yurt içinde benzinle harmanlanılarak kullanılmakta geriye kalan %8'i ihraç edilmektedir (TAPDK, 2015). Biyoeanol konusunda yapılan araştırmalar ise sınırlı düzeydedir ve son 10 yılda gerçekleştirilmiştir. Günümüze kadar Türkiye'nin biyoeanol potansiyelini ortaya koyan (Karaosmanoğlu, 2006; Melikoğlu ve Albostan, 2011), alternatif yakıt kaynağı olarak biyoeanolün genel özelliklerini, üretim sürecini, üretimi için gerekli olan hammaddeleri inceleyen çalışmalar yapılmıştır (Bengisu, 2014; Adıgüzel, 2013). Biyoeanol üretiminin ekonomik yönüyle ilgili çalışmalar ise Türkiye gündemine henüz yeni girmiştir. Akalın ve Seyrekbasan (2015) Türkiye biyoeanol politikalarını dünya politikalarıyla karşılaştırmıştır. Ar (2012) Türkiye'de biyoeanol kullanım zorunluluğunun ekonomide yaratacağı etkileri makro açıdan incelemiştir. Hatunoğlu (2010) ise biyoyakıt politikalarının tarım sektörüne etkilerini; gıda güvencesi, tarımsal çevre, çiftçi gelirleri ve kırsal kalkınma alt konularıyla ortaya koymaya çalışmıştır. Diğer taraftan Koçtürk (2011) farklı özellikte biyoeanol-benzin karışımlarını yakıtların motorlarda kullanımının çevresel ve ekonomik yönden değerlendirmiş ve çalışması sonucunda hammadde maliyeti açısından en ekonomik karışım oranının E5 ve en ekonomik hammaddenin şeker pancarı olduğunu ifade etmiştir. Oruç (2008), şeker pancarından biyoeanol üretim maliyetini Eskişehir Şeker- Alkol Fabrikası örneğiyle incelemiş, biyoeanol maliyetinin benzinin giriş fiyatının üzerinde olduğunu tespit etmiştir. Türkiye'de hali hazırda üretim yapan biyoeanol tesislerinin ölçeklerini, üretim süreçlerini ve başlangıç sermayesini dikkate alarak biyoeanol üretim maliyetini ortaya koyan ve hammadde fiyatlarındaki değişimin maliyetler üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple bu araştırmada Türkiye'de biyoeanol üretiminde maliyet unsurlarını ortaya koymak ve hammadde fiyatlarındaki değişimin biyoeanol üretim maliyeti üzerindeki etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma verileri, Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. biyoeanol fabrikası ile yapılan görüşmelerden ve daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilmiştir.

Biyoeanolün maliyeti nispi satış değerleri yöntemine göre hesaplanmıştır (Kıral ve Kasnakoğlu, 1999). Biyoeanol üretim maliyetleri şeker pancarı melası, şeker pancarı (% 16.5 sakkaroz), buğday ve mısırın hammadde olarak kullanıldığı üretimler için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Biyoeanolün birim maliyeti hesaplanırken üretim tesislerinin sabit masrafları, değişken masrafları ve üretim sürecinde elde edilen yan ürünler olan karbondioksit, sıvı organik gübre ve DDGS (Dried.

Distillers Grains with Solubles) dikkate alınmıştır. Biyoetanol tesislerinin sabit masraflarını; tesisin amortismanı, borç faizleri, iş gücü ve idari masrafları ve vergileri oluşturmaktadır. Değişken masraflarını ise hammadde, enzim, maya, kimyasal, denatürant, tamir, bakım, nakliye, su elektrik ve diğer masrafları oluşturmaktadır.

Biyoetanol üretim maliyetinin en önemli değişken masraf unsuru olan hammadde masrafları, biyoetanol tesislerinin bulunduğu illerde, 2014 yılı itibarıyla ilgili hammaddenin çiftçi eline geçen fiyatlarıyla, kullanılan toplam hammadde miktarlarının çarpılmasıyla elde edilmiştir. Kullanılan toplam hammadde miktarı biyoetanol üretim tesislerinin üretim kapasitelerine göre aşağıda belirtilen hammaddenin biyoetanol dönüşüm oranları yardımıyla hesaplanmıştır (Çizelge 1). Hammaddeden üretilen, şeker ve yan ürünleri, karbondioksit ve organik sıvı gübre miktarları Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den alınan beyanlardan, DDGS miktarı ise USGC (2012)'den alınmıştır. Hammaddelerden üretilen biyoetanolin ve yan ürünlerin fiyatları ise piyasa fiyatlarını temsil etmektedir.

Çizelge 1. Hammaddenin biyoetanol dönüşüm oranları (Oruç, 2008)

Hammadde	Hammadde miktarı (gr)	Etanol miktarı (gr)
Sakkaroz	100	45-47
Ş. pancarı melası	100	20-24
Mısır	100	40-42
Buğday	100	36-38

Nakliye masrafları, biyoetanol üretim tesislerinin hammaddeye olan uzaklığına, hammaddeyi taşıma aracına ve taşıdığı hammadde miktarına bağlı olarak her tesis için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Su fiyatları biyoetanol tesislerinin bulunduğu her ilin Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğünden, elektrik fiyatları ise tesislerin bulunduğu illere göre Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketinden alınmıştır. Biyoetanol üretiminde kullanılan su, elektrik, enzim, maya, kimyasal ve denatürasyon miktarları ise daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilmiştir (Hofstrand, 2012).

Biyoetanol üretim tesisinin başlangıç yatırımı, 84 milyon litre kapasite için, Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin beyanına dayanarak 150 milyon TL olarak alınmıştır. Diğer tesislerin başlangıç yatırımları norm değerler kullanılarak ortaya konulmuştur. Tesisin ekonomik ömrü 15 yıl olarak alınmış (Hofstrand, 2012) ve amortismanı doğru hat metodu ile hesaplanmıştır.

İşgücü masrafları ise, bir biyoetanol üretim tesisinde bulunması muhtemel olan, kimya mühendisi, kimyager, yönetici ve idareci, laboratuvar çalışanları ve işçiler olmak üzere, tesislerin kapasitelerine göre sayıları ve aldığı ücretleri varsayımlarla hesaplanmıştır.

Genel idare giderleri toplam değişken masrafların %

3'ü alınarak hesaplanmıştır. Döner sermaye faiz oranı Ziraat bankası 2014 yılı tarıma dayalı sanayi yatırım kredisi faizi (% 13) esas alınarak hesaplanmıştır. Sabit sermaye faizinin hesaplanmasında reel faiz oranı (% 5) kullanılmıştır.

Hammaddenin fiyatındaki değişiminin biyoetanol maliyeti üzerine etkisinin ölçülmesinde biyoetanol üretimindeki toplam masrafların hammaddeye ayrılan payından yararlanılmıştır

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Biyoetanol üretiminde maliyet unsurları ve birim üretim maliyeti

Araştırma bulguları biyoetanol maliyetinin üretimde kullanılan biyokütleyle bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Bir ton şeker pancarı melasından 464 litre biyoetanol, 5.71 litre sıvı organik gübre ve 85.71 litre sıvı karbondioksit üretilmektedir. Şeker pancarı melasından üretilen bir litre biyoetanolin maliyeti 3.62 TL'dir. Hammaddenin masrafı toplam masrafların % 51'idir. Şeker pancarındaki % 16.5'lik sakkarozun tamamı biyoetanol üretiminde kullanılırsa, bir ton şeker pancarından 75.9 litre biyoetanol elde edilmektedir. Hammaddenin masrafı toplam masrafların %53'ünü oluştururken bir litre biyoetanol 3.83 TL'ye üretilmektedir. Şeker pancarından şeker ürettikten sonra arta kalan şeker pancarı melasından biyoetanolin üretildiği bütünleşmiş üretim sisteminde bir litre biyoetanolin maliyeti 2.50 TL'dir ve hammadde masrafı toplam masrafların % 29'unu oluşturmaktadır. Karbondioksitin litresi şeker pancarından veya melasından sırasıyla 0.15 TL ve 0.16 TL'ye üretilmektedir. Şeker pancarı bazlı biyoetanol üretiminin yan ürünü olan organik sıvı gübre maliyetleri ise şeker pancarı melasından elde edilirse daha düşük olmaktadır. Organik sıvı gübre, şeker pancarı melasından 4.53 TL'ye elde edilirken, şeker pancarından 4.79 TL'ye elde edilmektedir. Şeker üretimiyle bütünleşmiş biyoetanol üretiminde karbondioksit ve organik sıvı gübrerin litresi sırasıyla 0.01 ve 0.35 TL'ye elde edilmektedir (Çizelge 2).

Bir ton mısırdan 460 litre, bir ton buğdaydan 380 litre biyoetanol elde edilmektedir. Buğday mısır karışımından biyoetanol üretiminde, karışımın %20 buğday+%80 mısırdan oluştuğu varsayımı altında 1 litre biyoetanol 2.84 TL'ye mal olmaktadır. Bu süreçte elde edilen yan ürünler olan karbondioksit 0.12 TL ve DDGS 0.55 TL maliyetle üretilmektedir. Hammaddenin masrafı toplam masrafların % 48'ini oluşturmaktadır. Nişasta bazlı bir ton hammaddeden 300 kg DDGS (yem katkı maddesi) ve 164 litre karbondioksit üretilmektedir. Karbondioksit mısırdan ve buğdaydan üretildiğinde 0.12

TL'ye elde edilmektedir. DDGS ise mısırdan 0.54 TL, buğdaydan 0.57 TL maliyetle üretilmektedir (Çizelge 3).

### 3.2. Hammadde Fiyatlarındaki Değişimin Biyoetanol Maliyeti Üzerine Etkisi

Araştırma sonuçları hammadde fiyatlarında meydana gelen değişimin biyoetanol maliyeti üzerine önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Biyoetanol üretim maliyetlerinin fiyat değişimine en fazla hassasiyet gösterdiği hammadde şeker üretimiyle bütünleşmiş bir şekilde şeker pancarı melasından üretimde kullanılan melastır. Bu üretim sisteminde melas fiyatlarında meydana gelecek % 10'luk artış,

biyoetanol üretim maliyetinde % 2.9'luk artışa neden olmaktadır. Biyoetanol üretiminin gösterdiği hassasiyet açısından diğer hammaddeler buğday, melas, mısır-buğday karışımı, şeker pancarı ve mısır olarak sıralanmaktadır. Mısır ve mısır buğday karışımı fiyatlarında meydana gelecek % 10'luk artış, biyoetanol üretim maliyetinde % 5.1'lik artışa neden olmaktadır. Biyoetanol maliyetinin hassasiyetinin yüksek olduğu bir diğer hammadde buğdaydır. Buğday fiyatında meydana gelecek % 10'luk bir artış, biyoetanol üretim maliyetinde % 5.6'lık artışa neden olmaktadır. Melas ve şeker pancarı fiyatlarında meydana gelecek %10'luk artışlar, biyoetanol maliyetinde sırasıyla % 5.3 ve % 5.5 artışa yol açmaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 2. Bir ton şeker pancarı ve melasından üretilen biyoetanolün maliyeti

Maliyet unsurları	Hammadde		
	Şeker pancarı melası	Şeker pancarı <sup>1</sup>	Şeker pancarı <sup>2</sup>
<b>Değişken masraflar (TL)</b>			
Hammadde	464.00	160	18.08
Enzimler	72.00	22.80	7.59
Mayalar	7.20	2.28	0.76
Kimyasallar	69.60	22.04	7.34
Denatürasyonlar	98.40	31.16	10.37
Tamir-bakım	18.00	5.70	1.90
Nakliye	0.93	0.93	0.93
Su	0.49	0.16	0.05
Elektrik	46.27	14.65	4.88
GİG	24.72	8.68	1.83
DSF	53.56	18.80	3.97
<b>Sabit masraflar (TL)</b>			
Amortisman	28.57	9.05	3.01
Sabit sermaye faizi	21.43	6.79	2.26
İşgücü masrafları	2.98	0.94	0.31
Vergiler	0.47	0.15	0.05
Toplam değişken masraflar	855.17	287.19	57.70
Toplam sabit masraflar	53.45	16.93	5.63
Toplam masraflar	908.62	304.12	63.34
<b>Ürünler</b>			
Biyoetanol (bin TL)	960.00	304.00	101.20
CO2 (bin TL)	28.57	9.05	3.01
Sıvı gübre (bin TL)	14.49	4.59	1.53
Kristal şeker (bin TL)	-	-	337.35
Küp şeker (bin TL)	-	-	150.60
Sıvı şeker (bin TL)	-	-	210.84
Melas (bin TL)	-	-	9.78
Karma yem (bin TL)	-	-	81.33
Toplam üretim değeri	1003.06	317.63	895.65
Biyoetanolle düşen toplam masraf (TL)	869.62	291.06	63.34*
Üretilen biyoetanol miktarı (L)	240	76	25
Birim biyoetanol maliyeti (TL L <sup>-1</sup> )	3.62	3.83	2.50
Birim CO2 maliyeti (TL L <sup>-1</sup> )	0.15	0.16	0.01
Birim sıvı gübre maliyeti (TL L <sup>-1</sup> t)	4.53	4.79	0.35

\* Hammadde maliyeti biyoetanol üretim değeri oranına göre paylanıp, diğer masraflarla toplanmıştır.

Şeker pancarı1: şeker pancarındaki sakkarozun tamamının kullanılması durumu

Şeker pancarı2: şeker üretiminden kalan şeker pancarı melasının kullanılması durumu.

Çizelge 3. Bir ton mısırdan ve buğdaydan üretilen biyoetanolün maliyeti

Üretim masrafları (TL)	Mısır	Buğday	Mısır-Buğday Karışımı
<b>Değişken masraflar</b>			
Hammadde	650.00	630.00	646.00
Enzimler	138.00	114.00	133.20
Mayalar	13.80	11.40	13.32
Kimyasallar	133.40	110.20	128.76
Denatürasyonlar	188.60	155.80	182.04
Tamir-bakım	34.50	28.50	33.30
Nakliye	2.11	1.95	2.08
Su	2.04	1.69	1.97
Elektrik	88.69	73.26	85.60
GİG	39.32	32.48	37.95
DSF	85.20	70.38	82.24
<b>Sabit masraflar</b>			
Amortisman	54.43	44.97	52.54
Sabit sermaye faizi	40.83	33.73	39.41
İşgücü masrafları	3.76	3.11	3.63
Vergiler	1.90	1.57	1.83
Toplam değişken masraflar	1375.66	1229.66	1346.46
Toplam sabit masraflar	100.92	83.37	97.41
Toplam masraflar	1476.57	1313.03	1443.86
Biyoetanol (bin TL)	1840.00	1520.00	1776.00
DDGS (bin TL)	232.50	232.50	232.50
CO2 (bin TL)	27.77	27.77	27.77
Toplam üretim değeri	2100.27	1780.27	2036.22
Biyoetanolle düşen toplam masraf (TL)	1293.60	1121.07	1259.31
Üretilen biyoetanol miktarı (L)	460.00	380.00	444.00
Birim biyoetanol maliyeti (TL L <sup>-1</sup> )	2.81	2.95	2.84
Birim CO2 maliyeti (TL L <sup>-1</sup> )	0.54	0.57	0.55
Birim DDGS maliyeti (TL kg <sup>-1</sup> )	0.12	0.12	0.12

Çizelge 4. Hammadde fiyatlarındaki değişimin biyoetanol maliyetine etkisi

	Hammadde fiyatı (TL ton <sup>-1</sup> )	Biyoetanol maliyeti (TL L <sup>-1</sup> )	Biyoetanol satış fiyatı (TL L <sup>-1</sup> )*	Elastikiyet
Mısır	650.00	2.81	3.46	0.500
Buğday	630.00	2.95	3.63	0.562
Karışım	646.00	2.84	3.49	0.513
Melas	464.00	3.62	4.45	0.534
Şeker pancarı	160.00	3.83	4.71	0.549
Şekerle bütünleşmiş biyoetanol üretimi	18.08	2.50	3.08	0.285

\*Karışım oranı %2 alınıp, ÖTV'den muaf olduğu, KDV'nin % 18 ve kar payının % 5 olduğu varsayımı altında hesaplanan satış fiyatlarıdır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Hammadde masrafının toplam masraf içindeki yüksek payından dolayı, biyoetanol maliyetleri hammadde masraflarında meydana gelen değişime bağlı olarak değişmektedir. Araştırma sonuçları biyoetanolün en düşük maliyetle mısırdan elde edildiğini, daha sonra buğdaydan, daha sonra şeker pancarı melasından ve en yüksek maliyetle şeker pancarından üretilmekte olduğunu göstermiştir. Türkiye'de sadece mısır kullanarak biyoetanol 2.76 TL'ye üretmektedir. Buğday (% 20) ve Mısır (% 80) karışımından ise 2.84 TL'ye

biyoetanol üretmektedir. Şeker pancarından şeker ve şeker ürünleri üretiminden arta kalan melasla 2.50 TL'ye biyoetanolü üretmektedir. Hammadde fiyatlarında meydana gelecek değişimin biyoetanol maliyetlerine ne oranda yansıdığı da, hammaddenin biyoetanolle dönüşüm oranı ve biyoetanol maliyetleriyle doğru orantılıdır. Mısır ve buğday ithalatı yapılan Türkiye koşullarında yan ürün olarak yem katkı maddesi (DDGS) ve karbondioksit üretilse bile, bu ürünleri biyoetanol hammaddesi olarak kullanmak konusu, gıda güvenliği açısından dikkate alınmalıdır. Bunun yerine gıda atığı olan şeker pancarı melasını



değerlendirerek biyoetanole dönüştürmek daha karlı görünmektedir.

Türkiye’de biyoetanolün benzinle karışım oranı yasal olarak % 5 olmasına rağmen ÖTV indirimi ancak % 2’lik karışım oranına uygulanmaktadır. Hâlihazırda mısırdan 2,76 TL’ye, mısır-buğday karışımından 2.84 TL’ye, şeker pancarı melasından 2.50 TL’ye biyoetanol üretilirken, % 2 oranının üzerindeki karışımlarda ÖTV ve KDV’nin eklenmesiyle biyoetanol maliyeti oldukça artacaktır. Bu nedenle Türkiye’de ÖTV indirimi uygulanan biyoetanol karışım oranı artırılmalıdır. Halihazırda biyoetanol üreten 3 tesis ve biyoetanol alımı yapan tek büyük firma (PO) bulunmaktadır. Biyoetanol sektöründe tam rekabet piyasası oluşturulmalıdır. Teknolojik ve mali altyapı tamamlandıktan sonra belli oranlarda biyoetanol kullanım zorunluluğu getirilmelidir.

Biyoetanol üretim tesisleri için kuruluşta; yer seçimi ve alet-makine alımı aşamalarında sağlanacak hibe programları veya düşük faizle kredi kullandırma, dış ticarete vergi muafiyetleri veya indirimleri biyoetanol üretimini artırabilecektir. Sektörde var olan veri eksikliği probleminin giderilmesi sağlıklı analizlerin yapılmasına olanak sağlayabilecek ve sektörün etkin çalışmasına katkı sağlayabilecek çalışmaların yapılmasını hızlandırabilecektir.

Biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddelerin üretiminde etkinliğin sağlanması ve ölçek sorununun giderilmesi Türkiye tarımının yapısal problemi olan küçük ölçekli üretimin sebep olduğu yüksek maliyeti düşürerek biyoetanol maliyetini azaltabilecek ve biyoetanol üretimini yaygınlaştırabilecektir.

## Kaynaklar

- Adıgüzel, A.O., 2013. Biyoetanolün genel özellikleri ve üretimi için gerekli hammadde kaynakları, *BEU Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2):204-220.
- Akalın, B., Seyrekbasan, A.M., 2015. Dünyadaki biyoetanol politikalarının türkiye koşulları ile karşılaştırılmalı incelenmesi ve türkiye şartlarına uygunluk açısından biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddelerin değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1):157-168.
- Ar, F.F., 2012. Biyoetanol Kullanım zorunluluğunun türk ekonomisinde yaratacağı etkiler. 12. Enerji Kongresi, Ankara.
- Balat, M., Balat, H., 2009. Recent trends in global production and utilization of bioethanol fuel. *Elsevier/Applied Energy*, 86:2273-2282.
- Bengisu, G., 2014. Alternatif yakıt kaynağı olarak biyoetanol. *Alnteri*, 27(B)-2014, P 43-52, ISSN: 1307-3311.
- Chin K.L. and H’ng P.S., 2013. A Real story of bioethanol from biomass: malaysia perspective. *INTECH*, [Http://Dx.Doi.Org/10.5772/51198](http://Dx.Doi.Org/10.5772/51198) [Erişim tarihi: 14 Temmuz 2015].
- EIA, 2015a. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/bIEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1> [Erişim tarihi: 14 Ekim 2015].
- EIA, 2015b. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=2> [Erişim tarihi: 14 Ekim 2015].

- Ekşioğlu, S.D., Acharya, A., Leightley, L.E., Arora S., 2009. Analysing the design and management of biomass to bio refinery supply chain, *Elsiver/Computers & Industrial Engineering*, 57(2009), 1342-1352.
- Elbehri, A., Segerstedt, A., Liu P., 2013. Biofuels and the sustainability challenge: a global assessment of sustainability issues, Trends and Policies for Biofuels and Related Feedstocks. *FAO*, ISBN: 978-92-5-107414-5.
- Gokianluy, A., Cason, M., Satishchandra, R., 2014. A cost and benefit, case study analysis of biofuels system, *Harvard College Review Of Environment And Society*, May, 2014.
- Hatunoğlu, E., 2010. Biyoyakıt politikalarının tarım sektörüne etkileri, dpt-uzmanlık tezleri, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, ISBN: 978-975-19-4861-8, Ankara.
- Hofstrand, D., 2012. Tracking ethanol profitability of ethanol production, Iowa State University. <http://www.extension.iastate.edu/agdm/energy/html/d1-10.html> (Erişim tarihi: 24 Kasım 2015).
- Hoogveen, J., Faures, J.M., Giessen, N.V., 2009. Increased biofuel production in the coming decade: to what extent will it affect global freshwater resources? *Irrigation and Drainage*, 58: 148-160.
- ISO, 2015. Ethanol Yearbook, 2015. <http://isosugar.wix.com/ethanolyearbook2015#!trade/c1mxe> [Erişim tarihi: 16 Eylül 2015].
- Karaosmanoğlu, F., 2006. Türkiye’de biyoyakıt potansiyeli ve son gelişmeler. *Türkiye 10. Enerji Kongresi*, İstanbul.
- Kaylen, M., Van Dyne, D.L., Choi, Y.S., Blasé, M., 2000. Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks. *Elsiver/Bioresource Technology*, 72:19-32.
- Kıral, T., Kasnaoğlu, H., 1999. Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veri tabanı rehberi. *TEPGE Yayınları*, Stok No: 37.
- Koçtürk, D., 2011. Farklı özelliklerdeki etanol-benzin karışımını yakıtların buji ile ateşlemeli motorlarda kullanılmasının çevresel ve ekonomik yönden değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi, Tarım Makinaları A.B.D., Ankara.
- Koh, L.P., Ghazoul, J., 2008. Biofuels, biodiversity and people: understanding the conflicts and finding opportunities. *Elsevier/Biological Conservation*, 141: 2450-2460.
- Littlewood, J., Murphy, R.J., Wang L., 2012. Importance of policy support and feedstock prices on economic feasibility of bioethanol production from wheat straw in the UK. *Elsevier/Renewable and Sustainable Energy Review*, 17:291-300.
- Melikoğlu, M., Albostan, A., 2011. Türkiye’de biyoetanol üretimi ve potansiyeli. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(1): 151-160.
- Msangi, S., Sulser, T., Rosegrant, M., Santos, R.V., 2007. Global scenarios for biofuels: impacts and implications for food security and water use. 10th Annual Conference on Global Economic Analysis *Purdue University*, West Lafayette, India.
- Nguyen, M.H., Prince, R.G.H., 1996. A Simple rule for bioenergy conversion plant size optimisation: bioethanol from sugar cane and sweet sorghum. *Elsevier/Biomass and Bioenergy*. 10(516): 361-365.
- Oruç, N., 2008. Şeker pancarından alternatif yakıt kaynağı olarak biyoetanol üretimi: Eskişehir şeker-alkol fabrikası

- örneği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul. TAPDK, 2015. <http://www.tapdk.gov.tr/tr/piyasa-duzenlemeleri/alkol-piyasasi/resmi-istatistikler.aspx> [Erişim Tarihi: 10 Şubat 2016].
- Urbanchuk, J.M., 2015. Contribution of the ethanol industry to the economy of the U.S. In 2014. Renewable Fuels Association.
- USDA, 2006a. The economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States. <http://www.usda.gov/oce/reports/energy/EthanolSugarFeasibilityReport3.pdf> [Erişim tarihi: 18 Eylül 2015].
- USDA, 2006b. A Guide for Evaluating the Requirements of Ethanol Plants. [http://www.cleanfuelsdc.org/pubs/documents/ethanol\\_plant\\_guide.pdf](http://www.cleanfuelsdc.org/pubs/documents/ethanol_plant_guide.pdf) [Erişim tarihi: 18 Eylül 2015].
- USGC, 2008. DDGS Kullanıcı El Kitabı. (Tercüme: Nadir Fayazoff). [http://www.grains.org/sites/default/files/ddgs-handbook/DDGS\\_Handbook-Turkish2012.pdf](http://www.grains.org/sites/default/files/ddgs-handbook/DDGS_Handbook-Turkish2012.pdf) [Erişim tarihi: 20 Ekim 2015].
- Wang, L., Sharifzadeh, M., Templer, R., Murphy, R.J., 2012. Technology performance and economic feasibility of bioethanol production from various waste paper. *Energy & Environmental Science*, 5:5717-5730.
- Whims, J., 2002. Corn based ethanol cost and margins. Kansas State University, Department of Agricultural Economics and Sparks Companies, Kansas, USA.
- Wyman, C.E., 1999. Biomass ethanol: technical progress, opportunities and commercial challenges. *Annual Reviews Energy Environment*, 24:189-226.



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.288816



## Samsun ili Bafra ilçesinde sulama birliği çiftçi ilişkileri ve çiftçilerin sulama suyu kullanım karakteristikleri

Esin Hazneci<sup>a\*</sup>, Halil Kızılaslan<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun/Türkiye

<sup>b</sup> Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tokat/Türkiye

\* Sorumlu yazar/corresponding author: [esin.hazneci@omu.edu.tr](mailto:esin.hazneci@omu.edu.tr)

Geliş/Received 13/05/2016

Kabul/Accepted 13/08/2016

### ÖZET

Bu araştırmanın temel hedefi, Samsun ili Bafra ilçesi sağ sahil sulama alanında, sulama suyu tedarik sistemi içinde yer alan su tedarikçisi Altinkaya Sulama Birliği ile su kullanıcıları tarım işletmelerini, sulama işletmeciliği çiftçi ilişkileri ve çiftçilerin su kullanım karakteristikleri açısından incelemektir. Araştırmanın ana materyalini, Altinkaya Sulama Birliği ile sulama birliğinden su temin eden tarım işletmeleri arasından tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemi ile seçilmiş 128 tarım işletmesinden anket yoluyla elde edilen veriler ve alanda yapılan gözlemler oluşturmaktadır. Araştırmada tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda Altinkaya Sulama Birliğinin sulama projelendirme ve işletmecilik çalışmalarında, çiftçiyi bilgilendirme, modern sulama tekniklerini benimsetme ve sulama konusunda bilinçlendirmeye yönelik bir çalışma yapılmadığı tespit edilmiştir. Araştırma alanındaki işletme sahipleri, sulama birliğinin bakım onarım ve su ulaştırma görevlerini yeterince yerine getirmediğini düşünmektedir. Tarım arazilerinin sulamaya iyi hazırlanabilmesi, aşırı su kullanımının engellenmesi, drenaj, yüksek taban suyu, tuzluluk gibi sorunların aşılabilmesi için işletme sahiplerinin sulama konusundaki bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ilgili kurumların (Tarım İl ve İlçe Müdürlükleri, DSİ, Araştırma Enstitüleri ve Ziraat Fakülteleri) bir araya gelerek sulama eğitimleri hazırlaması ve bu eğitimlere çiftçilerin ve hatta sulama birliği çalışanlarının katılımının sağlanması yerinde olabilecektir.

**Anahtar Sözcükler:**  
Samsun  
Bafra  
Sulama  
Sulama işletmeciliği  
Çiftçilerin su kullanım alışkanlıkları

### Irrigation water use characteristics of farmers and their interaction with irrigation union in Bafra district of Samsun province, Turkey

#### ABSTRACT

The purposes of the study were to investigate the characteristics of supplier, Altinkaya Irrigation Union, and users of irrigation water, which were the main actors of irrigation supply system, and to explore the interaction between farmers and the union in Bafra irrigation area of Samsun province. Research data were collected from Altinkaya Irrigation Union and randomly selected 128 farms by using well-structured questionnaire. During the stage of socio-economic and water use characteristics analysis, classical economic analysis approach and descriptive statistics were used, respectively. Research results showed that during the irrigation project preparation and management studies of Altinkaya Irrigation Union, there had been no any activities done for enhancing the farmer's knowledge and skills on irrigation water use and adapting modern irrigation methods. Owners of the farms in the research area think that the union has insufficient repair and maintenance service and water transportation. Farmer education programme may decrease the overuse of irrigation water and problems of salinity and high level of groundwater. By means of coordinative study with a collaboration of different institutions, training programmes in irrigation methods can be organized, and farmers and employees of the irrigation union can be encouraged to join these programmes.

**Keywords:**  
Samsun  
Bafra  
Irrigation  
Irrigation management  
Farmers' interaction with union  
Irrigation characteristics

## 1. Giriş

Dünyada ve Türkiye'de nüfusun hızlı bir şekilde artması, sanayide ve tarımdaki gelişmeler suya olan ihtiyacın sürekli artmasına neden olmaktadır. Yirmi birinci yüzyılda hızla artan su talebi karşısında küresel ısınma ve yanlış kullanım sonucu kullanılabilir su kaynaklarının giderek azalması, suyu uluslararası gündemde de ilk sıraya taşımıştır.

Suyun daha verimli kullanılabilmesi ve su sorununun giderilebilmesi için tarım, sanayi ve evsel amaçlı kullanımlarda su kayıplarının önlenmesi, etkin su kullanımının sağlanması gerekmektedir (Aküzüm, 2010).

Türkiye'de tüketilen suyun %74'ü tarımsal sulamada, %15'i içme suyu kullanımında, %11'i de sanayide kullanılmaktadır (Anonim, 2015). Bu nedenle su kaynaklarının yönetiminde en önemli unsur tarımsal sulama olmaktadır. Tarımsal sulamada su kullanım etkinliğinin artırılarak su tasarrufu sağlanması büyük önem taşımaktadır. Tarımda kullanılan suyun etkin kullanılması, tarım arazisinin sulamaya en iyi şekilde hazırlanması, uygun sulama yönteminin ve su dağıtım sisteminin seçilip uygulanması ile mümkün olabilmektedir (Akar, 2010).

Türkiye'de ve dünyanın çeşitli ülkelerinde günümüze kadar sulama suyu konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu araştırmaların büyük bir kısmı su kaynaklarının yönetimini ve sistem performansını incelemiştir (Sharma ve ark., 1991; Smith, 1991; Hamdy ve ark., 1997; Koç, 1998; Özçelik ve ark., 1999; Vermillion ve ark., 2000; Değirmenci, 2001; Çakmak, 2001; Ul ve ark., 2002; Çakmak ve Beyribey, 2003; Çevik ve ark., 2005; Çakmak ve ark., 2007; Çakmak ve ark., 2008; Akar, 2010; Aküzüm, 2010; Evsahibioğlu ve ark., 2010; Sayın, 2011; Özkan ve ark., 2013). Ancak çiftçilerin sulama ve sulama işletmeciliği ile ilgili görüşlerine yer veren çalışma sayısı daha kısıtlıdır (Bülbül ve ark., 1996; Özçelik ve ark., 1999; Özkan ve ark., 2003; Şahin ve ark., 2003; Güvercin ve Boz, 2003; Ünal ve ark., 2004; Restrepo ve ark., 2007; Sivük, 2010; Sayın, 2011). Bu nedenle bu çalışmada Türkiye'nin tarımsal üretiminde önemli role sahip olan Bafra Ovasında üretim faaliyetinde bulunan çiftçilerin sulama suyu kullanım alışkanlıkları ve sulama birliğine ilişkin görüşlerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırma materyalinin önemli bir bölümü, Samsun ili Bafra ilçesinde faaliyette bulunan Altinkaya Sulama Birliği ve sulama birliğinden su temin eden tarım işletmeleri ile yapılan anket çalışmalarından ve alan gözlemlerinden sağlanmıştır. Ayrıca, Altinkaya Sulama Birliği kayıt ve dokümanları ile bölgedeki araştırma kuruluşlarının tespitlerinden yararlanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

Araştırmada ana kitleyi, Bafra ilçesinde, Bafra Ovası Sağ Sahil Sulaması olarak isimlendirilen ve 30.05.2000 tarihinde Altinkaya Sulama Birliği'ne devredilen sulama şebekesinin hizmet verdiği 1 belde ve 16 köyde üretim faaliyetinde bulunan 1208 tarım işletmesi oluşturmaktadır.

Örnek işletme sayısı, tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemlerinden biri olan Neyman yöntemine göre bulunmuştur (Yamane, 1967). Ana kitleyi meydana getiren işletmeler, 2012-2013 üretim döneminde sahip oldukları işletme arazisi büyüklüklerinin gösterdiği dağılıma göre, normal dağılım gösteren üç tabakaya ayrılmıştır. Bu tabakalar sırasıyla; birinci grupta 1-40 dekar araziye sahip olan 80 işletme, ikinci grupta 41-120 dekar araziye sahip olan 27 işletme ve üçüncü grupta 121+ dekar araziye sahip olan 21 işletme olmak üzere, toplam 128 işletmeden oluşmaktadır.

Hangi tarım işletmeleriyle anket yapılacağı tesadüfi sayılar tablosu kullanılarak belirlenmiştir. Örnek hacminin %25'i, yedek işletme olarak tespit edilmiştir. Araştırma bölgesinde, asil işletmelere ulaşılamadığı durumlarda yedekleri ile anket yapılmıştır.

İncelenen işletmelerde doldurulan anket formları kontrol edilmiş ve daha sonra "SPSS" (Statistical Packages for the Social Sciences) bilgisayar paket programına girilerek analize hazır hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra araştırmada anket yoluyla elde edilen verilerin değerlendirilmesinde frekans dağılımı ve yüzde gibi tanımlayıcı istatistiklerden yararlanılmıştır. Değişken grupları arasındaki ilişkilerin (bağımlılık derecesi) araştırılması için çapraz tablolar oluşturulmuş ve Ki kare testi ( $\chi^2$ ) yardımıyla bu ilişkinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı test edilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. İşletme sahiplerinin su kaynağı ve su kayıpları hakkındaki görüşleri

Araştırma alanında faaliyet gösteren birinci grup işletmelerin sahiplerinin yaklaşık % 53'ü, ikinci grupta yer alan işletmelerin sahiplerinin % 63'ü ve üçüncü gruptaki işletme sahiplerinin % 62'si tarım yaptıkları bölgede su sıkıntısı yaşadıklarını, diğerleri ise su sıkıntısı yaşamadıklarını ifade etmişlerdir (Çizelge 1).

Görüşülen işletme sahiplerinin, birinci grupta % 50'si, ikinci grupta % 52'si ve üçüncü grupta % 48'i gelecekte su sıkıntısı yaşanacağı beklentisine sahiptir (Çizelge 1). Bu çiftçiler, işletme büyüklük grupları itibarıyla birbirine benzer açıklamalarda bulunmuşlar ve kanaatlerin küçük olması, kanaatlerden yeterli su gelmemesi, bilinçsiz ve aşırı sulamalarla suyun israf edilmesi, bölgede çeltik üretiminin çok yaygın olması, sulama birliğinin bakım onarım ve su dağıtım faaliyetlerini yerine getirmemesinden dolayı gelecekte baraj suyunun yetmeyeceğini ve su sıkıntısı yaşanacağını düşünmektedir. Bu araştırma bulgusu Ünal

Çizelge 1. Çiftçilerin su kaynağı ve su kayıpları hakkındaki görüşleri

		1. Grup	2. Grup	3. Grup	
Su sıkıntısı yaşıyor musunuz?	Evet	Frekans	42	17	13
		%	52.50	62.96	61.90
	Hayır	Frekans	38	10	8
		%	47.50	37.04	38.10
Gelecekte su sıkıntısı yaşanabilir mi?	Evet	Frekans	40	14	10
		%	50.00	51.85	47.62
	Hayır	Frekans	30	12	9
		%	37.50	44.44	42.86
	Bilmiyorum	Frekans	10	1	2
		%	12.50	3.71	9.52
Suya rahat erişebiliyor musunuz?	Evet	Frekans	37	15	10
		%	46.25	55.56	47.62
	Hayır	Frekans	41	12	10
		%	51.25	44.44	47.62
	Bilmiyorum	Frekans	2	0	1
		%	2.50	0	4.76
Doğrudan Kızılırmak'tan su alıyor musunuz?	Evet	Frekans	0	1	4
		%	0	3.70	19.05
	Hayır	Frekans	80	26	17
		%	100.00	96.30	81.95
Sulama sırasında su kayıpları oluyor mu?	Evet	Frekans	11	13	15
		%	13.75	48.15	71.43
	Hayır	Frekans	4	7	6
		%	5.00	25.93	28.57
	Bilmiyorum	Frekans	65	7	0
		%	81.25	25.93	0

ve ark. (2004) tarafından yapılan araştırmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ünal ve ark. (2004), gördükleri çiftçilerin % 74'ünün gelecekte su kaynağının yetersizliği ve kirliliği konusunda kaygı duyduğunu bildirilmişlerdir. Sulama alanında üretimde bulunan bazı işletme sahiplerinin arazisi ana kanal veya kaneletlerin yanında bulunmaktadır. Sulama suyuna rahatlıkla erişebilen bu kişiler gelecekte su sıkıntısı yaşamayacağını düşünmektedir.

İncelenen işletme sahiplerinin birinci grupta % 13'ü, ikinci grupta % 4'ü ve üçüncü grupta %10'u gelecekte su sıkıntısı yaşanıp yaşanmayacağı ile ilgili fikir belirtmemiştir (Çizelge 1).

Araştırma alanında birinci ve üçüncü grupta faaliyet gösteren işletme sahiplerinin sırasıyla % 46'sı ve % 48'i suya rahat eriştiğini belirtmiştir. İkinci grupta yer alan işletmelerde ise çiftçilerin % 56'sı suya rahat erişirken, %44'ü yeterli sulama suyuna ulaşamamaktadır (Çizelge 1). Sulama suyuna rahat ulaşamayan çiftçiler, gelecekte de mevcut su sıkıntısının devam edeceğine inanan çiftçilerdir. Bu çiftçiler sulama suyuna erişememe ile ilgili olarak benzer açıklamalarda bulunmuşlardır. Araştırma alanında su sıkıntısı yaşayan bu çiftçilere sulama suyunu nasıl sağladıkları sorulduğunda büyük çoğunluğu sondaj kurarak suya ulaştıklarını

belirtmişlerdir. Bu nedenle bölgede sondaj kurarak yeraltından su temin eden çiftçilerin sayısı oldukça fazladır. Benzer bulgular daha önce yapılan araştırmalarda da elde edilmiştir. Özçelik ve ark. (1999), Şanlıurfa ve Kayseri sulama birliklerinden yararlanan üreticilerin sulama mevsiminde yeterli su alabilme durumunu inceledikleri çalışmalarında, sırasıyla % 72.6 ile % 58.3'ü yeterli suyu aldıklarını; % 24.7 ile 41.7'si ise yeterli suyu alamadıklarını belirtmişlerdir. Güvercin ve Boz (2003), Osmaniye ili Düziçi ilçesine bağlı 9 köyde faaliyet gösteren çiftçilerin önemli bir kısmının (% 79.6) su sıkıntısı çektiklerini saptamışlardır.

Birinci gruptaki çiftçilerin tamamı, ikinci grupta %96'sı ve üçüncü grupta %82'si doğrudan Kızılırmak'tan su alamadıklarını belirtmiştir. Birinci grupta yer alan çiftçilerin % 81'i su kayıpları hakkında bilgi sahibi değildir. Bu oran ikinci grup işletmelerde %26'dır. Birinci ve ikinci grup işletmelere göre daha büyük olan üçüncü grup işletmelerde su kayıpları ile ilgili bilinç düzeyi daha fazladır. Bu grupta yer alan işletmelerin % 71'i sulama sırasında su kayıpları yaşadığını belirtirken, % 29'u su kaybının olmadığını ifade etmiştir. Bütün işletme büyüklük grupları içerisinde yalnızca 5 çiftçi su kayıplarını önlemekle ilgili görüş bildirmiştir.

### 3.2. Sulama yöntemleri ve su kaynaklarına ilişkin görüşler

İşletme sahiplerinin uyguladıkları sulama yöntemleri ve su kaynaklarına ilişkin araştırma bulguları Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırma alanında faaliyet gösteren işletme sahipleri çeltik sulamasında tava sulama yöntemini tercih etmektedirler. İncelenen işletmelerin tamamında silaj mısır, fiğ, yonca, kapyra biber, beyaz lahana, kara lahana, pırasa ve turp sulamasında yağmurlama sulama yöntemi kullanılmaktadır (Çizelge 2). Araştırma alanında faaliyet gösteren ikinci ve üçüncü grupta yer alan işletme sahipleri, buğday sulamasında yağmurlama sulama yöntemini kullanırken; birinci grupta buğday yetiştiren işletmelerin % 17'si

damla sulama, % 83'ü ise yağmurlama sulama yöntemini tercih etmektedir. Araştırma alanındaki işletmelerden yalnızca birinci grup işletmeler bütün yetiştiriciliği yapmakta ve sulama yöntemi olarak % 20'si damla sulamayı, % 80'i yağmurlama sulamayı tercih etmektedir. Karnabahar sulamasında birinci ve üçüncü grupta yer alan işletmeler daha çok yağmurlama sulama yaparken; ikinci grup işletmelerde % 20 damla sulama, % 80 yağmurlama sulama yapılmaktadır. Kavun ve karpuz sulamasında bütün işletme büyüklük gruplarında, çiftçilerin bir kısmı damla sulamayı, bir kısmı da yağmurlama sulamayı tercih etmektedir. Ancak işletme büyüklük gruplarının tamamında yağmurlama sulama yapanların sayısı, damla sulama yapanlardan fazladır (Çizelge 2).

Çizelge 2. İşletme sahiplerinin uyguladıkları sulama yöntemleri ve su kaynakları (%)

		1. Grup	2. Grup	3. Grup	
Çeltik	Sulama yöntemi	Tava	100.00	100.00	100.00
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	-	-	-
	Su kaynağı	Sulama kanalı	31.58	25.81	22.58
		Kanalet	5.26	3.23	19.35
		Drenaj kanalı	26.32	25.81	9.68
Su kaynağı	Sondaj	15.79	9.68	22.58	
	Tahliye kanalı	21.05	35.47	25.81	
Silaj mısır	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	7.14	5.56	16.67
		Kanalet	21.43	44.44	8.33
		Drenaj kanalı	28.57	11.11	16.67
Su kaynağı	Sondaj	14.29	5.56	25.00	
	Tahliye kanalı	28.57	33.33	33.33	
Fiğ	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	12.50	-	-
		Kanalet	37.50	50.00	25.00
		Drenaj kanalı	-	-	-
Su kaynağı	Sondaj	-	-	50.00	
	Tahliye kanalı	50.00	50.00	25.00	
Yonca	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	-
		Kanalet	-	-	-
		Drenaj kanalı	50.00	100.00	-
Su kaynağı	Sondaj	-	-	100.00	
	Tahliye kanalı	50.00	-	-	
Buğday	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	17.00	-	-
		Yağmurlama	83.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	16.67	16.67	50.00
		Kanalet	33.33	16.67	50.00
		Drenaj kanalı	-	-	-
Su kaynağı	Sondaj	33.33	33.33	-	
	Tahliye kanalı	16.67	33.33	-	

Çizelge 2 (Devamı). Çiftçilerin uyguladıkları sulama yöntemleri ve su kaynakları (%)

		1. Grup	2. Grup	3. Grup	
Tütün	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	20.00	-	-
		Yağmurlama	80.00	-	-
	Su kaynağı	Sulama kanalı	33.33	-	-
		Kanalet	66.67	-	-
		Drenaj kanalı	-	-	-
		Sondaj	-	-	-
Tahliye kanalı		-	-	-	
Domates	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	100.00	100.00	100.00
		Yağmurlama	-	-	-
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	25.00
		Kanalet	25.00	20.00	-
		Drenaj kanalı	-	40.00	25.00
		Sondaj	62.50	20.00	50.00
Tahliye kanalı		12.50	20.00	-	
Kapyra	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	7.14	28.57
		Kanalet	36.36	14.29	-
		Drenaj kanalı	13.64	28.57	14.29
		Sondaj	31.82	28.57	57.14
Tahliye kanalı		18.18	21.43	-	
Beyaz lahana	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	28.57
		Kanalet	20.00	-	-
		Drenaj kanalı	-	33.33	14.29
		Sondaj	60.00	33.33	57.14
Tahliye kanalı		20.00	33.34	-	
Kara lahana	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	9.09	30.00
		Kanalet	25.00	-	-
		Drenaj kanalı	25.00	18.18	10.00
		Sondaj	25.00	27.28	60.00
Tahliye kanalı		25.00	45.45	-	
Pırasa	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	100.00	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	12.50	-	100.00
		Kanalet	12.50	-	-
		Drenaj kanalı	25.00	50.00	-
		Sondaj	18.75	12.50	-
Tahliye kanalı		31.25	37.50	-	
Karnabahar	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	20.00	-
		Yağmurlama	100.00	80.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	-
		Kanalet	-	-	-
		Drenaj kanalı	-	-	-
		Sondaj	100.00	66.67	100.00
Tahliye kanalı		-	33.33	-	

Çizelge 2 (Devamı). Çiftçilerin uyguladıkları sulama yöntemleri ve su kaynakları (%)

		1. Grup	2. Grup	3. Grup	
Kavun	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	25.00	42.85	33.00
		Yağmurlama	75.00	57.15	67.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	25.00
		Kanalet	50.00	16.67	-
		Drenaj kanalı	-	33.33	-
		Sondaj	37.50	33.33	75.00
Tahliye kanalı	12.50	16.67	-		
Karpuz	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	14.00	40.00	40.00
		Yağmurlama	86.00	60.00	60.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	16.67
		Kanalet	57.14	22.22	-
		Drenaj kanalı	-	11.11	16.67
		Sondaj	42.86	55.56	66.66
Tahliye kanalı	-	11.11	-		
Turp	Sulama yöntemi	Tava	-	-	-
		Damla	-	-	-
		Yağmurlama	-	100.00	100.00
	Su kaynağı	Sulama kanalı	-	-	25.00
		Kanalet	-	-	-
		Drenaj kanalı	-	33.33	25.00
		Sondaj	-	-	50.00
Tahliye kanalı	-	66.67	-		

İnceleme alanında sulama birliğinden su temin eden çiftçilerin ürünlerini sularken kullandıkları su kaynakları incelendiğinde; çeltik üretim faaliyetinde bulunan birinci grupta yer alan işletmelerin öncelikli su kaynağı sulama kanalı olurken, bunu drenaj kanalı, tahliye kanalı ve sondaj takip etmektedir. İkinci ve üçüncü grupta çeltik yetiştiren işletmeler ise suyu daha çok tahliye kanallarından almaktadır (Çizelge 2).

Çeltik sulaması dışında diğer üretim faaliyetleri incelendiğinde, sulama kanallarından su temin eden işletme sayısı oldukça azdır. Benzer şekilde sulama suyunu doğrudan kanaletlerden alan işletmelerin oranı da düşüktür. Araştırma alanında sulama suyunu sulama kanalı ve kanaletlerden temin etmekte sıkıntısı yaşayan çiftçilerin sondajla sulama yapmaya yöneldikleri gözlemlenmiştir. Nitekim karnabahar yetiştiren işletmelerin, işletme büyüklük gruplarının tamamında yaygın olarak sondajla sulama yaptığı dikkati çekmektedir. Diğer üretim faaliyetleri incelendiğinde de sulama alanında sondajla sulama yapmanın yaygın olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Oysa sondaj sulaması işletmeler için oldukça maliyetlidir. Çünkü sulama suyunu bu şekilde temin eden işletmeler hem su hem de elektrik faturası ödedikleri için üretim maliyetleri artmaktadır. İncelenen sulama alanında, sulama suyuna ulaşma sıkıntısı yaşayan işletmelerin birçoğu da, verimlerinin düşmesi pahasına tahliye kanallarından gelen atık suları kullanarak üretim faaliyetlerine devam etmektedir.

### 3.3. İşletme sahiplerinin uyguladıkları sulama yöntemlerine ilişkin görüşleri

Sulama alanında damla sulama yöntemi ile sulama faaliyetinde bulunan çiftçilerin tamamı, sulama esnasında sulama ve gübrelemeyi beraber yapmaktadır. İşletmelerin bir kısmı damla sulama esnasında tıkanma yaşanmadığını belirtirken, bazıları da kanaletlerin yosunlu olması ve damla sulama borularının yosun tutması sebepleriyle sulama esnasında boruların tıkanıldığını ifade etmişlerdir (Çizelge 3).

İşletme büyüklük gruplarının tamamında, damla sulama yöntemini kullanan işletmelerin filtrasyonu yeterli buldukları ve arazilerinde bitki gelişiminin eşit olduğunu ifade etmişlerdir (Çizelge 3). Ayrıca işletme sahipleri damla sulama yaparken en çok zorlandıkları faaliyetin işçilik (boruları serme ve toplama) olduğunu belirtmişlerdir.

Yağmurlama sulama yöntemiyle sulama yapan birinci grupta yer alan işletmeler, sulama esnasında aynı anda ortalama 12 başlık kullanırken, ikinci ve üçüncü grupta yer alan işletmeler aynı anda sırasıyla ortalama 18 ve 24 başlık kullanmaktadır. İşletme büyüklük gruplarının tamamında işletme sahipleri bitki gelişiminin büyük oranda eşit olduğunu belirtmişlerdir.



Çizelge 3. İşletme sahiplerinin uyguladıkları sulama yöntemlerine ilişkin görüşleri (%)

			1. Grup	2. Grup	3. Grup
Damla Sulama	Gübreleme ve sulama beraber mi?	Evet	100.00	100.00	100.00
		Hayır	-	-	-
	Sulamada tıkanma yaşıyor mu?	Evet	50.00	57.14	44.44
		Hayır	50.00	42.86	55.56
	Filtrasyon yeterli mi?	Evet	66.67	75.00	88.89
		Hayır	33.33	25.00	11.11
Bitki gelişimi eşit mi?	Evet	100.00	93.33	100.00	
	Hayır	0.00	6.67	0.00	
Yağmurlama Sulama	Bitki gelişimi eşit mi?	Evet	77.27	82.14	100.00
		Hayır	22.73	17.86	0.00
	Sulamada kaç başlık aynı anda çalışır? (Adet)		12.00	18.00	24.00
Tava Sulama	Uygulanan tava sulama türü hangisidir?	Uzun	-	-	-
		Göllendirmeli	100.00	100.00	100.00
	Bitki gelişimi eşit mi?	Evet	90.91	81.48	89.29
		Hayır	9.09	18.52	10.71
Tava boyutları ne kadar (da)		6.00	5.75	20.00	

(Çizelge 3). Yağmurlama sulama yöntemiyle sulama yapan çiftçiler, yağmurlama borularını taşımada, boruları değiştirmede ve yağmurlama başlıklarını değiştirmede zorlandıklarını belirtmiştir. Araştırma alanında özellikle yaz döneminde gerçekleşen elektrik kesintileri de işletmelerin üretim faaliyetlerini engellemektedir.

Araştırma alanında işletme büyüklük gruplarının tamamında tava sulama yapan işletme sahipleri, göllendirmeli tava kullanmaktadır ve tava boyutları sırasıyla ortalama 6 da, 5.75 da ve 20 dekadır. Tava sulama yönteminde de işletme sahipleri, arazisinde bitki gelişiminin büyük oranda eşit olduğunu, ancak sulama suyunun araziye ilk girdiği alanlarda su soğukluğundan dolayı bitki gelişiminin ve verimin düşük olduğunu belirtmiştir (Çizelge 3).

#### 3.4. Arazi tesviyesi yaptırmaya ilişkin görüşler

Çiftçilerin arazi tesviyesi yaptırmayla ilgili görüşleri işletme büyüklük grupları itibarıyla değişmektedir

( $\chi^2=17,714$ ,  $p<0,01$ ). Sulama alanında görüşülen, birinci grupta yer alan işletme sahiplerinin yaklaşık %39'u arazi tesviyesi yaptırmakta, %61'i ise yaptırmamaktadır. İkinci ve üçüncü grupta yer alan işletmelerde ise arazi tesviyesi yaptıranların, yaptırmayanlardan daha fazla olduğu dikkati çekmektedir (Çizelge 4). İnceleme sonucunda arazi tesviyesi yapılan alanlarda, büyük oranda çeltik yetiştiriciliği yapıldığı tespit edilmiştir. Arazi tesviyesi yaptıran birinci grupta yer alan işletmelerden yalnızca 4'ü, ikinci grupta 1'i ve üçüncü grupta 2'si sebze arazisine tesviye yaptırmamakta, bu çiftçiler dışındaki tüm çiftçiler çeltik ekili araziye tesviye yaptırmaktadır.

Benzer bulgular daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir. Sivük (2010), İvriz Sağ Sahil Sulama Birliği üyeleriyle yaptığı çalışmada, arazi tesviyesi yaptıran üreticilerin oranını % 56.8, arazi tesviyesi yaptırmayan üreticilerin oranını ise % 43.2 olarak tespit etmiştir.

İnceleme alanında görüşülen işletme sahipleri arazi

Çizelge 4. Arazi tesviyesi yaptırma durumu

	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
Evet	31	38.75	21	77.78	16	76.19
Hayır	49	61.25	6	22.22	5	23.81

tesviyesi yaptırılan alanlarda; sulama suyunun eşit dağıldığını, bitki gelişiminin eşit olduğunu, verimin arttığını, su kayıplarının azaldığını, işçiliğin azaldığını ve hasadın daha kolay olduğunu belirtmişlerdir.

### 3.5. Sulama organizasyonunun hizmetlerinden memnuniyet durumu ve bakım onarım faaliyetleri ile ilgili görüşler

Altınkaya Sulama Birliği'nden su temin eden işletme sahipleri arasında, sulama birliğinin faaliyetlerinden memnun olmayanların sayısı, memnun olanlardan fazladır.

İşletme sahiplerinin sulama organizasyonunun hizmetlerinden memnuniyet durumu bakımından, işletme büyüklük grupları itibarıyla fark yoktur ( $\chi^2=0,073$ ,  $p>0,05$ ). Sulama alanında üretim faaliyetinde bulunan birinci grupta yer alan işletmelerden % 35'i sulama birliğinin hizmetlerinden memnunken, % 65'i memnun değildir. Benzer şekilde ikinci gruptaki işletmeler içerisinde sulama birliğinden memnun olanların oranı % 37, memnun olmayanların oranı % 63 ve üçüncü grup işletmelerde bu oranlar sırasıyla % 33 ve % 67'dir (Çizelge 5).

Araştırma sonucunda işletme büyüklük gruplarının tamamı, sulama alanındaki bakım onarım faaliyetlerini, sulama birliğinin yürütmesi gerektiğini belirtmiştir. Ancak birinci grupta yer alan işletmelerden % 11'i, ikinci gruptaki işletmelerden % 7'si ve üçüncü gruptaki işletmelerden % 14'ü sulama birliğinin bu hizmetleri yeterince yerine getiremediğini, bu nedenle bakım onarım faaliyetlerini DSI'nin yapması gerektiğini ifade etmiştir (Çizelge 6).

Araştırma bulguları, Restrepo ve ark. (2007) tarafından daha önce yapılmış araştırma sonuçlarını desteklemektedir. Bu araştırmacılar yayınladıkları raporda Türkiye'de tesislerin devrinden sonra su dağıtımının zamanında yapılması ile ilgili artış olduğu, ancak su dağıtımında adalet konusunda ise herhangi bir değişim olmadığı bildirilmiştir. Ancak, Sayın (2011) tarafından yapılan bir çalışmada elde edilen bulgular, araştırma bulgularından farklılık göstermektedir. Araştırmacı, Antalya ilinde yaptığı çalışmada, işletme sahipleri sulama organizasyonunun tesisin bakım (temizlik vs.) hizmetlerinin yeterli düzeyde yerine getirildiği görüşüne ve tesisin onarım hizmetlerinin yeterli düzeyde yerine getirildiği görüşüne katılmamışlardır. Suyun yeterli miktarda, zamanında ve herkese adil olarak dağıtıldığı görüşüne ise katılmışlardır.

Çizelge 5. Çiftçilerin sulama organizasyonunun hizmetlerinden memnuniyet durumu

	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
Memnun	28	35.00	10	37.04	7	33.33
Memnun değil	52	65.00	17	62.96	14	66.67

### 3.6. Sulama zamanının belirlenmesi ile ilgili görüşler

İşletme sahiplerinin sulama zamanına bilimsel olarak karar vermeleri açısından, işletme büyüklük grupları arasında fark yoktur ( $\chi^2=3.055$ ,  $p>0.05$ ). Araştırma sonucunda birinci ve üçüncü grupta yer alan işletme sahiplerinden sulama zamanını doğru bir şekilde belirlemeye önem vermeyenlerin sayısı fazlayken, ikinci grupta yer alan işletmelerde sulama zamanını doğru bir şekilde belirlemeyi önemseyenler daha fazladır (Çizelge 7). Bitkilere göre sulama zamanını uygun bir şekilde belirlemeye özen göstermeyen işletme sahipleri,

yıllardır tarımla uğraştıklarından sulama zamanını bildiklerini düşünmektedirler. Diğer işletme sahipleri ise sulama suyunun verilmiş zamanının bilimsel yöntemlere uygun yapılmasının, üretimin kalitesini ve verimi artıracağını düşünmektedirler.

Araştırma alanında görüşülen işletme sahipleri, sulama zamanına, daha çok bitki görünümüne bakarak karar vermektedir. Bunun yanında işletme sahipleri hava sıcaklığındaki gelişmeleri takip ettiklerini, kendi sulama tecrübelerinden faydalandıklarını, bazen de komşuların uygulamasına bakarak sulama yaptıklarını belirtmiştir

Çizelge 6. Çiftçilerin bakım onarım faaliyetlerini yapmasını uygun gördüğü kuruluşlar

	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
Sulama Birliği	71	88.75	25	92.59	18	85.71
DSİ	9	11.25	2	7.41	3	14.29

Çizelge 7. İşletme sahiplerinin sulama zamanını bilimsel olarak belirlemeye ilişkin tutumları

	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
Bilimsel yöntemleri kullananlar	39	48.75	17	62.96	8	38.10
Kendi tecrübelerini önemseyenler	41	51.25	10	37.04	13	61.90

### 3.7. Sulama eğitimi ile ilgili görüşler

Araştırmaya alanında görüşme yapılan birinci grup işletmelerde işletme sahiplerinin % 96'sı herhangi bir sulama eğitimi almazken, ikinci ve üçüncü grupta bu oranlar sırasıyla % 89 ve % 90'dır (Çizelge 8). Araştırma alanında sulama eğitimi alan çiftçilerin sayısı oldukça azdır. Bölgede eğitim alan işletme sahipleri Bafra Tarım İlçe Müdürlüğü tarafından verilen eğitime katılmışlardır. Bölgedeki çiftçilerin eğitim almaya karşı tutumu oldukça negatiftir ve işletme büyüklük grupları itibarıyla işletme sahiplerinin sulama eğitimlerine katılma isteği farklılık göstermektedir ( $\chi^2=8.249$ ,  $p<0.05$ ). İşletme büyüklük gruplarının tamamında

eğitim almak istemeyenlerin sayısı, eğitim almak isteyenlere göre daha fazladır. Sulama eğitimlerine katılmak isteyen işletme sahiplerinin oranı ise ikinci ve üçüncü grup işletmelerde daha fazla iken, birinci grup işletmelerde en azdır. Sulama eğitimi almak isteyen işletme sahipleri sulama sistemlerini, her bir ürünün su ihtiyacını ve sulamanın yapılma zamanını, taban araziden dolayı nasıl sulama yapmaları gerektiğini öğrenebilmek için eğitim almak istemektedir. Türkiye'de yeterli düzeyde ve çok etkin bir çiftçi eğitim hizmetinin gerçekleştirilememesi sebebiyle, sulu tarım alanlarında toprak-bitki-su ilişkileri ve bunların insan ve çevreye olan etkileri üzerinde fazla durulmamaktadır. Bu nedenle üretici yeterince eğitilememekte, aşırı su kullanma eğilimi ortaya çıkmaktadır (Tekinel ve ark., 2000).

Çizelge 8. İşletme sahiplerinin sulama eğitimi ile ilgili görüşleri

	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
<i>Sulama eğitimi alma durumu</i>						
Evet	3	3.75	3	11.11	2	9.52
Hayır	77	96.25	24	88.89	19	90.48
<i>Eğitime katılma isteği</i>						
Evet	16	20.00	12	44.44	9	42.86
Hayır	64	80.00	15	55.56	12	57.14

### 3.8. Sulama ile ilgili başkalarına danışmakla ilgili görüşler

Sulama alanında faaliyet gösteren işletme sahiplerinin büyük bölümü, uzun yıllardır tarımsal faaliyetlerle uğraştıkları için sulama konusunda başkalarına danışmaya gerek duymamaktadır ve sulama konusunda başkalarına danışma durumu açısından işletme büyüklük grupları arasında fark yoktur ( $\chi^2=1,045$ ,  $p>0,05$ ). Bilgiye ihtiyaç duyan işletme

sahipleri daha çok komşularından, büyük çiftçilerden ve bilgisine güvendikleri arkadaşlarından fikir almaktadırlar. Araştırma alanındaki işletme sahiplerinin hemen hemen tamamı sulama konusunda tavsiye almak için herhangi bir kuruma başvurmamaktadır (Çizelge 9). Danışan az sayıda işletme sahibi ise ayda birkaç kez Tarım İlçe Müdürlüğüne ve yörede çalışan ziraat mühendisine danıştıklarını ve görüşmelerin yararlı olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 9. İşletme sahiplerinin sulama konusunda kurum ve başka kişilere danışma durumu

	1. Grup		2. Grup		3. Grup	
	Kişi	%	Kişi	%	Kişi	%
<i>Sulama eğitimi alma durumu</i>						
Evet	25	31.25	6	22.22	5	23.81
Hayır	55	68.75	21	77.88	16	76.19
<i>Eğitime katılma isteği</i>						
Evet	6	7.50	3	11.11	3	14.29
Hayır	74	92.50	24	88.89	18	85.71

## 4. Sonuç ve Öneriler

Altınkaya Sulama Birliği'nden su temin eden işletme sahipleri arasında, sulama birliğinin faaliyetlerinden memnun olmayanların sayısı, memnun olanlardan fazladır. Araştırma sonuçlarına göre, sulama alanında sulama birliğinin faaliyetlerinden memnun olmayan çiftçilerin en büyük sıkıntısı, sulama suyuna ulaşamamalarıdır. Araştırma alanındaki çiftçiler, sulama birliğinin bakım onarım ve su ulaştırma görevlerini yeterince yerine getirmediğini düşünmektedir. Sulama kanallarından su gelmemesi, kanalların temizlenmemesi, çeltik eken çiftçilerin suyu kendi arazisine yönlendirmeleri, sulama sezonunda birliğin yeterince denetleme yapmaması, su faturalarının yüksekliği ve elektrik faturalarının yüksekliği birlik üyelerinin belirttiği problemler arasındadır. Araştırma bölgesinde görüşülen çiftçilerden edinilen bilgilere ve araştırma alanında yapılan gözlemlere dayanarak, özellikle çeltik yetiştiren bazı çiftçilerin sulama sezonunda kanaletleri delerek suyu tamamen kendi arazilerine yönlendirdikleri ve kendilerinden sonra gelen çiftçilerin arazilerine suyun ulaşmadığı belirlenmiştir. Bu konuda çoğu zaman çiftçiler arasında problemler hatta çatışmalar yaşanmaktadır. Ancak sulama birliği yetkilileri bu şekilde davranan çiftçilere daha çok sözlü olarak uyarıda bulunmakta ve tarafları yatıştırmaya çalışmaktadır. Sulama birliğinin herkes için geçerli yaptırımlar uygulayarak bu şekilde davranan

çiftçileri caydırıcı tedbirler alması gerekmektedir. Araştırma sonucunda işletme büyüklük gruplarının tamamı, sulama alanındaki bakım onarım faaliyetlerini, sulama birliğinin yürütmesi gerektiğini belirtmiştir. Çiftçiler her ne kadar sulama birliğinin faaliyetlerinden memnun olmasalar da, bakım onarım işinin birliğin görevi olduğunu ve bu konuda birliğin daha titiz çalışması gerektiğini düşünmektedir.

Altınkaya Sulama Birliği'nde saptanılan eğitim eksikliği, bütün sulama birliklerinde ortak bir sorundur. Türkiye'de yeterli düzeyde ve çok etkin bir çiftçi eğitim hizmetinin gerçekleştirilememesi sebebiyle, arazilerin sulamaya iyi hazırlanmaması, aşırı su kullanımı, drenaj, yüksek taban suyu, tuzluluk gibi bir dizi sorunla karşı karşıya kalınmaktadır. Gerek sulama birlik yöneticilerinin gerekse çiftçilerin sulu tarım konusunda yeterli eğitimi almamaları nedenleri arasında, ilgili kurumlar (Tarım İl ve İlçe Müdürlükleri, DSİ, Araştırma Enstitüleri ve Ziraat Fakülteleri) arasındaki organizasyonun zayıf olması, araştırma sonuçlarının çiftçilere aktarımının yetersiz olması, ilgili kurumların etkinliklerinin kırsal alanlara taşınmaması, çiftçilerin merkezde yapılan etkinliklere katılma eğilimi göstermemeleri sıralanabilir. Bu nedenle; çiftçilerin sulama konusundaki bilgi ve becerileri geliştirilmeli, araştırma-çiftçi-yayım bağlantısı daha etkin şekilde geliştirilmelidir. Bu kapsamda, Araştırma Enstitüleri, Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitim ve Yayım Şube Müdürlüğü ve Ziraat Fakültelerince seçilecek pilot alanlarda yapılacak uygulamalı çalışmalara hız verilmelidir. Ayrıca, Araştırma Enstitüleri ve

Üniversiteler, yürüttükleri araştırma sonuçlarına göre; bölgede yaygın üretimi yapılan ürünler için, toprak özellikleri ve sulama yöntemlerine göre, sulama zamanı ve su artırımına yönelik el kitabı hazırlayarak, çiftçiye yardımcı olabilirler.

Bütün işletme büyüklük grupları içerisinde yalnızca 5 çiftçi su kayıplarını önlemekle ilgili görüş bildirmiştir. Sulama suyunun gelecek nesillere sağlıklı, güvenilir ve yeterli şekilde ulaştırılabilmesi için bu konuda da çiftçilerimizin eğitilmesi gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Akar, M., Erdenir Silay, A., Akkaya, H. ve Tomar, A., 2010. Sulama araç, yöntem ve organizasyonlarının geliştirilmesi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara.
- Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Gökalp Z., 2010. Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1): 67-74.
- Anonim, 2015. [http://samsun.tarim.gov.tr/bafra/Menu/10/Tarimsal-Yapi/Bafra İlçe Tarım Müdürlüğü](http://samsun.tarim.gov.tr/bafra/Menu/10/Tarimsal-Yapi/Bafra%20İlçe%20Tarım%20Müdürlüğü).
- Bülbül, M., Vural, H. ve Bütün, A., 1996. Söke Ovası tarım işletmelerinde sulama metotları ve işletmelerin ekonomik yapısı. Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, 20(2): 181-188.
- Çakmak, B., 2001. Konya sulama birliklerinde sulama performansının değerlendirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 7(3): 111-117.
- Çakmak, B., Beyribey, M., 2003. Sakarya Havzası Sulamalarında Sistem Performansının Değerlendirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 9(1): 116-124.
- Çakmak, B., Uçar, Y. and Aküzüm, T., 2007. Water Resources Management, Problems and Solutions For Turkey. International Congress on River Basin Management, DSİ&WWC, 867-880, Belek-Antalya, Turkey.
- Çakmak, B., Yıldırım, M. ve Aküzüm, A., 2008. Türkiye’de Tarımsal Sulama Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Su Politikaları Kongresi, 215-224, Ankara.
- Çevik, B., Kırdı, C. ve Sayın, S., 2000. Sulama araç yöntem ve organizasyonu. In: V. Türkiye Ziraat Mühendisleri Kongresi, Cilt II, 959-983, Ankara.
- Değirmenci, H., 2001. Devredilen sulama şebekelerinin karşılaştırma göstergeleri ile değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15: 31-41.
- Evsahibioglu, A.N., Çakmak, B. ve Aküzüm, A., 2010. Su Yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınırtaşan Sular. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Cilt:1, 119-134, 11-15 Ocak, Ankara.
- Güvercin, Ö. ve Boz, İ., 2003. Üreticilerin sulu tarım konusundaki deneyimleri ve sulama birliklerine bakışı: Düziçi ilçesi örneği. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(2): 80-90.
- Hamdy, A., Lacirignola, C., ve Trisorio, Liuzzi C., 1997. Participatory irrigation management: gaining benefits and rising problems: case study of Italy.
- Koç, C., 1998. Büyük Menderes Havzası Sulama Şebekelerinde Organizasyon-Yönetim Sorunları ve Yeni Yönetim Modelleri Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi (Basılmamış), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, İzmir.
- Şimşeköğretir, K., 1992. An analysis of farmers capability to determine when to irrigate. Improved Methodologies for Irrigation Water Management. Project TCP/TUR/0152 Workshop, 1, 67-72, Eskişehir.
- Özçelik, A., Tanrıvermiş, H., Gündoğmuş, E. ve Turan, A., 1999. Türkiye’de Sulama İşletmeciliğinin Geliştirilmesi Yönünden Şebekelerin Birlik ve Kooperatiflere Devri İle Su Fiyatlandırma Yöntemlerinin İyileştirilmesi Olanakları. Proje Raporu, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 32, Ankara.
- Özkan, E., Aydın, B. ve Kayhan, E.İ., 2003. Sulama tesislerinin verimli kullanımında tarımsal yayımın işlevi üzerine bir araştırma. II. Ulusal Sulama Kongresi Bildiri Kitabı, 418-429, 16-19 Ekim, Kuşadası, Aydın.
- Özkan, E., Aydın, B., Hurma, H., Aktaş, E., Özdemir, G., Azabağaoğlu, Ö. ve Günay S., 2013. Sulama İşletmeciliğini Üstlenen Organizasyonların Etkinlik ve Verimlilikleri. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Kırklareli.
- Restrepo, C.G., Vermillion, D. ve Munoz, G., 2007. Irrigation Management Transfer Worldwide Efforts and Results. FAO Water Reports 32, IWMI, Food and Agriculture Organization of the United Nations Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy.
- Sayın, B. 2011. Antalya’da Sulama İşletmeciliği Faaliyetleri, Üreticilerin Sulama Suyu Talebi ve Sulama İşletmeciliğine Katılım Düzeyinin Değerlendirilmesi. (Doktora Tezi), Akdeniz Üniversitesi Fen Bil. Enst. Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Antalya.
- Sharma, D.N., Oad, R. ve Sampath, R.K., 1991. Performance measure for irrigation water delivery systems. ICID Bulletin 40(1): 21-27.
- Sivük, H., 2010. Konya Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliği Üyelerinin Su Kullanım Davranışları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Smith, M., 1991. Introduction to irrigation system performance: comparative analysis of case studies. Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Proceedings of the Regional Workshop Organized by FAO in Bangkok, Thailand, 25-35, 22-26 October, Rome.
- Şahin, M., Oğuz, C., Arısoy, H. ve Yılmaz, A.M., 2003. Konya İli Çumra İlçesinde uygulanan sulama yöntemlerinin tarımsal yayım açısından değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama Kongresi Bildiri Kitabı, 409-417, 16-19 Ekim, Kuşadası, Aydın.
- Tekinel, O., Kanber, R. ve Çetin, M., 2000. Su kaynaklarının geliştirme ve kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisliği Odası Türkiye Ziraat Mühendisleri V. Teknik Kongresi, 17-21 Ocak 2000, Milli Kütüphane, Ankara.
- Ul, M.A. Dorsan, F., 2002. Manisa ilinde kamu tarafından yönetilen sulama şebekelerinin su kullanıcı örgütlere devri sonrası gelişmeler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39(2): 143-150.
- Ünal, H.B., Avcı, M., Aşık, Ş., Akkuzu, E., Kılıç, M. ve Karataş, B.S., 2004. Sulama suyu dağıtımına çiftçi tepkileri: Menemen Sol Sahil Sulama Sistemi örneği. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 41(3): 165-175.
- Vermillion, D.L., Samad, M., Pusposutardjo, S., Arif ve S.Rochdyanto, 2000. An assessment of the smal-scale

irrigation management turnover program in Indonesia.  
International Water Management Institute, Research  
Report 38, Colombo, Sri Lanka.

Yamane, T. 1967. Elementary Sampling Theory. Prentice...-  
Inc., Englewood, Cliffs, N. J., USA.



Research/Araştırma

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.288864



## Impacts of the support policies on agricultural efficiency and total factor productivity in Turkey

Nevra Alhas Eroğlu<sup>a</sup>, Mehmet Bozoğlu<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>Samsun Regional Office of Turkish Statistical Institute, Samsun.

<sup>b</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 55200 Atakum, Samsun

\*Corresponding author/sorumlu yazar: mehmetbo@omu.edu.tr

Received/Geliş 10/06/2016

Accepted/Kabul 06/10/2016

### ABSTRACT

Productive and efficient use of the production factors in the agricultural sector is very essential in order to meet the food demand of increasing population, to raise life standards of farmers and to realize agricultural development. The aim of this research is to explore the effects of support policies on the efficiency and the total factor productivity (TFP) of Turkish agriculture during the period of 1980 - 2009. Data Envelopment Analysis (DEA) and Malmquist Index were used to analyze the efficiency of resource utilization and TFP. After the period of 2000 in which the support policies mainly compatible with market mechanism, the resources were used more efficient than the previous period. Although TFP of agricultural sector in 2000's decreased by 3.6 % compared to 1980's, it increased by 27 % with respect to 1990's and the increase in productivity was entirely arised from the technological change. In order to enhance the technical efficiency and TFP in the agricultural sector, it is necessary to adapt new technologies which are accompanied by improving the competition conditions in the agricultural markets.

### Keywords:

Agricultural support policy  
Data envelopment analysis  
Malmquist index  
Total factor productivity  
Turkey

### Destekleme politikalarının Türkiye'deki tarımsal etkinlik ve toplam faktör verimliliğine etkileri

### ÖZET

Tarım sektöründe üretim faktörlerinin verimli ve etkin kullanımı, artan nüfusun gıda talebinin karşılanması, çiftçilerin hayat standartlarının yükseltilmesi ve tarımsal kalkınmanın gerçekleştirilmesi için çok büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmanın amacı, destekleme politikalarının Türkiye'nin 1980-2009 dönemindeki tarımsal etkinliği ve toplam faktör verimliliğine etkilerinin ortaya konulmasıdır. Destekleme politikalarının piyasayla uyumlu olduğu 2000 sonrası dönemde kaynaklar, önceki döneme göre daha etkin kullanılmıştır. Tarım sektörünün 2000'li yıllardaki toplam faktör verimliliği 1980'li yıllara göre % 3.6 azalmasına rağmen, 1990'lı yıllara göre % 27 artmış ve verimlilikteki artış tamamen teknolojik gelişmeden kaynaklanmıştır. Tarım sektörünün etkinliği ve verimliliğinin artırılabilmesi için tarım sektöründe yeni teknolojilere uyum sağlama ile birlikte rekabet koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler:  
Tarımsal destekleme politikası  
Veri zarflama analizi  
Malmquist endeksi  
Toplam faktör verimliliği  
Türkiye

© OMU ANAJAS 2017

### 1. Introduction

As agriculture has been one of the most important sectors of economy in Turkey, it has been supported by different kind of policies. When we look at the agricultural support policies in Turkey from 1980 to 2009, it is obvious that this 30 years period is mainly divided into two sub-periods according to the objectives and instruments of policies. According to the policy objectives of Turkey, after 2000, there was a considerable change in the objectives of agricultural policies and some concepts such as food safety, rural

development, and environment were started to be taken into consideration in the policy framework. Depending on the policy objectives, main agricultural instruments of 1980-1999's were input and credit subsidies, purchases and price supports, premium and compensatory payments, tax exemption for small farmers, general service payments and import tariffs and export subsidies. When we came to 2000's, Turkish agricultural policy changed according to internal dynamics and especially external factors such as Common Agricultural Policy of European Union, agreements of World Trade Organization, Agricultural

Reform Implementation Project (ARIP) of World Bank and stand by programs of International Money Fund on prices, privatization, financial support limitations and physical limitations on support purchases. So, after 2000, mainly within the context of ARIP, agricultural instruments have substantially been direct income support, alternative crops/farmer transition, commercialization and privatization and project support services thanks to the improvement of market mechanism.

Efficiency and productivity growth in agriculture has been a core subject of studies in recent years on account of new data sets and techniques. A considerable part of these studies analyzing cross-country differences in agricultural productivity were conducted (Kawagoe et al., 1985, Kawagoe and Hayami, 1985; Lau and Yotopoulos, 1989; Fulginiti and Perrin, 1993, 1997; Arnade, 1998; Nin et al., 2003; Trueblood and Coggins, 2003; Galanopoulos et al., 2004; Nkamleu, 2004; Coelli and Rao, 2005). Some other studies compared efficiency and productivity between Turkey and EU or transition economies (Zaim and Çakmak, 1998; Deliktaş et al., 2005; Avcı and Kaya, 2008; Cankurt et al., 2010; Tunca et al., 2014). There are also a number of studies

on comparison of agricultural productivity of provinces or regions (Mao and Koo, 1997; Thirtle et al., 2003; Umetsuet al., 2003; Chen et al., 2008;). Differently from these studies, Brümmer et al. (2006) analyzed the productivity of agricultural sector by means of agricultural policies in China. Although the studies on efficiency and productivity of agriculture substantially depend on cross-country analyses, there are a few studies about the effects of the policies on efficiency and productivity. The principal aim of this study is to analyze efficiency and TFP, technology and efficiency changes in Turkish agriculture according to three periods.

## 2. Data and Methods

The index calculated by Färe et al. (1994) enable to study with quantity data without use of price in multi input and output models. At the same time, the components of technical efficiency change and technical change can be clearly identified.

Caves et al. (1982) defined Malmquist Index by the help of distance functions in respect of two different periods. That is;

$$M^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (1)$$

In the function, technology of  $t+1$  is calculated relative to a common technology,  $t$ , and Malmquist Index for  $t+1$  period is;

$$M^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (2)$$

Note that, equation 3 is the geometric mean of two TFP indices.

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \left( \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left( \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

An equivalent way of writing this productivity index is;

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} * \left[ \left( \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left( \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

where the ratio outside the square brackets measures the technical efficiency change and inside measures the technical change.

Finally, value of index greater than 1 indicates positive TFP growth and less than 1 indicates TFP decline. The change in one of the components will result in TFP change. The value of technical change greater than 1 can be defined as catching up whereas the technical change greater than 1 is innovation.

## 3. Results and Discussion

Technical efficiency scores and average of decades under the assumption of constant return to scale are reported in Table 1. The results of the research are summarized according to efficiency and TFP calculations.



Table 1. Technical efficiency scores

Years	Technical Efficiency	Years	Technical Efficiency	Years	Technical Efficiency
1980	1.000	1990	0.989	2000	0.987
1981	1.000	1991	0.997	2001	0.995
1982	1.000	1992	1.000	2002	1.000
1983	0.987	1993	0.939	2003	1.000
1984	1.000	1994	1.000	2004	1.000
1985	0.988	1995	0.966	2005	1.000
1986	0.971	1996	0.972	2006	1.000
1987	0.922	1997	0.941	2007	0.972
1988	1.000	1998	1.000	2008	1.000
1989	0.932	1999	0.965	2009	1.000
Average	0.979	Average	0.976	Average	0.995

The period before 2000's in which substantially the intervention price was applied, the number of the technically efficient years are fewer than the period after 2000's that has been ruled by the market mechanism. Besides the average technical efficiency is higher in the third period comparing to the first two. Note that in technically inefficient years, not only the growth rate of agricultural gross national product was negative, but also internal terms of trade was developed to the disadvantageous of agriculture. On the other hand, any of these indicators is not solely explanatory because after 2000, in some technically efficient years, internal terms of trade were under 100. In Table 2, it can be identified that the technically most efficient period is 2000-2009. This is most likely due to the fact that policy reforms of market mechanism and the instruments such as direct income support and premium payment intervention is superior to the intervention prices and input supports. Table 2 summarizes the Malmquist TFP indices. Note that the 30 years period

after 1980 was divided into 3 decades in order to apply Malmquist TFP indices. The technical efficiency of agricultural sector decreased by 0,3 % in the second period and 0,71% in the third period compared to the first period. On the other hand, it decreased by 0,68% in the third period with respect to the second period. In stated periods, scale efficiency is the same with technical efficiency change. Nevertheless, stability of pure efficiency indicates that the change in technical efficiency thoroughly arises from the scale efficiency.

Technical change of the sector decreased by 23.8% in the second period compared to the first one. However, in 2000's it increased with respect to first and second periods by 3.8 % and 36.2% respectively. The economic depression of 1990's and the transformation of agricultural support policies in 2000's are the main reason of this change. The result of positive effects of support policies in 2000's is similar with some researches (Coelli and Rao, 2005; Galanopoulos et al., 2004; Armağan et al., 2010).

Table 2. TFP in Turkish agricultural sector

Period	Efficiency change	Technical change	Pure efficiency change	Scale efficiency change	TFP change
1980-1989	1	1	1	1	1
1990-1999	0.997	0.762	1	0.997	0.759
2000-2009	0.929	1.038	1	0.929	0.964

On the other hand, the results of other researches (Arnade, 1998; Nin et al., 2003; Trueblood and Coggins, 2003; Deliktaş et al., 2005) indicate that the TFP change is negative in Turkey and this change is caused by the technological decline. However, Cankurt et al. (2010) indicates that the reason of negative TFP change is not only the technical efficiency but also technological decline. Finally, TFP in agriculture decreased by 24.1 % in the second period and 3.6 % in the third period when compared to the first one. On the other hand, TFP increased by 27 % in the third period according to the second one. TFP decrease in the second period resulted from both of the two components whereas in the third period, only the technical efficiency is important.

#### 4. Conclusion

This paper presents a DEA approach and Malmquist Index to measure TFP and its components in Turkish agriculture from 1980 to 2009. The results show that technically efficient years are considerably observed at the beginning of the first period and in the third period. Furthermore, among the three periods, the average technical efficiency was calculated in the third period. In the second period the reason of TFP decrease is the decline of technological change. On the other hand, in the third period, in spite of the technical efficiency decrease, increase in technological change is the main reason of TFP change. It is most likely a consequence of the support policies implied in the beginning of 2000's. Main feature of the policies in the period is the implementing of market mechanism. It is necessary to improve the competition conditions and to liberate input market for the permanence of market mechanism in agriculture. In this process, the government should have the role of regulation instead of direct intervention to input and product markets. On the other hand, in order to maintain technological development, it is important to support the agricultural sector by R&D projects and to benefit from support and consultancy services about transferring and adopting new technologies.

#### References

- Armagan, G., Ozden, A., Bekcioglu, S., 2010. Efficiency and total factor productivity of crop production at NUTS1 level in Turkey: Malmquist index approach. *Journal of Quality and Quantity*, 44(3):573-581.
- Arnade, C., 1998. Using a programming approach to measure international agricultural efficiency and productivity. *Journal of Agricultural Economics*, 49:67-84.
- Avcı, M.A., Kaya, A. A., 2008. The analysis of efficiency and total factor productivity in agricultural sector of Turkey and transition economies (1992-2004). *Ege Academic Review*, 8(2): 843-860.
- Brümmer, B., Glauben, T., Lu, W., 2006. Policy reform and productivity change in Chinese agriculture: A distance function approach. *Journal of Development Economics*, 81:61-79.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., Diewert, W. E., 1982. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, 50(6): 1393-1414.
- Cankurt, M., Miran, B., Günden, C., Şahin, A., 2010. The impacts of global crises on agricultural productivity and efficiency of Turkey and the EU. 9<sup>th</sup> Turkish Agricultural Economics Congress, 221-228 p., 22-24 September, Şanlıurfa.
- Chen, P.C., Yu, M.M., Chang, C.C., Hsu, S.H., 2008. Total factor productivity growth in China's agricultural sector. *China Economic Review*, 19(4): 580-593.
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P., 2005. Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000. *Agricultural Economics*, 32(1): 115-134.
- Deliktaş, E., Ersungur, S.M., Candemir, M., 2005. The comparison of agricultural efficiency and productivity growth in the EU and Turkey. 1980-2002. *International Journal of Business Management and Economics*, 1: 109-124.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z., 1994. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, 84: 66-82.
- Fulginiti, L.E., Perrin, R.K., 1993. Prices and productivity in agriculture. *The Review of Economics and Statistics*, 75 (3): 471-482.
- Fulginiti, L.E., R.K. Perrin., 1997. LDC agriculture: nonparametric malmquist productivity indexes. *Journal of Development Economics*, 53: 373-390.
- Fulginiti, L.E., Perrin, R.K., 1998. Agricultural productivity in developing countries. *Agricultural Economics*, 19:45-51.
- Galanopoulos, K., Karagiannis, G., Koutroumanidis, T., 2004. Malmquist productivity index estimates for European agriculture in the 1990s. *Operational Research*, 4(1): 73-91.
- Kawagoe, T., Hayami, Y., 1985. An intercountry comparison of agricultural production efficiency, *American Journal of Agricultural Economics*, 67: 87-92.
- Kawagoe, T., Hayami, Y., Ruttan, V., 1985. The intercountry agricultural production function and productivity differences among countries. *Journal of Development Economics*, 19:113-132.
- Lau, L., Yotopolous, P., 1989. The meta-production function approach to technological change in the world agriculture. *Journal of Development Economics*. 31:241-269.
- Mao, W., Koo, W.W., 1997. Productivity growth, technological progress, and efficiency change in Chinese agriculture after rural economic reforms: a DEA approach. *China Economic Review*, 8(2):157-174.
- Nin, A., Arndt, C., Preckel, P.V., 2003. Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach. *Journal of Development Economics*, 71:395-415.
- Nkamleu, G.B., 2004. Productivity growth, technical progress and efficiency change in African agriculture. *African Development Review*, 16(1):203-220.
- Thirtle, C., Piesse, J., Lusigi, A., Suhariyanto, K., 2003. Multi-factor agricultural productivity, efficiency and convergence in Botswana, 1981-1996. *Journal of Development Economics*, 71:605-624.

- Trueblood, M.A., Coggins, J., 2003. Intercountry agricultural efficiency and productivity: a malmquist index approach, World Bank, Washington.
- Tunca, H., Karaçuka, M., Deliktaş, E., 2014. The competitive power of Turkish agriculture compared to the European Union countries: a dynamic data envelopment analysis. *Journal of Economics and Administrative Sciences* (Atatürk University), 28(3): 89-105.
- Umetsu, C., Lekprichakul, T., Chakravorty, U., 2003. Efficiency and technical change in the Philippine rice sector: A malmquist total factor productivity analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(4):943-963.
- Zaim, O., Çakmak, E., 1998. Efficiency in Turkish agriculture: trends and comparative analysis. In: Bulutay, T. (Ed), *Agricultural Structure and Employment* Turkish Statistical Institute, Publication number 2210, 353-378 p.



Research/Araştırma

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.289604



Determination of energy balance of apple (*Malus domestica*) production in Turkey:  
A case study for Tekirdag province

İlker H. Çelen<sup>a\*</sup>, Mehmet Fırat Baran<sup>b</sup>, Eray Önler<sup>a</sup>, Yılmaz Bayhan<sup>a</sup>

<sup>a</sup>University of Namık Kemal, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, 59100 Tekirdağ, Turkey

<sup>b</sup>University of Adıyaman, Faculty of Technology, Department of Energy Systems Engineering, 02040/ Adıyaman, Turkey

\*Corresponding author/sorumlu yazar: icelen@nku.edu.tr

Received/Geliş 15/04/2016

Accepted/Kabul 03/08/2016

ABSTRACT

This study aims to define the energy usage efficiency in apple cultivation in the Province of Tekirdağ. The study was conducted during 2015 production season through observation and measurement in an apple garden with a land area of 12 da and located in Nusratlı village in Central Tekirdağ. It has been tried to reveal the role of mechanization energy among all the inputs. According to the calculated data, in apple cultivation the respective figures for total energy input, total fruition, total energy output, energy output/input rate, specific energy, energy productivity and net energy have been calculated as 58839.65 MJ ha<sup>-1</sup>, 38370 kg ha<sup>-1</sup>, 92088.00 MJ ha<sup>-1</sup>, 1.56, 1.53 MJ kg<sup>-1</sup>, 0.65 kg MJ<sup>-1</sup> and 33248.35 MJ ha<sup>-1</sup> respectively. As a result, among the general energy inputs in apple cultivation, the highest energy consuming items have been respectively defined as fertilizer energy, fuel-oil energy, chemicals, machinery, human labour and irrigation energy.

Keywords:  
Input energy  
Output energy  
Apple  
Energy use efficiency  
Tekirdağ

Elma (*Malus communis* L) yetiştiriciliğinde enerji girdi-çıkıtı analizi: Tekirdağ ili örneği

ÖZET

Bu çalışmada, Tekirdağ ilinde yetiştirilen elma yetiştiriciliğinde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Enerji kullanım etkinliği çalışması, Tekirdağ ili Merkez ilçesi Nusratlı köyündeki bir işletmede 2015 üretim sezonunda 12 da alana sahip elma bahçesinde yapılan gözlem ve ölçüm yoluyla gerçekleştirilmiştir. Girdiler içerisinde mekanizasyon enerjisinin rolü ortaya konulmaya çalışılmıştır. Hesaplanan verilere göre, elma yetiştiriciliğinde toplam enerji girdisi, toplam ürün verimi, toplam enerji çıktısı, enerji çıktı/girdi oranı, özgül enerji, enerji verimliliği ve net enerji verimi sırasıyla 58839.65 MJ ha<sup>-1</sup>, 38370 kg ha<sup>-1</sup>, 92088.00 MJ ha<sup>-1</sup>, 1.56, 1.53 MJ kg<sup>-1</sup>, 0.64 kg MJ<sup>-1</sup> ve 33248.35 MJ ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, elma yetiştiriciliğinde genel enerji girdileri içerisinde en fazla enerji tüketim sırasıyla gübre enerjisi, yakıt-yağ enerjisi, kimyasallar, makine, insan işgücü ve sulama enerjisi olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:  
Girdi enerjisi  
Çıkıtı enerjisi  
Elma  
Enerji kullanım etkinliği  
Tekirdağ

© OMU ANAJAS 2017

1. Introduction

With an approximate production level of 2.5 million tons, Turkey is ranked 4th in world apple production, preceded by China, USA and France. However, Turkey's apple exportation level is significantly low, with an annual figure of 25–30 thousand tons. In order to increase the level of apple exportation, we need to cultivate the varieties demanded by foreign markets as per standards (Anonymous, 2016a).

Apple is a variety which exhibits vast sprawl in the world and it can be planted in highly different ecologies.

The native land of apple is South Caucasus encompassing Anatolia. Due to suitable ecologic conditions and hosting the gene centre, apple has been cultivated in almost every corner of Turkey for many long years. But the most suitable centres of culturing are located in Northern Anatolia, in line with the spreading areas of crab-apple. Northern Anatolia, coastal line of the Black Sea, the straits between the Central Anatolian and Eastern Anatolian arcs and recently, the region of lakes in the south constitute the outstanding cultivation areas of apple (Cennet and Karaçayır, 2009).

Fruit cultivation takes place in approximately 14 %

of the total agricultural land in Turkey. A member of pome fruit group, apple makes up 5.3 % of total fruit areas and 0.7 % of total agricultural areas (Anonymous, 2016b). Apple has an important nutritional value due to the minerals and vitamins it contains. Fresh apple fruit consists 84% of water. Carbohydrates, proteins, vitamins, pectin and mineral matters are found inside the dry matter. Vitamins A and C, as well as elements such as potassium, calcium, magnesium and sodium found in apple merge to form certain types of salt. When the organic parts of these salts, in other words organic acids, oxide in blood to generate energy, residues are left behind which form base. Hence, apple has a positive effect on the blood's acid-base balance. As such, a research in England has revealed that a single apple a day significantly reduces the risk of cancer (Cennet and Karaçayır, 2009).

In order to increase energy efficiency value, either productivity needs to be increased or the inputs need to be reduced. In particular, fuel, chemical fertilizers, agricultural pesticides, machine and tractor inputs, which take up an important share among total energy input, need to be reduced. Productivity increase can be realized within certain restrictions. However, energy usage efficiency value can be reduced by wiser use of inputs (chemicals, mechanisation and fertilizing) (Gözübüyük et al., 2009). In order to increase production, producers are employing inputs with higher energy, without having any knowledge about inputs with more efficient energy input. This leads to inflated production costs. For sustainability of production, production inputs need to be determined to allow for energy analysis. Use of energy analysis would provide a methodology for energy flow within the agricultural production system (Pimentel, 1980). Many researches related to energy output/input analyses have been conducted with the aim of determining energy efficiency in agricultural production.

Modern fruit cultivation methods have become a obligation in recent years due to economic conditions and changing market demands. In fruit cultivation it is a principle to yield higher quantity and higher quality products per unit area. Apple cultivation in Turkey yields an average of 1.335 kg per decare, but the average yield in developed countries is 6-8 tons per decare. This is due to the fact that those countries are employing modern cultivation methods, rather than traditional ones.

In a study aiming to determine the energy use efficiency of dwarf apple production in Antalya, Yılmaz et al. (2010) have calculated the total energy input as 47666 MJ ha<sup>-1</sup>, total energy output 107650 MJ ha<sup>-1</sup>, and energy use efficiency as 2.26.

In a study related to modelling energy inputs and sensitivity analysis of apple production in Tehran, Rafiee et al. (2010) have calculated the total energy input as 42819.25 MJ ha<sup>-1</sup>. The highest input among energy inputs has been observed in fuel energy by 21.22 %, which was followed by fertilizer energy by 17.66 %.

Ekinci et al. (2005) performed a survey on 109 apple producers located in 14 villages in Isparta and based on their findings, total energy input value was 42 252.82 MJ ha<sup>-1</sup>, total energy output value was 69 073.17 MJ ha<sup>-1</sup>, and the figure for energy use efficiency was 1.63. According to the results, 16.45 % of the total energy input was formed by renewable energy resources, while 83.55 % was formed by non-renewable energy resources.

In a study dealing with energy in melon and watermelon cultivation in dry agriculture conditions in Kırklareli, the gathered results by Baran and Gokdogan (2014) indicated total energy input, total productivity, total energy output, energy output/input rate, specific energy, energy efficiency and net energy figures of 11219.66 MJ ha<sup>-1</sup>, 28000 kg ha<sup>-1</sup>, 53200 MJ ha<sup>-1</sup>, 4.74, 0.40 MJ kg<sup>-1</sup>, 2.49 kg MJ<sup>-1</sup> and 41980.34 MJ ha<sup>-1</sup> respectively for water-melon cultivation; and total energy input, total productivity, total energy output, energy output/input rate, specific energy, energy efficiency and net energy figures of 11644.47 MJ ha<sup>-1</sup>, 18250 kg ha<sup>-1</sup>, 34675MJ ha<sup>-1</sup>, 2.97, 0.63 MJ kg<sup>-1</sup>, 1.56 kg MJ<sup>-1</sup> and 23030.53 MJ ha<sup>-1</sup> respectively for melon cultivation.

In a study aiming to determine the energy input and outputs used for canola production in Kırklareli, Baran et al. (2014) concluded an energy output / input rate of 17.12, specific energy value of 1.39 MJ kg<sup>-1</sup> and a net energy production of 91683.56 MJ ha<sup>-1</sup> for canola production. Among the total energy inputs in canola production, fuel-oil energy has been defined to be the one with highest rate of use by 52.34%. It was followed by machine energy, 21.32%, and fertilizer energy, 13.55%.

In a study conducted by Baran et al. (2015) in a 150 decare enterprise cultivating organic pomegranate in Adıyaman; they determined the following energy inputs for organic pomegranate cultivation: 792.09 MJ ha<sup>-1</sup> (27.72 %) fuel energy, 523.32 MJ ha<sup>-1</sup> (18.31 %) human labour energy, 500 MJ ha<sup>-1</sup> (17.50 %) farm fertilizers energy, 378 MJ ha<sup>-1</sup> (13.23 %) irrigation water energy, 302.40 MJ ha<sup>-1</sup> (10.58%) machinery energy, 211.20 MJ ha<sup>-1</sup> (7.39%) electric energy, 135 MJ ha<sup>-1</sup> (4.72%) and 15.44 MJ ha<sup>-1</sup> (0.54) organic pesticide.

In this study, an energy input-output analysis has been performed during 2015 production season in a 12 da enterprise cultivating apple in Tekirdağ's Nusrath village to define the energy use efficiency.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Material

Tekirdağ is located in North-western Turkey and North of Marmara Sea, and is one of the three provinces having the whole land are in Thrace region, and also one of the six provinces with a coastal line in two different seas in Turkey. With a land area of 6.313 km<sup>2</sup>, the province is surrounded by Istanbul in east, Kırklareli

in north, Edirne in west, Dardanelles in south-west and Marmara Sea in south. From the north-east, it has a 25 km shoreline along the Black Sea (Anonymous, 2016c).

In terms of climate conditions, Tekirdağ is the most suitable area in the Thrace region, and it is suitable for apple, pear and some other fruits. For early fruit varieties, Tekirdağ offers a 10-15 days advantage compared to central regions and it also offers a closer distance to the market. Tekirdağ, based on 2014 data, has produced 5.220 tons of apples (Anonymous, 2016d).

This study has been performed during 2015 production season in a 12 da enterprise cultivating apple in Tekirdağ's Nusratlı village. The enterprise is cultivating dwarf apple (inter-trees: 3.6 m x 0.8 m; tree height x width: 1.80 m x 1 m). The trial zone is covered with "Galaxy Gala" and "Granny Smith" dwarf apple type (*Malus domestica*) trees.

## 2.2 Method

### 2.2.1 Arranging and execution of the trial (12 da)

The work of gathering study values in the apple garden started at the beginning of winter, before

trimming. It went on through the beginning of winter. All values have been compiled in a detailed manner in Excel, indicating quantities and date.

The number and characteristics of production processes in apple production is effective on the energy balance of the performed production. Therefore, all kinds of practices and inputs related to apple cultivation in apple production have been acquired through the trial. In order to get the energy efficiency of apple production in Tekirdağ, first of all we need to calculate the energy inputs and energy outputs. Energy inputs consist of machine energy, fuel-oil energy, seed energy, fertilizer energy, disinfectant energy, water energy and human labour energy. When calculating the energy inputs and energy output, we need to know the energy equivalence of input and output types. Previous studies were used to help defining such energy equivalences. These resources have been given in Table 1. When calculating the human labour, a driver + and an assistant have been assigned for tillage, disinfection, fertilizing and irrigation works, 10 people were assigned for harvesting and hoeing and only one person/driver has been assigned for other works including tractor.

Table 1. Energy balance in apple production

Inputs	Energy equivalence coefficient(MJ unit <sup>-1</sup> )	Resources
Human Labour (h)	1.96	Karaağac et al., 2011; Mani et al., 2007
Machine Production Energy (kg)	64.80	Kizilaslan, 2009; Singh, 2002
Fuel (L)		
Diesel	39.60	Rathke and Diepenbrock, 2006
Oil	6.51	Sabah, 2010; Eren, 2011; Arıkan, 2011
Chemical Fertilizers (kg)		
Nitrogen (N)	60.60	Singh, 2002
Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	11.10	Singh, 2002
Potassium	6.7	Shrestha, 1998; Singh 2002
Disinfectant (kg)		
Pesticides (kg)	278	Yaldız et al., 1993; Dalgaard et al., 2001; Yılmaz et al., 2010
Fungicides (kg)	276	Dalgaard et al., 2001; Yılmaz et al., 2010
Electric (kWh)	3.60	1 kWh = 3.60 MJ
Irrigation water	0.63	Yaldız et al., 1993
Output		
Fruit (kg)	2.40	Strapatsa et al., 2006

### 2.2.2 Time study and effective area work success

For the duration measuring for determining the work successes (ha h<sup>-1</sup>) of agricultural procedures practiced

throughout apple production duration, a watch has been used as a duration counter. Work success (Aiş) has been defined as effective area work success. When tilling the study plots, effective work duration (Tef) has been determined as work productivity (ha h<sup>-1</sup>) (Güzel, 1986; Özcan, 1986).

$$Aış: 0.10 * Bg * Vg * Tef \tag{1}$$

$$Tef: Tes / (Tes+Td+Tk) \tag{2}$$

YĞE: Oil energy input (MJ/ha)

YT : Fuel consumption (l/ha)

YKED: Fuel's energy value (MJ/l)

YĞED: Oil's energy value (MJ/l)

### 2.2.3 Determining fuel consumption

The full tank method has been used when determining the fuel consumption by the tractor for each application in apple production. With this in mind, the fuel tank of the tractor has been filled fully before starting to work. At the end of the work, a scaled vessel has been used to re-fill the tank to the original level. Fuel amounts consumed for unit area has been defined by measuring the area and the amount of fuel filled (Göktürk, 1999; El Saleh, 2000; Sonmete, 2006).

### 2.2.4 Fuel-oil energy input

Fuel energy input and oil energy input have been calculated by the following formula (Gözübüyük et al., 2012).

$$YKE: YT \times YKED \tag{3}$$

$$YĞE: (YT \times 0.045) \times YĞED \tag{4}$$

In the equation;

YKE: Fuel energy input (MJ ha<sup>-1</sup>)

The calculations of human labour energy input, fertilizer energy input, chemicals energy input, input and irrigation energy input energy have been made by multiplying the energy equivalence of the input type and the input quantities consumed per unit area.

### 2.2.5 Calculation of Energy Outputs

Energy output yield per unit area has been calculated by the following formula (Öztürk, 2011).

$$TEÇ: (AÜV \times Eaü) + (YÜV \times Eyü) \tag{5}$$

In the equation;

TEÇ: Total energy output (MJ/ha),

AÜV: Main product yield (kg/ha),

YÜV: Side product yield (kg/ha),

Eaü: Energy equivalence of the main product (MJ/kg)

Eyü: Energy equivalence of the side product (MJ/kg).

The indicators given in Table 2 have been availed of to define the energy efficiency (Eren, 2011).

Table 2. Energy efficiency indicators

Parameters	Definition
Energy rate	Energy output / Energy input
Specific energy (MJ kg <sup>-1</sup> )	Total energy input / Total product amount harvested
Energy productivity (kg MJ <sup>-1</sup> )	Total product amount harvested / Total energy input
Net Energy production (MJ ha <sup>-1</sup> )	Total energy output – Total energy input

## 3. Results and Discussion

### 3.1 Results

The incoming and outgoing total energy values and energy efficiency indicators in apple production have been provided in Table3. Table 3 indicates that 7674.30 MJ ha<sup>-1</sup> human energy has been consumed per unit area. In apple production, 5099.76 MJ energy has been consumed for 1 ha area in terms of machinery energy, and this value corresponded to a rate of 8.67 % among the total energy value. Among all inputs, fertilizer energy input had the highest consumption level,17078.00 MJ ha<sup>-1</sup>, and rate, 29.02 %. Fuel-oil energy

input, with a value of 14587.49 MJ ha<sup>-1</sup>, corresponded to 24.79 %. In apple production, chemicals energy input had a value of 12466 MJ ha<sup>-1</sup> and a rate of 21.19 %, while irrigation energy input value was 1934.10 MJ ha<sup>-1</sup> and the rate was 3.29 %.

As indicated in Table 3, the total energy input gained from apple production was 58839.65 MJ ha<sup>-1</sup>, and the total energy output was 92088 MJ ha<sup>-1</sup>.

Energy efficiency indicators in apple production have been provided in Table 4. According to Table 4, energy rate was 1.56, specific energy was 1.53 MJ kg<sup>-1</sup>, energy production was 0.65 kg MJ<sup>-1</sup> and net energy was 33248.35 MJ ha<sup>-1</sup>.

Table 3. Energy balance in apple production

Input	Quantity per hectare	Total energy input (MJ ha <sup>-1</sup> )	The rate of the inputs to total energy Input (%)
Human labour (h)	3915.46	7674.30	13.04
Soil preparation	1.51	2.96	
Other procedures	3247.28	6364.67	
Harvest	666.67	1306.67	
Machine (h)	78.70	5099.76	8.67
Tillage	34.80	2255.04	
Other procedures	43.90	2844.72	
Fuel + Oil (L)	423.64	14587.49	24.79
Soil preparation	88.83	3058.55	
Planting and other procedures	334.82	11528.94	
Chemical Fertilizers (kg)	500	17078	29.02
Phosphor (P)	180	1998	
Nitrogen (N)	240	14544	
Potassium (K)	80	536	
Chemicals (kg)	45.00	12466	21.19
Insecticide	23	6394	
Fungicide	22	6072	
Irrigation (m <sup>3</sup> )	3070	1934.10	3.29
Total energy input (MJ ha <sup>-1</sup> )		58839.65	100.00
Direct energy input		22261.79	37.83
Indirect energy input		36577.86	62.17
Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	38370	92088	
Total energy output (MJ ha <sup>-1</sup> )		92088	

Table 4. Energy efficiency indicators in apple production

Energy Rate	1.56
Specific Energy (MJ kg <sup>-1</sup> )	1.53
Energy Productivity (kg MJ <sup>-1</sup> )	0.65
Net Energy Yield (MJ)	33248.35

#### 4. Discussion

The specific energy value of apple production under Tekirdağ conditions has been defined as 1.53 MJ kg<sup>-1</sup>. The energy rate in apple production has been defined as 1.56 under Tekirdağ conditions, 1.63 under Isparta conditions (Ekinci et al., 2005), apple 2.26 under Antalya conditions (Yılmaz et al., 2010) and 1.16 under Iran conditions (Rafiee et al., 2010). Energy production of apple cultivation under Tekirdağ conditions has been defined as 0.65 kg MJ<sup>-1</sup>, when considering only the product yield per unit production area (ha).

Apple production under Tekirdağ conditions yields 0.65 kg of apple against 1 MJ of energy consumption. This value for apple production has been reported as

0.49 kg/MJ in a study conducted under Tehran/Iran conditions by Rafiee et al. (2010). The difference between the total energy quantity gained at the end of production and the total energy quantity used in production processes is defined as net energy efficiency (MJ ha<sup>-1</sup>). Net energy in apple production under Tekirdağ conditions, when considering only the product yield per unit production area (ha), has been reported as 33248.35 MJ ha<sup>-1</sup>. In a study conducted in Antalya, the net energy efficiency in apple production has been reported as 67677.47 MJ<sup>-1</sup>ha by Yılmaz et al. (2010).

Following the calculations, it has been determined that among the production inputs, the highest share belonged to chemical fertilizer energy, which was respectively followed by fuel + oil, chemicals, machine, human labour and irrigation energy. In order to reduce fertilizer consumption, the choice of fertilizer should be made following the soil analysis results. Considering the energy output/input rate, it is possible to say that Tekirdağ apple production is quite productive.

#### References

Anonymous 2016a. Has fidancılık Elma, [http://www.hasfidancilik.com.tr/index.php?option=com\\_c](http://www.hasfidancilik.com.tr/index.php?option=com_c)



- ontent&view=article&id=7&Itemid=37 [Erişim tarihi: 28 Mart 2016]
- Anonymous, 2016b. Türkiye’de elma üretimi, <http://www.ulusaltarim.com/3508/Turkiye-de-elma-uretimi>. [Erişim tarihi: 28 Mart 2016].
- Anonymous 2016c. Tekirdağ coğrafi yapısı, <http://www.diyadinnet.com/YararlıBilgiler-658&Bilgi=tekirda%C4%9F%C4%B1n-o%C4%9Frafıyas%C4%B1-ve-co%C4%9Frafı yap%C4%B1s%C4%B1> [Erişim tarihi: 28 Mart 2016].
- Anonymous, 2016d. [http://www.tarim.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_rehberleri/tekirdag.pdf](http://www.tarim.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/tekirdag.pdf). [Erişim tarihi: 28 Mart 2016].
- Arıkan, M., 2011. Adana ilinde kolza üretiminde enerji kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana
- Baran, M. F., Gökdoğan, O., 2014. Karpuz ve kavun yetiştiriciliğinde enerji girdi-çıkıtı analizi: Kırklareli ili örneği, *Anadolu J. Agr. Sci.* 29(3): 217-224.
- Baran, M. F., Gökdoğan, O., Karaağaç, H.A., 2014, Kanola üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi (Kırklareli ili örneği), *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, Cilt:1(3): 331-337.
- Baran, M. F., Gökdoğan, O., Bayhan, Y., 2015, Adıyaman ilinde organik nar yetiştiriciliğinde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi, 29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Cilt: 1, Sayfa : 502-507, 02-5 Eylül 2015, Diyarbakır.
- Cennet, O., Karaçayır, H. F., 2009. Türkiye’de elma üretimi, tüketimi, pazar yapısı ve dış ticareti, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1): 41-49.
- Dalgaard, T., Halberg, N., Porter, J.R., 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agric Ecosyst Envi.*, 87: 51-65.
- Ekinci, K., Akbolat, D., Demircan, V., Ekinci, Ç., 2005. Isparta ili elma üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi, 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin.
- El Saleh, Y., 2000. Suriye ve Türkiye’de mercimek ve nohut hasadında mekanizasyon olanaklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Eren, Ö., 2011. Çukurova Bölgesinde tatlı sorgum (sorghum bicolor (L.) moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Doktora Tezi. Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı.
- Göktürk, B., 1999. Kuru soğanın hasada yönelik bazı özelliklerinin saptanması, kazıcı bıçaklı tip hasat makinesinin geliştirilmesi ve diğer hasat yöntemleri ile karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Gözübüyük, Z., Demir, O., Öztürk, İ., Çelik, A., Zengin, H., Turgut, N., 2009. Erzurum kuru ve sulu tarım koşullarında değişik toprak işleme-ekim sistemlerinin, enerji ve işgücü gereksinimi, toprak ve nem muhafazası ile ürün verimi yönünden karşılaştırılması, *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, TAGEM-BB-Proje No: 980210K1*.
- Gözübüyük, Z., Çelik, A., Öztürk, İ., Demir, O., Adıgüzel, M.,C., 2012. Buğday üretiminde farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılması. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 8(1): 25-34.
- Güzel, E., 1986. Çukurova Bölgesinde yerfistığının söküm ve harmanlanmasının mekanizasyonu ve bitkinin mekanizasyona yönelik özelliklerinin saptanması üzerine bir araştırma. Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Yayın No: 47, Ankara.
- Karaağaç, H. A., S. Aykanat, B. Cakir, O. Eren, M. M. Turgut, Z. B. Barut, H. H. Ozturk., 2011. Energy balance of wheat and maize crops production in Hacıali undertaking. 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress, 21-23 September, Istanbul, Turkey, p. 388-391.
- Kızılaslan, H., 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Applied Energy*, 86: 1354-1358.
- Mani, I., P. Kumar, J. S. Panwar, K. Kant., 2007. Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hill regions of Himachal Pradesh, India. *Energy*, 32: 2336-2339.
- Özcan, M. T., 1986. Mercimek hasat ve harman yöntemlerinin iş verimi, kalitesi, enerji tüketimi ve maliyet yönünden karşılaştırılması ve uygun bir hasat makinası geliştirilmesi üzerine araştırmalar. Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Yayınları, Yayın No: 46. Ankara.
- Öztürk, H. H., 2011. Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. Hasad yayıncılık.
- Pimentel D., 1980. Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton, FL, CRC Pres.
- Rafiee, S., Seyed, H., Mousavi, A., Ali M., 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran, *Energy*, 35: 3301-3306.
- Rathke, G. W., Diepenbrock, W., 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *Europ. J. Agronomy*, 24: 35-44.
- Sabah, M., 2010. Söke ovasında ikinci ürün yağlık ayçiçeği üretiminde enerji kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Shrestha, D.S., 1998. Energy use efficiency indicator for agriculture, Available from: <http://www.usaskca/agriculture/caedac/PDF/mcrae.PDF>, 10/10/2002.
- Singh, J. M., 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. International Institute of Management University of Flensburg. Sustainable Energy Systems and Management. Master of Science, Germany.
- Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., Tsatsarelis, C.A., 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agric Ecosyst Environ*, 116: 176-180.
- Sonmete, M. H., 2006. Fasulyenin hasat-harman mekanizasyonu ve geliştirme olanakları. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayımlanmamış), Konya.
- Yaldız, O., Ozturk, H. H., Zeren, Y., Bascetincelik, A., 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. 5th international congress on mechanization and energy in agriculture, Kusadasi, Turkey. October, 11-14, 527-536.
- Yılmaz, İ., Özalp, A., Aydoğmuş, F., 2010. Antalya ili bodur elma üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi: Elmalı ilçesi örneği, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2): 93-97.



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.288865



## Şeftali çeşitlerinde çarpma parametreleri ile zedelenme arasındaki ilişkilerin belirlenmesi

Büşra Usta\*, Yeşim Benal Öztekin

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun*  
\* Sorumlu yazar/corresponding author: usta5355@hotmail.com

Geliş/Received 05/08/2016

Kabul/Accepted 22/09/2016

### ÖZET

Hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında, bütün tarımsal materyallerde olduğu gibi meyveler de bir seri işlemden geçmekte ve bu işlemler sırasında meyveler statik ve dinamik dış kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Zedelenmeye neden olan bu kuvvetlerin belirlenmesi ve ürün kayıplarının azaltılması için hasat ve hasat sonrasında oluşan çarpmaların incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde önemli bir üretim potansiyeli olan şeftalinin, tüketici isteklerini karşılayacak ve ekonomik olarak değerlendirilme sürecine katkı sağlayacak şekilde hasat sonu işlemlerden geçebilmesi için, bölgemizde yetiştirilen bazı çeşitler ele alınarak çarpma parametreleri ve zedelenme arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada deneme materyali olarak Samsun bölgesinde yetişmekte olan Glohaven, J. H. Hale ve Loring şeftali çeşitleri kullanılmıştır. Denemelerin yürütülmesi için ise sarkaç kol boyu 50 cm olan bir çarpma test düzeneği oluşturulmuştur. Sarkaç üzerinde çarpma yüzeyi olarak çelik ve sönümleyici olarak çelik malzeme üzerinde kullanılan poron ve vinlex yüzeyler seçilmiştir. Düşme yükseklikleri olarak 10-120 mm arasında altı farklı yükseklik belirlenerek denemeler yürütülmüştür. Denemelerde şeftaliler iki farklı çarpma bölgesinden çarptırılmış ve zedelenme alanlarının oluşması sağlanmıştır. Denemeler sonunda ürünlerde meydana gelen zedelenme alanları ölçülmüştür. Şeftalilerle yapılan denemelerin ardından aynı çarpma yüzeyleri üzerine aynı düşme yüksekliklerinden elektronik meyve (IS) düşürülerek pik ivme ve hız değişimi değerleri kaydedilmiştir. Kaydedilen bu pik ivme ve hız değişimi değerleriyle, şeftalilerde meydana gelen zedelenme alanları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:**  
Şeftali  
Zedelenme  
Elektronik meyve  
Çarpma testi

### Determination of relationships between bruising and impact parameters on peach varieties

#### ABSTRACT

During the harvest and post-harvest processing, fruits as all agriculture materials go through several processes. During these processes, fruits remain under the influence of either static or dynamic external forces. It is necessary to analyze the impacts that occur during harvesting and post-harvest operations in order to determine these forces which cause damage and reduce product losses. The aim of this study is to determine relationship between bruising and impact parameters of some varieties of peach, which has an important production potential in Turkey. In this study, Glohaven, J. H. Hale and Loring peach varieties, which have been being grown in Samsun province, were used as experiment materials. Testing equipment, which involved a pendulum having the arm length of 50 cm, was set up to conduct the experiment. Three impact surfaces were selected to represent impact situations as padding material. They were steel, poron and vinlex. Impact tests were performed using six different drop heights between 10 and 120 mm. In the experiment, peaches were impacted from their two different surfaces for creating bruising areas. After the impact tests, bruising areas were measured. After peach experiment, the data of peak acceleration and velocity changes of the electronic fruit (IS) were recorded by dropping the IS from the same drop heights onto the same impact surfaces. The relationships between the composed bruising area on the peach surface and recorded IS values of peak acceleration-velocity changes were analyzed.

**Keywords:**  
Peach  
Bruising  
Electronic fruit  
Impact Test

## 1. Giriş

Şeftali yetiştiriciliği dünyada büyük bir hızla gelişmektedir. Bu gelişmede; çeşitlerin değişik ekolojilere uyabilme kabiliyetleri, ağaçların erken meyveye yatması, meyvelerin gösterişli ve lezzetli olması, çeşitlerin değişik zamanlarda olgunlaşmasıyla üretimin geniş bir periyotta yapılabilmesi gibi özellikleri önemli rol oynamaktadır (Ercan, 2003). Ayrıca, yıl içerisinde devamlı olarak pazara taze şeftali sevk edilebilmesi, şeftali yetiştiriciliğinin hızla gelişmesindeki bir diğer önemli etken faktördür. Bunu sağlayan çok erkenci ve geççi olmak üzere 70'in üzerinde, olgunlaşma tarihi farklı şeftali çeşidinin bulunmasıdır. Şeftali taze olarak tüketildiği gibi; meyve suyu konsantresi ve pulp olarak, kurutulmuş ve derin dondurma yöntemleriyle uzun süre saklanabilmektedir. Ayrıca reçel ve marmelat gibi mamül hale getirilebilmekte, bu yöndeki sanayiye hammadde teşkil etmektedir. Dünya üzerinde en büyük şeftali yetiştiricisi ülkeler sırasıyla; İtalya, ABD, Çin, Yunanistan, İspanya, Fransa, Rusya, Türkiye, Meksika ve Arjantin'dir. Dünya genelinde 2013 yılı verilerine göre toplam 21083151 ton şeftali üretilmiştir (URL-1). Ülkemizde ise aynı yılda, 563686 ton şeftali üretilmiştir (URL-2).

Büyük emek ve masraflarla yetiştirilen meyveler, en az kayıpla, hasat ve hasat sonrası koşullar sürekli kontrol edilerek pazara sunulmalıdır. Bu süreçte, meyvelerin tür ve çeşidine göre değişen hasat zamanları ve yeme olumları dikkate alınmalıdır. Son yıllarda yapılan araştırma verilerine göre, ülkemizde üretilen meyvelerin, üreticiden tüketiciye ulaşıncaya kadarki zincir içerisinde %25'lik bir bölümünün bozularak atıldığı, böylece bu kadar büyük oranlara ulaşan kayıpların yaşandığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, meyvenin yapısına bağlı olarak hasat, depolama ve pazarlama olmak üzere farklı kademelerde kayıpların % 50-60 oranlarına ulaşabildiği de görülmektedir. Dünyada meyvecilik alanında gerek üretim, gerekse ihracat bakımından lider ülkelerde, bahsedilen bu kayıplar önemli ölçüde azaltılmıştır (Özdemir ve Kaplankıran, 2001).

Tarımsal ürünler ekim, dikim, bakım, hasat, iletim ve işleme esnasında dış zedelenme, iç zedelenme, çatlama, kırılma, yarılma, kesilme, yırtılma, vb. mekanik hasarlara maruz kalabilirler. Mekanik hasar depolama sırasında ürünün daha hassas olmasını neden olmakta ve ürünün kalitesini etkilemektedir (Kara, 2012). Tarımsal ürünlerde mekanik zedelenme, ürünün fiziksel, biyolojik yapısına ve dış kuvvetlerin tipine bağlı olarak değişiklik gösterir. Tarımsal materyaller hasat ve taşıma sırasında ilk mekanik zedelenmelere maruz kalırlar, genellikle hasar çarpma sırasında oluşan kuvvetlerin ve aşırı deformasyonun etkisiyle eğilme ve parçalanma biçiminde ortaya çıkmaktadır (Mohsenin, 1980; Sitkie, 1986; Aydın, 1989).

Meyvede hasat sırasında oluşan zedelenme hem hasat makine ve tesisleri kullanılırken hem de elle hasat yapılırken, ağaçtan meyvenin koştığı anda, düşme

süresince ağaç dallarına çarptığında, meyvenin toplama ünitesine bırakılırken, doldurma-boşaltma sırasında ve meyvenin tutucu yüzey veya diğer meyvelerin üzerine düşmesi durumunda oluşmaktadır. Hasar sonrası üründe, biyolojik ve kimyasal değişimler gözlenmektedir. Zedelenme bölgelerindeki meyve suyunun oksidasyonu sonucu bu bölgelerde renk koyulaşması görülmektedir. Biyolojik materyal aynı anda canlılığını devam ettirmekte olduğundan, zedelenen meyvelerde su kaybı hızlanmakta, solunum ısısı artmaktadır. Buna bağlı olarak ürün kısa sürede özelliğini kaybetmektedir (Sin ve Özgüven, 1989).

Tarımsal materyallerin tümü ve özellikle meyve ve sebzeler zedelenmeye karşı hassastır. Meydana gelen zedelenmeler gerilme, deformasyon ve zaman kavramlarıyla açıklanmaktadır. Ürünün zorlanması, ürünün mekanik yapısının dış mekanik kuvvetlere karşı gösterdiği tepki şeklinde ifade edilir. Tarımsal ürün dış kuvvetler altında çekiye, basıya, eğilmeye ve kesilmeye maruz kalmaktadır. Bunlar ürünün sıcaklığına, nem içeriğine, dinamik ve statik zorlanmaya maruz kalmasına göre ayrı ayrı ya da bir arada etki etmektedir ve tarımsal materyali zedelemektedir (Aydın, 1993). Biyolojik materyaller; mekanik hasat sonrası ürünlerin tutucu (yakalayıcı) yüzeylere çarpması, meyve kasalarına boşaltma, paketleme hattında ilerleme ve paketleme zamanlarında dinamik yüklenmelere maruz kalmaktadır. Bunun yanında depolama ve diğer hasat sonrası işlemler süresince diğer dinamik yüklenmeler de söz konusu olabilir. Bu tür ürünler özellikle meyve bahçelerinde yığın kasalarda ve depolama süresince uzun süre statik yüklenmelere maruz kalmaktadır (Nelson ve Mohsenin, 1968).

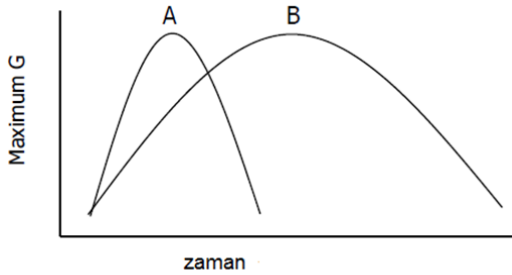
Hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında mekanik zedelenmelere sebep olan dinamik kuvvetlerin başında, çeşitli sıklık ve şiddetlerde ortaya çıkan çarpmaların yer aldığı söylenebilir. Çarpma, hasat sonrası mekanik işlemlerde ve özelliklede paketleme hatlarında karşılaşılan bir olaydır. Paketleme hatlarındaki çarpma kuvvetlerinin etkisinin araştırılmasında, çarpma enerjisi ve absorbe edilen enerji gibi ana parametreler dikkate alınmakta ve bu bilgilerin ışığı altında, tasarıma yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Vursavuş ve Özgüven, 2001). Çarpma sonucu oluşan zedelenme miktarı ise, ürün tarafından absorbe edilen enerji miktarının bir fonksiyonudur (Schoorl ve Holt, 1983). Çarpma enerjisinde oluşan enerji kaybı, genellikle üründe zedelenmeye dönüşen kısım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son yıllarda konu ile ilgili araştırmacılar, meyve ve sebzelerde çarpma sonucu oluşan zedelenmenin arkasında yatan fiziksel dayanakları açıklayıcı çok sayıda araştırma sonuçlarını ortaya koymuşlardır (Schulte ve ark., 1990,1994; Lin ve Brusewitz, 1994; Crisosto ve ark., 1996, 2000; Gargia- Ramos ve ark., 2003; 2004; Sargent ve ark., 1990, 1992; Bollen ve ark., 1990, 1991; Marshall ve ark., 1990, 1991). Yapılan araştırmalara göre, çarpma sonucunda oluşan zedelenmenin şiddeti, her bir bireysel çarpmadaki iki

önemli parametreye bağlıdır:

1. Çarpmanın pik ivme değeri (maksimum G),
2. Hız değişimi ( m/s).

Meyvelerin maruz kaldığı çarpmaları belirlemek için kullanılan sistemlerde, bu iki parametreyi ortaya koyacak ölçümler yapılmaktadır. Bu amaçla yürütülen çalışmalarda genellikle zamana bağlı olarak üç yönlü ölçüm yapabilen ivmeölçer içeren sistemler kullanılmaktadır. Burada; maksimum G parametresi, her bir çarpma için ölçülen ivme değerlerinin en yüksek olduğu değerdir. Hız değişimi ise, ivme-zaman grafiğinde, eğri altında kalan alandan hesaplanan değerdir. Bu parametre, çarpma yüzeyinin enerji absorpsiyon özelliği ile ilişkili olan değerdir. Bu durumu açıklamak için Şekil 1'de iki farklı çarpmayı karakterize eden A ve B çarpma olayı verilmektedir. İncelenen örnekte her iki çarpma aynı maksimum G değerine sahip olmasına rağmen hız değişimleri farklıdır. Bu parametre farklılığının nedeni, iki çarpmanın farklı yüzeyler üzerinde gerçekleşmiş olmasıdır. Burada A çarpması sert bir yüzey üzerine, B çarpması ise yumuşak bir yüzey üzerine aynı ürünün düşürülmesiyle oluşmuştur. Parametreler açısından incelendiğinde A çarpmasının B çarpmasına göre meyve sebzelerde zedelenmeye neden olma olasılığı daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu karşılaştırmadan da anlaşılacağı üzere, ivme (maksimum G) değerinin zedelenme hasar olasılığı veya şiddetini tahmin etmede tek başına kullanılması doğru bir yaklaşım değildir.



Şekil 1. Maksimum G ve sürenin çarpma parametresi olarak etkileri

Büyük bir meyve üretim potansiyeline sahip olan ülkemizde, üretimin niceliksel ve niteliksel olarak artırılmasının yanı sıra, ürünlerin özelliklerine uygun şekilde hasat edilmesi ile niteliklerine ve teknolojiye uygun olarak hasat sonrası işlemlerden geçirilmesi, ürünlerin gerçek anlamda değerlendirilebilmesi için son derece önemlidir. Türkiye'de genel olarak sınıflandırma tesislerinde domates, patates, elma, armut, şeftali, kayısı, narenciye vb. ürünler işlem görmektedir. Bu meyveler hasat ve hasat sonrasında oluşabilecek farklı tip zedelenmelere hassas meyveler olup bu tür zedelenmeler üründe kalite kaybına neden olmaktadır. Bu kayıpları azaltmak için, meyvelerde zedelenmeye etkili faktörlerin ve etki derecelerinin bilinmesi gerekmektedir.

Hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında, bütün tarımsal materyallerde olduğu gibi sert çekirdekli meyvelerde de bir seri işlemler uygulanmakta ve bu işlemler sırasında materyaller dış kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Bazı şeftali çeşitleri ele alınarak yürütülen bu çalışmada, şeftali meyvesinin hasat ve hasat sonrasında maruz kalacağı çarpmalar ile oluşan zedelenmeler ve çarpma parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmalarda deneme materyali olarak Glohaven, Loring ve J.H. Hale şeftali çeşitleri kullanılmıştır. Çarpma testi için bir sarkaç düzeneği oluşturulmuştur. Testlerde çarpma yüzey materyali olarak, 13 mm kalınlığında çelik yüzey ve bu çelik yüzey üzerine sönümleme yüzeyi olarak kaplama yapılarak oluşturulan 4.51 mm kalınlığında poron ve 4.81 mm kalınlığında vinlex yüzeyler kullanılmıştır. Sarkaç test düzeneği; yarıçapı 50 cm olan bir dairenin dörtte biri üzerine, 1'er cm aralıklarla oluşturulmuş olan yatay çizgilerle işaret konularak ölçülendirilmiştir. Böylece 50 cm uzunluğundaki yarıçap 50 eşit aralığa bölümlendirilmiştir. Çarpma testi uygulanacak ürünlerin sarkaç üzerinde serbest salınım yapabilmesi için 50 cm uzunluğunda bir ip, daire merkezine tutturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çarpma test düzeneği görünüşü

Çarpma testlerinde kullanılan ölçüm cihazı (Impact Record Device-IRD, Techmark Inc.) elektronik meyve (Instrumented Sphere-IS) olarak da adlandırılan, ürünlerdeki darbe etkilerini ölçmek için birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılan bir ölçüm sistemidir. Elektronik meyve, içerisinde üç eksenli ivmeölçer bulunduran, temas ettiği noktadaki maksimum G ve hız değişimini belirleyen ve ağırlık, çap ve görünüş olarak gerçek bir meyveye benzetilmiş bir veri ölçme ve depolama cihazıdır. Kullanılan bu sistem ile ürüne ulaşan çarpma etkilerinin konumu ve büyüklüğü tanımlanmaktadır. IS, ivme-zaman profilini ölçebilen yapıda bir sistem olarak tanımlanabilir. İvme-zaman grafiği altında kalan hız değişimi ( $\Delta V$ ) ve çarpma ile oluşan pik ivme değerlerini ölçmektedir. Aynı zamanda çarpma ile oluşan ivme değerleri, hız

değişimi ile zaman değerlerini saat, dakika ve saniye cinsinden sıralayarak verebilmektedir. Şeftali, narenciye gibi meyve gruplarıyla eş değer özelliğe sahip olabilmesi için çapı 8.9 cm, tesislerde ayırt edilebilmesi için de rengi lacivert-kırmızı seçilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Ölçümlerde kullanılan elektronik meyvenin görünümü

Denemeye alına şeftali numunelerinin kütle ölçümlerinde Kern marka, maksimum ölçüm kapasitesi 2000 g, ölçüm hassasiyeti 0.1 g olan elektronik tartı, zedelenme alanına ilişkin en-boy ölçümlerinde Mitutoyo marka No. 500-181-20 model, ölçüm aralığı 15 cm, ölçüm hassasiyeti 0.01 mm olan bir dijital kumpas ve meyve sertlik ölçümlerinde ise Effegi marka FT-327 model, ölçüm aralığı 1-12 kg, meyve eti giriş derinliği 8 mm olarak işaretli silindirik bir uç ve çelik yayla çalışan bir okuma düzeninden oluşan el penetrometresi kullanılmıştır.

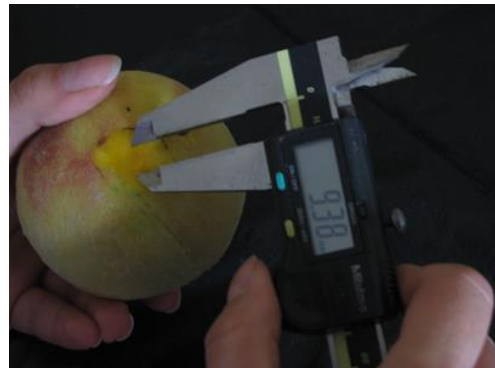
Denemeler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşama taze hasat edilmiş şeftalilerle gerçekleştirilen çarpma denemeleri, ikinci aşama ise elektronik meyve ile yürütülen çarpma denemeleridir. Denemelerde kullanılan şeftali çeşitleri, Samsun ili Çarşamba ilçesi Hacılıçay köyünde yer alan şeftali üretim alanlarından, tek tek elle hasat edilip toplama kaplarına yerleştirilerek hasat sırasında oluşabilecek zedelenmeleri minimuma indirecek şekilde, dikkatli bir şekilde hasat edilmiştir. Hasat edilen ürünler yirmi sekizlik viyollü kasalarla, taşıma sırasında oluşabilecek zedelenmeleri azaltacak şekilde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü biyolojik malzeme laboratuvarına getirilmiştir.

Denemeler için seçilen şeftali çeşitlerinden Glohaven çeşidi 17 Temmuz 2013 tarihinde, Loring çeşidi 26 Temmuz 2013 tarihinde, J. H. Hale çeşidi ise 18 Ağustos 2013 tarihinde 240' ar adet, toplam da 720 tane ürün olmak üzere yeme olumundan bir hafta önce hasat edilmiş ve denemelerde kullanılmıştır. Ürünler, laboratuvar ortamına getirdikten sonra hassas terazi ile kütleleri ölçülmüş ve şeftaliler numaralandırılmıştır. Kütleleri kaydedilen ürünler en hafif, hafif, orta, ağır, en ağır olmak üzere 5 farklı gruba ayrılmıştır. Bu işlem her bir çeşit için aynı şekilde tekrarlanmıştır. Her bir çarpma yüzeyi denemesi için, sınıflandırma yapılan gruplardan 2'şer adet şeftali alınarak oluşturulan 10'lu şeftali gruplarından 6 adet grup meydana getirilmiştir. Böylece, şeftaliler 6 farklı düşme yüksekliğinden 10

tekrürlü olacak şekilde düşme testlerine tabi tutulmuştur.

Denemeye alınan şeftaliler, çarpma test düzeneği olarak oluşturulan sarkaç düzeneğinde bulunan 50 cm uzunluğundaki ipe yaklaşık 2 cm kalınlığında bir lastik şerit ile bağlanmıştır. Böylece şeftalinin sarkaç üzerinde çarpma yüzeyine göre konumlanması ayarlanmış ve serbest düşmeler sırasında yön değiştirmesi engellenmiştir (Şekil 4). Denemelerde 10, 30, 50, 70, 90 ve 120 mm olmak üzere 6 farklı düşme yüksekliği seçilmiştir. Çarpma yüzeyi olarak seçilen çelik yüzey ve çelik yüzey üzerine kaplanarak sönümleme amacıyla kullanılan vinlex ve poron yüzeyler üzerine çarpma öncesinde oluşan çarpma bölgesinin ayırt edilmesi için tebeşir tozu sürülmüştür. Sarkaç üzerinde bu 3 farklı yüzey üzerine 6 farklı düşme yüksekliğinden serbest bırakılan şeftaliler omuz ve sütür kısımlarından olmak üzere 2 farklı yerlerinden çarpmalara maruz bırakılmıştır. Her bir şeftali üzerindeki 2 farklı çarpma noktası numaralandırılarak bu bölgelerde enerji absorpsiyonu sonucu zedelenmenin oluşması sağlanmıştır (Lin ve Brusewitz, 1994). Çarpma sonrasında ikinci bir çarpmanın oluşmaması için ürün elle yakalanmıştır. Meyve eti sertliği ise, işaretlenen bu çarpma noktalarının her birinin yakınında bir noktadan meyve kabuğu soyularak, şeftali sertlik ölçümlerinde kullanılan 8 mm'lik baticı uç kullanılarak ölçülmüştür.

Çarpma sonrasında şeftaliler, çarpma bölgesindeki renk koyulaşmasının ortaya çıkarak zedelenme bölgelerinde boyutsal ölçümlerin yapılabilmesi için oda sıcaklığında ( $21 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3$ ), 24 h süre ile bekletilmişlerdir (Schoorl ve Holt, 1980; Hughes ve ark., 1985; Klein, 1987; Sober ve ark., 1990; Lin ve Brusewitz, 1994). İşaretlenen çarpma bölgelerindeki zedelenmeler bekleme süreleri sonunda şeftali kabukları soyulmadan gözle görülemediği için kabuk dikkatli bir şekilde soyularak ortaya çıkarılmış ve zedelenen bölgenin uzunluk, genişlik ve derinlik değerleri dijital kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Zedelenme uzunluğu ve genişliği ölçüm yöntemi

Bu çalışmada oluşan zedelenme şekilleri incelendiğinde şeftali için zedelenmenin tespiti amacıyla alan yaklaşımının kullanılmasının uygun olacağı belirlenmiştir. Aynı şekilde oluşan zedelenme

şeklinin geometrik olarak elipse benzerlik göstermesi nedeniyle zedelenme alanı hesaplamalarında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Pang vd, 1992):

$$A = \frac{\pi}{4} d_1 \times d_2 \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

A : Zedelenme alanı (mm<sup>2</sup>)

d<sub>1</sub> : Zedelenme uzunluğu (mm)

d<sub>2</sub> : Zedelenme genişliği (mm)'dir.

Şeftalilere uygulanan çarpma testlerinin ardından IS ile yürütülen çarpma testlerinde de aynı sarkaç düzeneği kullanılmıştır. Şeftaliler için kullanılan sarkaç bağlantı noktasına IS yerleştirilerek aynı yüzeyler üzerine, aynı düşme yüksekliklerinden IS 'in 5 tekerrürlü olarak düşürülmesiyle oluşan çarpmalara ilişkin verilerin IS tarafında kaydedilmesi sağlanmıştır. IS içindeki veri depolama ünitesine kaydedilen pik ivme ve hız değişim değerleri yazılım yardımıyla PC'ye alınarak değerlendirmelerde kullanılmıştır.

Denemeler Glohaven, Loring ve J. H. Hale şeftali çeşitleri için, zedelenme alanları üzerinde seçilen faktörlerin etkisini belirlemek için tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre incelenmiştir. Bütün

şeftali çeşitlerinde değişkenleri çarpma yüzeyleri (çelik, poron, vinlex), düşme yükseklikleri (10, 30, 50, 70, 90, 120 mm), çarpma bölgeleri (omuz, sütür) oluşturmaktadır. Verilerin regresyon analizlerinde JUMP 5.0.1 istatistik programı kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Zedelenme Alanı ile Düşme Yüksekliği Arasındaki İlişkiler

Araştırma sonuçlarına göre denemeye alınan şeftali çeşidi, çarpma yüzeyi ve çarpma bölgelerinin her birinde düşme yüksekliklerindeki artış, şeftalide oluşan zedelenme alanlarının artmasına neden olmuştur. Denemeye alınan şeftali çeşidi, çarpma yüzeyi ve deneme yapılan çarpma bölgeleri için zedelenme alanı ile düşme yüksekliği arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre bu ilişkiler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Regresyon analizi sonucu elde edilen ilişkiler ve belirtme katsayıları Çizelge 1'de verilmektedir. Belirtme katsayıları (R<sup>2</sup>), omuz bölgesinde oluşan çarpmalarda 0.93-0.99 aralığında, sütür bölgesindeki çarpmalarda ise 0.90-0.99 aralığında bulunmuştur.

Çizelge 1. Çarpma bölgeleri ve yüzeyleri için, düşme yüksekliği ve zedelenme alanı arasındaki ilişkiler

Çarpma bölgesi: Omuz			
Çarpma Yüzeyi	Şeftali Çeşitleri		
	Glohaven	J. H. Hale	Loring
Çelik	A <sub>z</sub> =1.036D <sub>y</sub> +67.712	A <sub>z</sub> = 1.103D <sub>y</sub> +64.162	A <sub>z</sub> =1.120D <sub>y</sub> +63.289
R <sup>2</sup>	0.93	0.92	0.93
Winlex	A <sub>z</sub> =0.907D <sub>y</sub> +1.930	A <sub>z</sub> =0.879D <sub>y</sub> +3.780	A <sub>z</sub> =0.867D <sub>y</sub> +2.406
R <sup>2</sup>	0.98	0.97	0.99
Poron	A <sub>z</sub> =0.721D <sub>y</sub> +8.633	A <sub>z</sub> =0.691D <sub>y</sub> +9.598	A <sub>z</sub> =0.682D <sub>y</sub> +9.933
R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99
Çarpma bölgesi: Sütür			
Çarpma Yüzeyi	Şeftali Çeşitleri		
	Glohaven	J. H. Hale	Loring
Çelik	A <sub>z</sub> =1.153D <sub>y</sub> +59.165	A <sub>z</sub> =1.020D <sub>y</sub> +38.698	A <sub>z</sub> =1.122D <sub>y</sub> +57.278
R <sup>2</sup>	0.94	0.90	0.92
Winlex	A <sub>z</sub> =0.883D <sub>y</sub> +1.325	A <sub>z</sub> =0.846D <sub>y</sub> -0.630	A <sub>z</sub> =0.765D <sub>y</sub> +3.8753
R <sup>2</sup>	0.98	0.98	0.99
Poron	A <sub>z</sub> =0.644D <sub>y</sub> +9.280	A <sub>z</sub> =0.678D <sub>y</sub> +7.035	A <sub>z</sub> =0.663D <sub>y</sub> +4.263
R <sup>2</sup>	0.96	0.99	0.98

A<sub>z</sub>: Zedelenme alanı (mm<sup>2</sup>), D<sub>y</sub>: Düşme yüksekliği (mm), R<sup>2</sup>: Belirtme katsayısı

Çelik yüzeyde diğer iki sönümleyici yüzeye göre daha çok zedelenme alanlarının oluştuğu ve diğer iki yüzey olan poron ve vinlex de ise zedelenme alanlarının neredeyse birbirine yakın olduğu görülmektedir. Fakat istatistiksel analizler sonucu en iyi sönümlemenin poron yüzeyde olduğu belirlenmiştir.

#### 3.2. Zedelenme alanı ile pik ivme arasındaki ilişkiler

Şeftali çeşitleri, çarpma yüzeyi ve çarpma bölgeleri farklılıklarıyla elde edilen zedelenme alanları ile, çarpma yüzeyi ve düşme yüksekliklerine bağlı IS ile elde edilen pik ivme değerlerine ilişkin tümünün belirlendiği çizelgede belirtme katsayılarına

bakıldığında 0.95 - 0.99 aralığında değiştiği görülmektedir (Çizelge 2). Omuz bölgesinde yapılan çarpımlar değerlendirildiğinde belirtme katsayıları, Glohaven ve J. H. Hale çeşidi poron yüzeyde 0.99 ile yüksek değerde ve Loring çeşidinde ise poron ve winlex yüzeyde 0.99 ile yüksek değerde bulunmuştur (Çizelge 2). Bir diğer çarpma bölgesi olan sütür kısımları için belirtme katsayıları göz önüne alındığında, Glohaven çelik yüzeyde 0.99 ile yüksek değerde, J. H. Hale ve Loring çeşidi winlex yüzeyde 0.99 ile yüksek değerde bulunmuştur. Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, Pang ve ark. (1992), Gala, Splendour, Braeburn, Fuji, Granny Smith elma çeşitleri ile yapmış oldukları çalışmada IS ile ölçümler yaparak çarpımlar sonucu

elde edilen pik ivme değerleri ile zedelenme alanları arasındaki ilişkiyi incelemişler ve belirtme katsayılarını 0.84-0.97 aralığında bulmuşlardır. Lin ve Brusewitz (1994), şeftali zedelenme olasılıklarını belirledikleri çalışmada, IS ile yapılan çarpımlar sonucu elde edilen pik ivme değerlerini zedelenme olasılıkları ile ilişkilendirerek belirtme katsayıları elde etmişlerdir. Bu belirtme katsayıları 0.92-0.96 aralığında değişmiştir. Pang ve ark. (1994), IS ile gerçekleştirdikleri çarpma testlerinin ardından elde ettikleri pik ivme değerleri ile, elmalarla yaptıkları denemeler sonucu elde edilen zedelenme alanlarını ilişkilendirerek belirtme katsayılarını 0.81-0.97 aralığında bulmuşlardır.

Çizelge 2. Çarpma bölgeleri ve yüzeyleri için, IS ile kaydedilen pik ivme ile zedelenme alanı arasındaki ilişkiler

Çarpma bölgesi: Omuz			
Çarpma Yüzeyi	Şeftali Çeşitleri		
	Glohaven	J. H. Hale	Loring
Çelik	$A_z=0.911A+8.447$	$A_z=0.987A-1.300$	$A_z=1.000A-2.882$
$R^2$	0.95	0.98	0.92
Poron	$A_z=1.045A-3.079$	$A_z=1.00A-1.665$	$A_z=0.989A-1.164$
$R^2$	0.99	0.99	0.99
Winlex	$A_z=1.032A-1.032$	$A_z=1.001A+0.645$	$A_z=0.986A-0.585$
$R^2$	0.98	0.98	0.99
Çarpma bölgesi: Sütür			
Çarpma Yüzeyi	Şeftali çeşitleri		
	Glohaven	J.H. Hale	Loring
Çelik	$A_z=1.028A-8.713$	$A_z=0.912A-21.685$	$A_z=0.9924A-7.662$
$R^2$	0.99	0.96	0.96
Poron	$A_z=0.936A-1.341$	$A_z=0.984A-4.067$	$A_z=0.9544A-6.158$
$R^2$	0.96	0.95	0.96
Winlex	$A_z=1.005A-1.812$	$A_z=0.961A-3.494$	$A_z=0.870A+1.120$
$R^2$	0.98	0.99	0.99

$A_z$ : Zedelenme alanı ( $mm^2$ ), A: Pik ivme (G),  $R^2$ : Belirtme katsayısı

Tüm yüzeylerde pik ivme arttıkça zedelenme alanının arttığı, çelik yüzeyde zedelenme alanlarının daha büyük olarak ortaya çıktığı, diğer iki sönümleyici yüzeyde ise zedelenme alanı değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Tarımsal üretim zinciri içerisinde özellikle meyve ve sebzelerin tüketiciye ulaşmadan önce zedelenmemiş olması hem beklenen kalite ihtiyaçlarının karşılanması hem de üretim verimliliği açısından önemli bir unsurdur. Bu araştırma ile şeftalide çarpma zedelenmesi

ile çarpma parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmeye çalışılmıştır. Denemelerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Denemeye alınan çarpma yüzeylerinden çelik yüzeyle yapılan testler sonucu en büyük zedelenme alanları ortaya çıkarken poron ve winlex yüzeylerle yapılan çarpma testleri sonucu oluşan zedelenme alanları daha düşük ve birbirlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Ortalama zedelenme alanı verilerine bakarak, en iyi sönümlenme etkisine sahip yüzeyin poron yüzeyde olduğu söylenebilir.

2. Çarpma bölgeleri olarak ele alınan sütür ve omuz bölgeleri için yapılan değerlendirmeler

sonucunda, şeftalide genel olarak omuz kısmında oluşan zedelenmenin sütür kısmına göre daha fazla olduğu söylenebilir.

3. Her bir çeşit, çarpma yüzeyi ve çarpma bölgesi için zedelenme alanı ile düşme yüksekliği arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ortaya konulmuştur. Elde edilen regresyon denklemlerin belirtme katsayısı değerleri 0.90-0.99 aralığında değişmiştir.

4. Çeşit, çarpma yüzeyi ve çarpma bölgelerine göre değişen zedelenme alanı ile pik ivme değerleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ortaya konulmuş ve belirtme katsayılarının 0.95 - 0.99 arasında değiştiği görülmüştür.

5. Ürünlerin hasat ve hasat sonrasında farklı kuvvetlere maruz kaldıkları göz önüne alınarak, özellikle çarpma zedelenmelerinin önüne geçmek için sönümleyici yüzeylerin kullanılması gerekliliğinin ortaya çıktığı söylenebilir.

### Teşekkür

Bu çalışma PYO.ZRT.1904.12.018 kodlu proje ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Aydın, C., 1989. Amasya elma çeşidinin tarım tekniği yönünden önemli fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Konya, 10407.
- Aydın, C., 1993. Bazı biyolojik malzemede titreşim etkilerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Konya.
- Bollen, A.F., Dela Rue, B.T., 1990. Impact analysis using video with an instrumented sphere, ASAE Paper, 90:6078, 9p.
- Bollen, A.F., Coxi N.R., 1991. A technique for predicting the probability of bruising for use with an instrumented sphere, ASAE Meeting, 916595, 11p.
- Crisosto, C.H., Slaughter, D., Cid, L., Crisosto, G.M., Garner D., Seguel, X., Burke, R., Saez, K., 1996. Determination of maximum maturity for stone fruit (Final year), California Tree Fruit Agreement Research Report, 50-64p.
- Crisosto, C.H. Metheney, P.D., Rohner, F., Garner, D.T., Duncan, R., Day, K., Hasey, J., Beede, B. Gradziel, T. 2000. Developing critical bruising thresholds for clingstone peaches, Journal American Pomological Society, 38p.
- Ercan N., Özkarakaş İ., 2003. Ege bölgesine uygun bazı şeftali ve nektarin çeşitleri, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 13(2): 17-31.
- Garcia-Ramos F., J., Ortiz-Canavate J., Ruiz-Altisent M., 2003. Decelerator elements for ramp transfer points in fruit packing lines, Journal of Food Engineering, 59: 331-337.
- Garcia-Ramos F., J., Ortiz-Canavate J., Ruiz-Altisent M., 2004. Evaluation and correction of the mechanical aggressiveness of commercial sizers used in stone fruit packing lines, Journal of Food Engineering, 63(2): 171-

176p.

- Hughes J., C., Grant A., Prescott H., A., Pennington D., E., Worts W., H., 1985. A Portable pendulum for testing dynamic tissue failure susceptibility of potatoes, Journal of Agriculture Engineer Research., 32(3):-269-277p.
- Klein J., D., 1987. Relationship of harvest date, stroge conditions, and fruit characteristics to bruise susceptibility of apple, The American Society for Horticultural Science, 112(1): 113- 118.
- Kara, M., Biyolojik ürünlerin fiziksel özellikleri, Atatürk üniversitesi ziraat fakültesi ders yayınları No:242, Erzurum, 2012.
- Lin X., Brusewitz G., H., 1994. Peach bruise therasholds using the instrumented sphere, International System for Agricultural Science and Technology, 10(4): 509-513.
- Marshall D. E., Burgess G. J., 1990. Damage criteria applied to apples, ASAE Paper, 90-6003, 17p.
- Marshall D. E., Burgess G. J., 1991. Apple bruise damage estimation using an instrumented sphere, Applied Engineering in Agriculture, 7(6): 677-682.
- Mohsenin, N.N., 1980. Physical properties of plant and animal materials (Third Printing), Gordon and Breach Publ, New York.
- Nelson, C.W., Mohsenin, N.N., 1968. Maximum allowable static and dynamic loads and effect of temperature for mechanical injury in apples, Journal of Agriculture Engineer Research. 13(4): 305-317p.
- Özdemir, A.E., Kaplankıran M., 2001. Hatay ilinde paketleme evlerinin yapısal özellikleri, Derim dergisi, 18(1): 2-16.
- Pang, D.W., Studman, C.J., Banks, N.H., 1992. Analysis of damage thresholds in apple to apple impacts using an instrumented Sphere, New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 20: 159-166.
- Pang, D.W., Studman, C.J., Banks, N.H., 1994. Apple bruising thresholds for an instrumented sphere, American Society of Agricultural Engineers, 37(3): 893-897.
- Schorrl, D., Holt J., E., 1980. Bruise resistance measurements in apples, Journal Texture Studies, 11: 389-394.
- Schoorl, D., Holt, J.E., 1983. Mechanical damage in agricultural products, A basis for Management, Agricultural Systems, 11:143-153.
- Sitkei, G., 1986. Mechanics of agricultural materials, Akademiai Kiado, Budapest- Hungary.
- Sinn, H., Özgüven F., 1989. Biyolojik malzemenin teknik özellikleri 1., Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:27, Adana.
- Schulte, N.L., Timm, E.J., Brown, G.K., 1990. Apple, peach and pear impact damage thresholds, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 90-6002:13p.
- Sargent, S.A., Brecht, J.K., Zoellner, J.J., 1990. Analyses of tomato and bell pepper packing lines using the instrumented sphere, Transactions of the ASAE, 90-6024:22p.
- Sober, S.S., Zapp, H.R., Brown, G.K., 1990. Simulated packing line impacts for apple bruise prediction, Transactions of the ASAE, 89-6047:13p.
- Sargent, S.A., Brecht, J.K., Zoellner, J.J., 1992. Instrumented sphere impact analyses of tomato and bell pepper packing lines, Applied engineering in agriculture, 8(1): 76-83.
- Schulte, N.L., Timm, E. J., Brown, G.K., 1994. 'Redhaven' peach impact damage thresholds, The American Society for Horticultural Science, 1052-1055.
- URL1:-[http://www.tarimkutuphanesi.com/SEFTALI\\_YETIS\\_TIRICILIGI\\_00004.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/SEFTALI_YETIS_TIRICILIGI_00004.html) [Erişim Tarihi: 04. Kasım 2014/ 20.06].



URL-2:[http://rapory.tuik.gov.tr/162014-13:58:54\\_1097224083\\_1711624897\\_1587772\\_886.html](http://rapory.tuik.gov.tr/162014-13:58:54_1097224083_1711624897_1587772_886.html) [Erişim tarihi: 05 Aralık 2012/ 13.00].  
Vursavuş, K., Özgüven, F., 2001. Elmaların hasat sonrası

zedelenmelerine ilişkin çarpma parametrelerinin ve zedelenme hacmi belirleme yöntemlerinin karşılaştırılması, Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Şanlıurfa.



Research/Araştırma

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.289354



## Evaluation of temperature distribution in different greenhouse models using computational fluid dynamics (CFD)

Bilal Cemek<sup>a\*</sup>, Aslıhan Atış<sup>b</sup>, Erdem Küçüktopcu<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey

<sup>b</sup>Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun, Turkey

\*Corresponding author/sorumlu yazar: bcemek@omu.edu.tr

Geliş/Received 22/04/2016

Kabul/Accepted 07/12/2016

### ABSTRACT

Areas of air inlet and outlet openings, orientation of openings, height difference between air inlet and outlet openings, wind direction, greenhouse geometry, and type of plant grown are among the many factors that should be taken into consideration in designing an effective ventilation system for greenhouses. In this study, five different model plastic greenhouses with different sidewall heights, air inlet and outlet opening areas and roof shapes were used to evaluate the ventilation efficiencies and they were compared with a conventional type of the region. A computational fluid dynamics (CFD) program was used to evaluate the behavior of the internal environment (internal flow rate and temperature distributions) and natural ventilation rates for all model greenhouses and a conventional greenhouse involved in the study. External wind speeds of 0.5, 1, and 2 ms<sup>-1</sup> were used in the simulations for all conditions. The results of simulations and experimental studies were evaluated and used for recommendation of a better greenhouse model for this region. CFD software "FLUENT" was used to determine the effectiveness of greenhouse ventilation system and k-ε Renormalization Group (RNG) turbulence model was used in solutions.

Keywords:  
Computational fluid dynamics  
Natural ventilation,  
Greenhouse  
Samsun

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanılarak farklı sera modellerindeki sıcaklık dağılımının değerlendirilmesi

### ÖZET

Hava giriş ve çıkış açıklıklarının alanları, konumları, giriş ve çıkış açıklıkları arası yükseklik farkı, rüzgar yönü, sera geometrisi ve serada yetiştirilen bitki çeşidi gibi birçok faktör havalandırma sisteminin planlanmasında etkili olmaktadır. Bu çalışmada havalandırma sistemlerinin etkisini değerlendirebilmek amacıyla farklı yan duvar yüksekliğine, havalandırma giriş çıkış açıklıklarına ve sera çatı şekillerine sahip beş farklı özellikte plastik sera kullanılmış ve bu sera modelleri ile bölgede kullanılan tipik sera modeli karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm sera modellerinin iç çevre koşulları (hava akış hızı ve sıcaklık dağılımları) ve hava değişim oranları Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile değerlendirilmiştir. Simülasyonlardaki tüm koşullar için dış hava hızı 0.5, 1 ve 2 ms<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Sera içi etkili havalandırma sisteminin çözümünde HAD'nin "FLUENT" yazılım programından yararlanılmıştır. Çözümde ise türbülans modeli olarak k-ε Renormalization Group (RNG) türbülans modeli kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler:  
Hesaplamalı  
akışkanlar dinamiği  
Doğal havalandırma  
Sera  
Samsun

© OMU ANAJAS 2017

### 1. Introduction

Greenhouses are complex facilities to provide an efficient plant production, growth and development year-around. Growth factors like light, temperature, humidity and air composition should be provided at optimum levels. Beside the Mediterranean coastal line, greenhouse facilities widespread in Egean, Marmara, Blacksea and GAP regions of Turkey. However, the

regions with lower heating costs are usually preferred for early vegetable and ornamental plant production. Considering the demands for early vegetable and ornamental plants and recently for early fruit production, climate, irrigation water and soil texture are the main factors to determine the suitability of a region for greenhouse business. Temperature, precipitation and solar radiation values are observed along the Mediterranean coastal line for greenhouses during the

intensive greenhouse production periods between the months December-March. On the other hand, greenhouses of Blacksea region have an advantage over Mediterranean greenhouses during the spring and summer months since they don't need cooling during these months. This advantage brings significant gains for Blacksea greenhouse with regard to late production during spring months and early production during fall months (Cemek et al., 2015).

Natural ventilation systems can provide limited control over air movement inside a greenhouse. In this case, difficulties are experienced in controlling the greenhouse inside temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> concentrations. Therefore, natural ventilation mechanism should be analyzed in deeper fashion to improve greenhouse ventilation efficiency and to better understand the dependency of ventilation rates on greenhouse constructional plans. Natural ventilation is performed by pressure gradient created either by wind or temperature difference between ventilation openings. Dominance of wind velocities over 2 ms<sup>-1</sup> over ventilation processes was experimentally proved (Papadakis et al., 1994; Kittas et al., 1996). In this case, impact of air temperature gradient may be neglected. On the other hand, ventilation by temperature gradient is a significant issue in weak wind conditions ( $V_w < 0.5 \text{ ms}^{-1}$ ).

Air flow created by temperature gradient between greenhouse inner air layers is defined with the term "chimney effect". Ventilation is mostly provided by the effect of wind in cases where wind speed is between 0.5-2.0 ms<sup>-1</sup> and chimney effect is observed in this case. Computational Fluid Dynamics (CFD) is used to analyze air and heat flow in natural ventilation systems. In this way, better ventilation efficiencies may be achieved and the best greenhouse model can be developed for the region. Since inception design of ventilation studies, CFD simulations have been widely used as a power tool in different architectural and building structure engineering areas (IEA 1992).

CFD is especially used for analysis and performance test of fluid-related products. Fluid dynamics software allows the users to solve continuity, momentum and energy equations numerically by use of computers and get the distribution of desired flow-related parameters. Rapid developments and efficient analysis provided by CFD have made this topic a significant issue in technology development. It is hard to find expert personnel professionally dealing with this topic to solve fluid-related problems.

CFD technique can also be used as a powerful tool to develop constructional plans with efficient ventilation and to model the greenhouse inside climate conditions. Systematic mechanism should be well-defined for efficient control of greenhouse inside climate conditions and for better definition of ventilation system characteristics. The computational effort required can be large and is dependent on the number of computational cells in a domain, the number of variables solved in

each cell and the kind of simulated transport processes (Patankar, 1980).

Investigation of structural characteristics of greenhouses with regard to ventilation efficiencies at different wind velocities may pave the way for greenhouse designers to provide more efficient ventilation through temperature gradient. CFD simulations were successfully used to estimate ventilation created by wind effect in greenhouses (Mistriotis et al., 1997). However, limited advancements were observed in cases with low wind velocities and in cases where ventilation is mostly implemented by temperature gradient. That was mostly due to lack of sufficient experimental data to prove the simulation results.

CFD is a simulation tool used to analyze flow processes of fluids, heat and mass transfers (Reichrath and Davies, 2002). Typical outputs of CFD simulations are temporal and spatial distributions of flow velocity, direction, pressure and heat concentrations. It is mostly used in chemistry, automotive industry, aviation sciences and nuclear technologies and recently used in food processing applications. CFD is also used in agricultural implementations, especially in modeling greenhouse inside climate conditions. These kinds of models are usually used to model inner conditions based on outer condition and control strategies.

### 1.1. History of CFD in the greenhouses

The first studies on CFD were theoretically based and began to gain momentum in the mid-1950s (Morris and Neale, 1954; Businger, 1954), followed by the experimental studies with passing on of time (Lawrence and Whittle, 1960; Okada and Takakura, 1973; Bot, 1983; Nederhoff et al., 1985; De Jong, 1989; Fernandez and Bailey, 1992).

Recently, low cost and reliability are considered (Sase et al., 1984; Okushima et al., 1989; Sevilla et al., 1992; Boulard, 1993; Papadakis et al., 1994; Boulard and Baille, 1995; Boulard and Draoui, 1995).

Kacira and Sase (2004) evaluated the ventilation performance of a greenhouse by recording greenhouse inner and outer climate factors and compared the records with data obtained by using computational fluid dynamics to analyze and optimize natural ventilation system of the greenhouse.

Norton et al. (2002) stated that CFD could be preferred an effective tool for proper analysis of inner climate conditions of structures under different design conditions. Researchers also stated that number of physical tests could significantly be reduced by using computational fluid dynamics technology. CFD, as a simulation technique, can provide spatial and temporal solutions for fluid pressure, temperature and velocity. It is also used efficiently in system design and optimization of chemistry, aviation and hydrodynamic systems. Common utilizations are also observed in evaluation of fluid impacts on system performances of

several other disciplines (IEA, 1992).

The aim of this study, that greenhouse developed in Samsun, to provide a more lucrative crop production in greenhouse, to determine of natural ventilation systems which provide optimal indoor environmental conditions affect growth and yield of plant. Firstly, greenhouse models with five different ventilation heights were created. This models were applied to the three different ( $0.5, 1, 2 \text{ ms}^{-1}$ ) wind speed and these applications were examined in two different months (May and June). Lastly temperature distribution was researched at the

greenhouse inside.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Greenhouse characteristics

Research site is located at latitude  $41^{\circ} 17'$  and longitude  $36^{\circ} 18'$  Samsun Province of Turkey. Climatic data is presented in Table 1 as the average of years between 1975-2009.

Table 1. Climate data of Samsun (1975-2009)

Meteorological Elements	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Avg. Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	7.01	6.64	8.00	11.20	15.40	20.14	23.27	23.59	20.00	16.00	11.84	8.86
Avg. Humidity (%)	67.40	69.50	75.00	79.00	80.20	75.97	74.04	73.50	75.50	76.20	69.95	65.85
Avg. Wind speed ( $\text{ms}^{-1}$ )	3.30	2.90	2.40	1.95	1.67	1.97	2.35	2.34	2.15	2.12	2.47	3.17
Global radiation ( $\text{kwhm}^{-2}\text{d}^{-1}$ )	1.57	2.20	3.10	4.06	5.13	5.97	5.96	5.22	4.02	2.64	1.78	1.37

Comparison of Samsun greenhouses' air conditioning demands according to daily temperature and radiance values is presented in Figure 1. Mechanical cooling systems are not required in Samsun since the threshold values for natural ventilation are  $12\text{-}22^{\circ}\text{C}$ . The amount of greenhouse air to be changed in an hour is called "Air Exchange Rate". A recommended AER is between 30-40.

However, Von Zabeltitz (2011) indicates that air exchange rate should be 0.6- 2 for greenhouses with closed windows, 20-40 for poorly ventilated greenhouses, 40-50 for well-ventilated greenhouses and over 50 for very-well ventilated greenhouses. In this study, air change rate was taken as 60 per hour, therefore 1 per minute (Table 2).

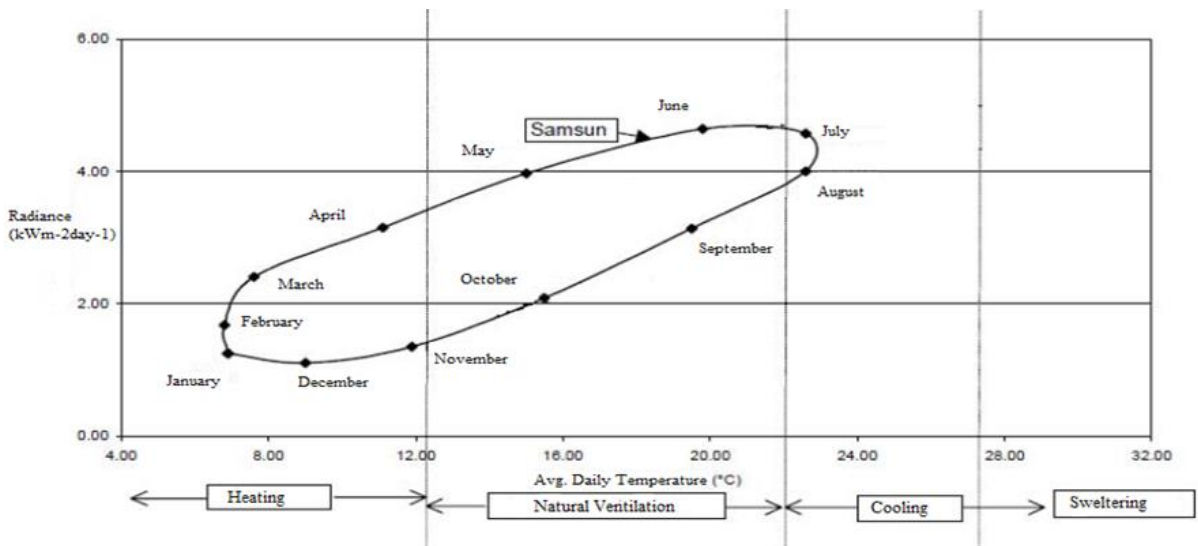


Figure 1. Comparison of air-conditioning demands according to daily temperature and radiance values of Samsun at greenhouses

Table 2. Characteristics of climate conditions for ventilation months used in ANSYS 12.1 of CFD application

	May	June
Soil Temperature (°C)	21.00	27.00
Cover Temperature (°C)	20.00	25.00
Temperature of greenhouse inside (°C)	21.20	26.10
Temperature of greenhouse outside(°C)	15.30	20.10
Wind Direction	From west to east	From west to east
Wind Speed (ms <sup>-1</sup> )	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2

Table 3. Structural properties of five different models

Greenhouse	Height of side wall	Height of ridge	Ventilation space of side wall	Ventilation space of roof	Height of effective ventilation	Floor field of greenhouse
1	200	400	20	20	300	120
2	250	450	20	20	350	120
3	300	500	20	20	400	120
4	300	500	-	20	-	120
5	300	500	20	-	-	120

According to Bot (1983), type of window, opening angle, wind speed, wind direction and temperature difference were affected natural ventilation. In this study, 5 different greenhouse models were used.

Characteristics of these greenhouses were presented in Table 3. Side-wall air inlet openings should either be equal to ridge ventilation openings or at least 1/2-2/3 of these openings (Anonymous, 2008).

2.2. *Methods used to determine the environmental conditions of greenhouses*

Ventilation requirements of a greenhouse is calculated by using the heat-balance relationships (Von Zabeltitz, 2011). Heat gains of a greenhouse are composed of solar radiation, equipment inside

greenhouse, heating system and heat released by plants during respiration. Heat losses are composed of conductive heat loss from greenhouse base an surfaces contact with outer atmosphere, radiative heat loss from greenhouse atmosphere, infiltrative heat loss from uncontrolled openings, and the heat loss due to ventilation and photosynthesis. Among these heat losses, the ones from respiration, photosynthesis and base of greenhouse can be neglected. The heat generated by equipment should be considered in heating system and heat loss by radiation should be considered in conductive heat loss (Hellickson and Walker, 1983; Anonymous, 2008). Heat balance equation can be expresses as follows;

$$(1 - E)\tau IA_f = UA_c(t_i - t_o) + \frac{M}{v} c_p(t_i - t_o) + 0.5V_s N(t_i - t_o) \tag{1}$$

where; E, Ratio of evapotranspiration to solar radiation; F, plant cover coefficient;  $\tau$ , light transmission of cover material (%); I, solar radiation intensity (kWm<sup>-2</sup>); A<sub>f</sub>, greenhouse floor area (m<sup>2</sup>); U, heat transmission coefficient of greenhouse surfaces (Wm<sup>-2</sup> °C<sup>-1</sup>); A<sub>c</sub>, greenhouse covers area (m<sup>2</sup>); M, ventilation capacity (m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup>); v, specific volume of air (m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup>); c<sub>p</sub>, specific heat of air (kJ.kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>); c<sub>p</sub>=1 kjk<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>); t<sub>i</sub>, greenhouse inner temperature (°C); t<sub>o</sub>, outer design temperature (°C); V<sub>s</sub>, volume of greenhouse (m<sup>3</sup>); N, air change coefficient (1h<sup>-1</sup>).

2.3. *Equations used in computational fluid dynamics solutions*

In this study, ANSYS 12.1 software was used to solve the models. Geometries of 6 different greenhouse models were defined and relevant meshes were created with this software. Then, the models were solved by using FLUENT program of ANSYS 12.1 software and results were obtained from this section. The FLUENT

uses Navier Stokes equations. Some of these equations are like the one given above. Equations can be written in a general form as given below to provide an easier solution in Fluent program (Lauder and Spalding, 1974).

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \phi \cdot \vec{V} = \vec{\nabla} \cdot \left( \Gamma_\phi \cdot \vec{\nabla} \phi \right) + S_\phi \tag{2}$$

where  $\vec{V}$  Velocity vector (ms<sup>-1</sup>);  $\Gamma_\phi$ , flow diffusion

constant;  $S_\psi$ , body forces;  $\psi$ , flow constant. Input flow is assumed to be unpressurized due to low logarithmic velocity acceleration.

$$U_{inl}(z) = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{z + z_0}{z_0}\right) \quad (3)$$

$$u_* = \frac{\kappa U_h}{\ln((h + z_0)/z_0)} \quad (4)$$

where;  $U_{inl}$ , input velocity ( $\text{ms}^{-1}$ );  $u_*$ , frictional velocity ( $\text{ms}^{-1}$ );  $\kappa$ , Von-Karman constant ( $\kappa= 0.42$ );  $z$ , fluid effective height (m);  $Z_0$ , length of friction along the flow (m);  $U_h$ , reference velocity ( $\text{ms}^{-1}$ );  $h$ , reference height (m).

## 2.4. Model solution stages

### 2.4.1. Geometry definition

Greenhouse height is an important factor for ventilation. Studies relating to this parameter are quite limited. According to Boulard et al. (2004) increase of greenhouse height causes a decrease in greenhouse temperature.

The subject of the first known published work in this area was an empty single span pitched roof greenhouse with side vents and roof vents. Taking a cue from the above, Geometry of greenhouses were designed as empty geometry in this study. Side and roof of greenhouses vent opening angles stably were used as  $45^\circ$  and  $60^\circ$  respectively. Ventilation configurations used for simulations were as follows;

- Configuration 1, roof and side vent openings are open, Chimney effect is 3 m
- Configuration 2, roof and side vent openings are open, Chimney effect is 3.5 m
- Configuration 3, roof and side vent openings are open, Chimney effect is 4 m
- Configuration 4, only roof vent openings are open
- Configuration 5, only roof vent openings

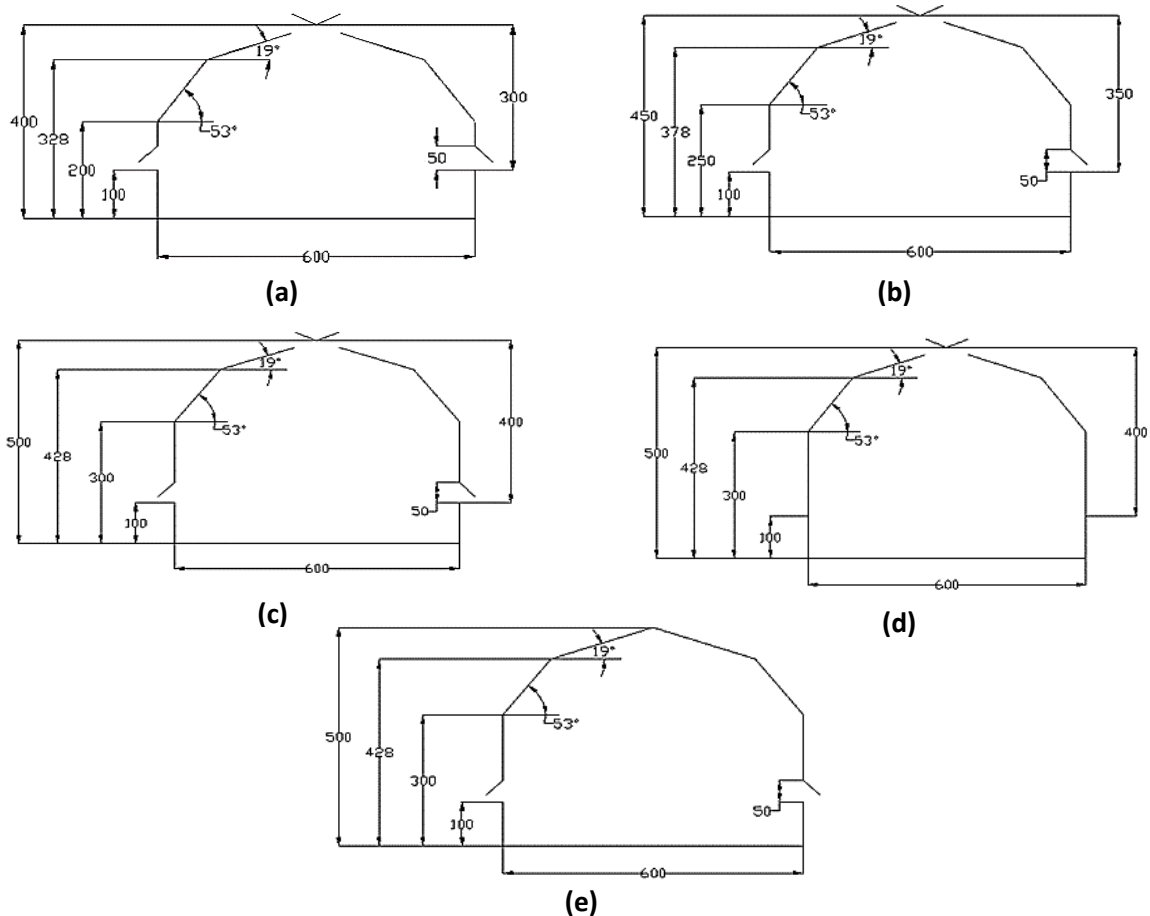


Figure 2. Schematic view of the five different configuration greenhouses

ANSYS 12.1 software is used for geometry definition, mesh creation and model solutions. Model geometries were defined at 1/1 scale as shown in Figure 2. The critical point here is to perform naming of geometry before the definition of boundary conditions. Therefore, window opening for air flow inside the greenhouse was named as input, the opening for air flow outside the greenhouse was named as output and the other solid sections were named as wall. The program automatically assigns boundary condition types to these three types of elements. Boundary type of input surfaces was expressed by “velocity inlet”, boundary type of output surfaces was expressed by “pressure outlet” and boundary type of wall surfaces was expressed by “wall”. Greenhouse models were created by using above defined boundary conditions.

2.4.2. Mesh creation

A mesh should be created for better and accurate results. Therefore, flow space was divided into grid network called mesh. The more accurate the mesh creation, the better the solution will be. Fine grids should be defined at air inlet and outlet sections for a

more accurate solution.

Special methods of ANSYS 12.1 were used to create these fine grids. “Tetrahedron” mesh creation was used in this study to get the best mesh for greenhouse models.

2.4.3. Solution with Fluent

Choosing that right turbulence model is important in CFD studies. Turbulence models often used for greenhouses are the standard k-e model, the realizable k-e model, the Renormalization Group (RNG) model, the Chen and Kim (1987) model and the Reynold Stress Model (RSM). According to Reichrath and Davies (2002), RNG model gave better results than other models. Mistriotis et al. (1997) recommended CK and RNG models for their study. Nebbali et al. (2012) compared three different models and they proposed standard k-ε model as ideal in the results of their study.

Following the proper mesh creation stage, greenhouse models were solved in Fluent. Technical solutions used at this stage were provided in Table 4. In this study RNG model was used as a turbulence model.

Table 4. Constants used in fluent solve and numerical parameters

Solve	Type Velocity Formulation Time	Pressure Based Absolute Steady
Model	Energy Viscous	On RNG k-e, Standard Wall Functions
Material	Air	Density=1.225kgm <sup>-3</sup> , cp=1006.43jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> , Thermal Conductivity=0.0242 wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Boundary Conditions	Inlet Outlet Wall	Velocity inlet Pressure outlet Wall
Solution Methods	Gradient Pressure Momentum Turbulent Kinetic Energy Turbulent Dissipation Rate Energy	Least Squares Cell Based Second Order Second Order Upwind Second Order Upwind Second Order Upwind Second Order Upwind
Solution Control	Momentum Turbulent Kinetic Energy Turbulent Dissipation Rate Turbulent Viscosity Energy	0.7 0.8 0.8 1.0

Among the turbulence models, RNG k-ε model was generated differently from standard k-model by using a statistical technique called “re-normalization group” method. Although model equations look similar to the ones used in Standard k-model, statistical derivations yielded different outcomes since different coefficients were used in equations.

Turbulence is generally affected by cyclone or vortex of flow. Fluent CFD code took cyclone or vortex of flow into consideration in calculations and developed RNG k-ε turbulence model allowing proper turbulence viscosity calculation. Several researchers also compared Standard and RNG k-ε models for flows with cyclone or vortex effect and observed that RNG k-ε yielded more reliable compliances with experimental results and Standard k-ε models were found to be insufficient.

Research on turbulent flows revealed that RNG k-ε model yielded more reliable results than Standard k-ε model for vortex flows, separated flows, static flows and curved geometries. Therefore, RNG k-ε model was selected as turbulence model in this study. Constants for RNG k-ε are provided in Table 5 (Abel and Monteiro, 2007).

Table 5. Constants of RNG k-ε model

$C_\mu$	0.0845
$C1_\epsilon$	1.42
$C2_\epsilon$	1.68
Pr number	0.85

**3. Results and Discussion**

Natural ventilation is mainly performed by air flow from bottom to top through pressure gradient formed based on temperature difference between inner and outer temperature and relative humidity of air inside greenhouse, the highest elevation difference between air inlet and outlet openings, total area of air inlet and outlet openings and wind velocity. As a result of simulation operation, the temperature change occurs at greenhouses demonstrated differences. We compared five different ventilation height thus three different wind speed (0.5, 1, 2 ms<sup>-1</sup>) and these applications were examined in two different months (May and June). Due to different wind speeds, the temperature distributions in each greenhouse are given in Figure 3.

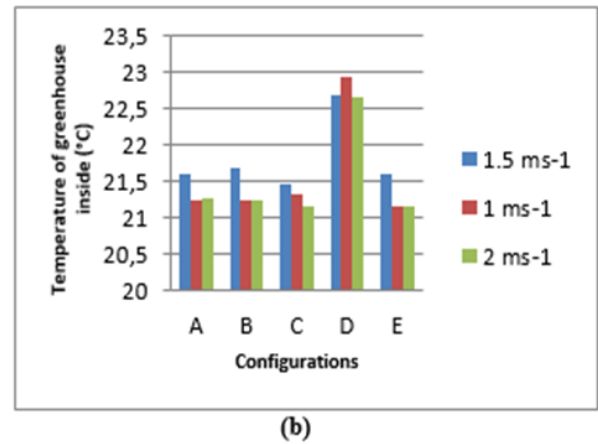
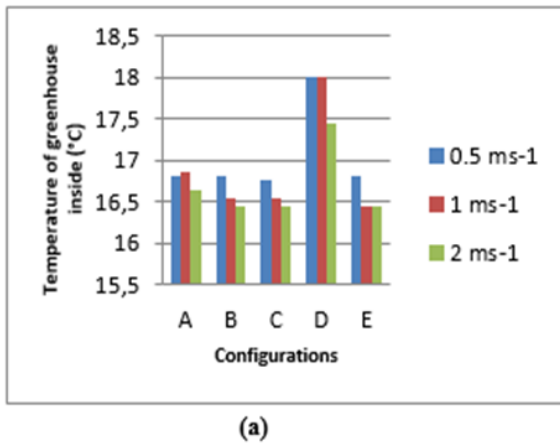


Figure 3. Temperature distribution of configurations at different wind speed on May (a) and June (b)

Air temperature taken from different points in the greenhouse (side wall vents openings, the center of the greenhouse, roof vents openings, etc.) shows variations. When both vents are opened, the internal airflow characterized C model by a strong air current located near the roof slopes (Table 6). A much weaker air circulation developed close to spans of other models. The simulations also indicate that the external air flow passes directly through both roof openings of C model and other models with an air temperature lower than the external wind temperature near both the roof and the floor Figure 4 and 5 present the temperature distribution for the same configuration.

It shows that the convective cells that develop on each span are fed both by cold air infiltrations coming through the vent openings and by buoyancy forces induced by thermal heat exchange with the hot walls of

the greenhouse. Yet, due to the strong outside air penetration in the region located above of C model, the temperature is only +1.5 °C more than outside, whereas it increases up to +2.0 °C in the other models.

Table 6. Comparison of the temperatures in each configurations

	May	June
Configuration 1 (A)	0.57	0.57
Configuration 2 (B)	0.79	0.75
Configuration 3 (C)	<b>0.89</b>	<b>0.88</b>
Configuration 4 (D)	0.89	0.75
Configuration 5 (E)	0.57	0.57



In model A at  $0.5 \text{ m s}^{-1}$  wind velocity, with the air temperature at air inlet on greenhouse side wall was  $20.30 \text{ }^\circ\text{C}$ , temperature was recorded as  $26.10 \text{ }^\circ\text{C}$  at side wall air outlet and as again  $20.30 \text{ }^\circ\text{C}$  at center of the greenhouse. The temperature values in model B were  $21.80 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $1 \text{ m}$  elevation,  $21.60 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $2 \text{ m}$  and decreased to  $21.50 \text{ }^\circ\text{C}$  at ridge ventilation. While the air temperature at air inlet on greenhouse side wall of model C was  $21.80 \text{ }^\circ\text{C}$ , it was recorded as  $21.70 \text{ }^\circ\text{C}$  at side wall air outlet and center of the greenhouse. In model D, higher inner temperatures were observed than the others and these values were  $23.90 \text{ }^\circ\text{C}$  at air inlet on greenhouse side wall and  $23.70 \text{ }^\circ\text{C}$  at side wall air outlet and center of the greenhouse. The temperatures in model E at air inlet on greenhouse side wall, side wall air outlet and mid-section of the greenhouse varied between  $21.60 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $22.10 \text{ }^\circ\text{C}$ . The temperature values in model F were  $21.70 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $1 \text{ m}$  elevation,  $21.60 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $2 \text{ m}$  and decreased to  $21.50 \text{ }^\circ\text{C}$  at ridge ventilation. Greenhouse inner temperatures at  $1 \text{ ms}^{-1}$  wind velocity in model A varied between  $26.10 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $20.20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Greenhouse mid-section temperature in model B was  $21.40 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $1 \text{ m}$ ,  $21.30 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $2 \text{ m}$  and decreased to  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at ridge ventilation. Air temperature at air inlet on greenhouse side wall of model C was  $21.50 \text{ }^\circ\text{C}$ , it was recorded as  $21.40 \text{ }^\circ\text{C}$  at side wall air outlet and mid-

section of the greenhouse. In model D, while the temperature was  $22.50 \text{ }^\circ\text{C}$  at air inlet on greenhouse side wall, it was  $22.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at side wall air outlet and mid-section of the greenhouse. Temperature was recorded as  $21.30 \text{ }^\circ\text{C}$  at sidewall inlet, mid-section and sidewall outlet of model E. The temperature values in model F were  $21.40 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $1 \text{ m}$  elevation,  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $2 \text{ m}$  and decreased to  $21.10 \text{ }^\circ\text{C}$  at ridge ventilation. Similar variations in inside temperatures of the five different models at  $2 \text{ ms}^{-1}$  wind velocity. Inner temperatures in model A varied between  $22.10 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $20.20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Greenhouse mid-section temperature of model B was  $19.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $1 \text{ m}$  height  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $2 \text{ m}$  and  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at ridge ventilation. Air temperature at air inlet on greenhouse side wall of model C was  $21.30 \text{ }^\circ\text{C}$ , it was recorded as  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at mid-section of the greenhouse and decreased to  $21.00 \text{ }^\circ\text{C}$  at side wall air outlet. In model D, while the temperature was  $22.70 \text{ }^\circ\text{C}$  at air inlet on greenhouse side wall, it decreased to  $22.60 \text{ }^\circ\text{C}$  at mid-section of the greenhouse and side wall air outlet. Temperature was recorded as  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at sidewall inlet, mid-section and sidewall outlet of model E. While the temperature value in model F was  $21.20 \text{ }^\circ\text{C}$  at  $1 \text{ m}$  elevation of greenhouse mid-section, it was recorded as  $21.00 \text{ }^\circ\text{C}$  at ridge ventilation (Figure 4 and 5).

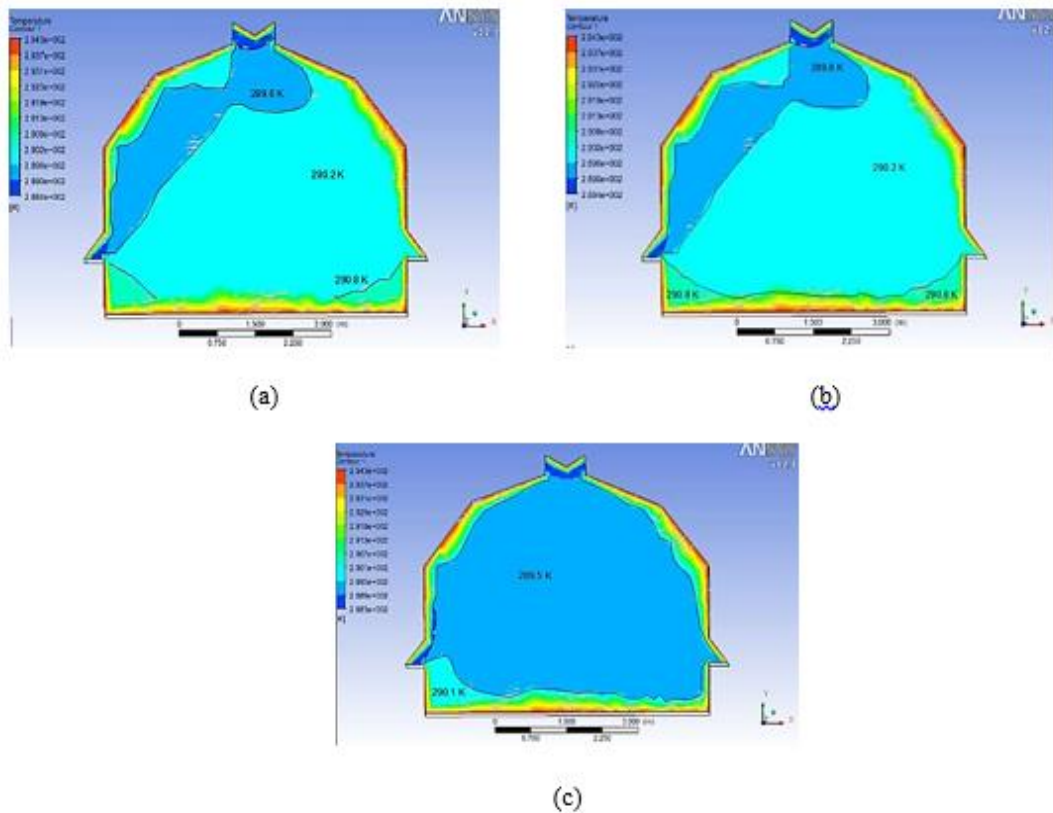


Figure 4. Temperature distribution of C configuration on May (a:  $0.5 \text{ ms}^{-1}$ , b:  $1 \text{ ms}^{-1}$ , c:  $2 \text{ ms}^{-1}$  wind speed)

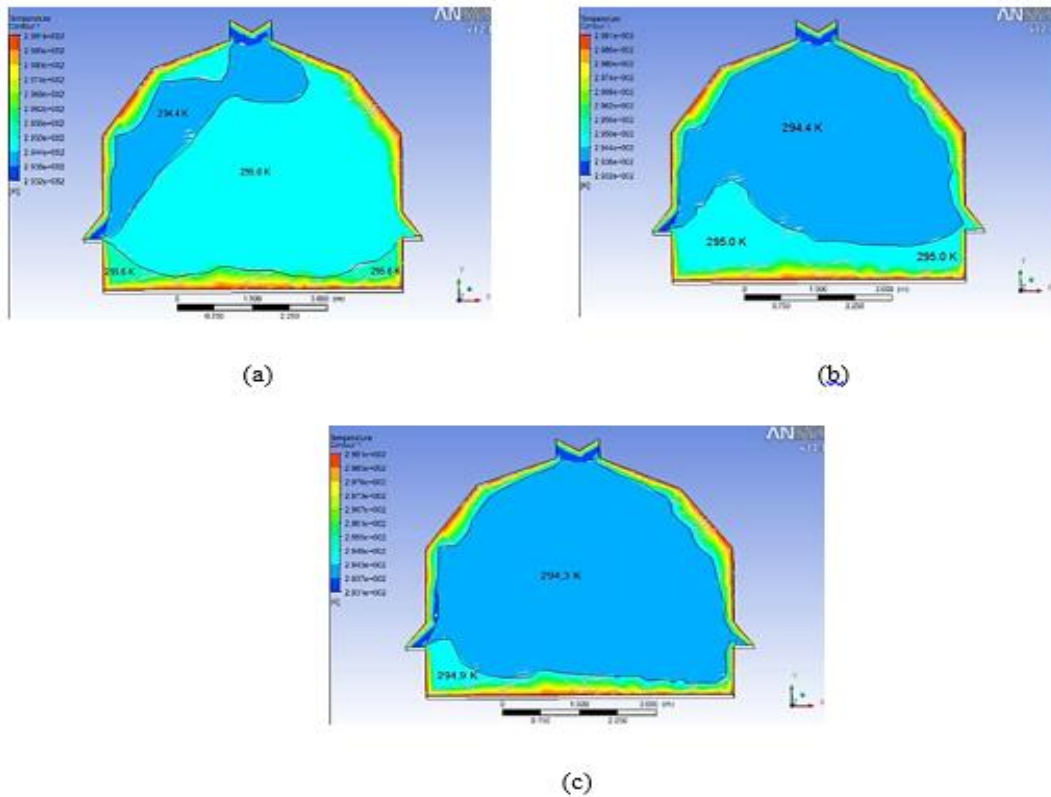


Figure 5. Temperature distribution of C configuration on June (a:  $0.5 \text{ ms}^{-1}$ , b:  $1 \text{ ms}^{-1}$ , c:  $2 \text{ ms}^{-1}$  wind speed)

Results revealed that natural ventilation designs of models A, B, and C were similar to each other and effective ventilation height increases from A to C. While inside temperatures of model A had lower values at sidewall air inlet and ridge ventilation, these values decreased more in model C. Since model C has 0.5 and 1 m higher effective ventilation height respectively than model A and B, better ventilation was observed in model C. Since model D did not have sidewall air openings, greenhouse inside temperature was higher and inside wind velocity was lower than that of the others. Lower variations in temperatures calculated by using climate data of the natural ventilation months indicated that Model D had lower ventilation efficiency than the other models and this model could not be recommended for this region. Model E which had air openings at only sidewalls and CFD results revealed the negative outcomes of lack of ridge ventilation openings in Samsun Province. For model F, different variations were observed in greenhouse inside climate parameters during the ventilation months. Since this model had the lowest effective ventilation height, an increase in greenhouse inside temperatures and a decrease in wind velocities were observed in this model.

#### 4. Conclusion

The biggest problem of greenhouse growers is underutilized roof ventilation systems of greenhouses in

Samsun. Therefore, growers are faced with fungal diseases, decline in product quantity and quality in greenhouse. As Most of the greenhouses are the arc type roof it is difficult to form the roof ventilation system hence there are no ventilation system at roofs. Ventilation is provided with openings on the side walls and thus poor ventilation in the greenhouse. In order to ensure ideal growth of crops in greenhouses, adequate air exchange should be guaranteed. This requires a change of at least once per minute of the total volume of greenhouse.

This study considered the aerodynamics of natural ventilated greenhouse model used in the region and determined air exchange rate of six different greenhouse models which appropriate greenhouse cultivation. The results of this study recommended model C, the model with the highest roof height than other models and with roof and side walls openings for the Samsun.

#### Acknowledgments

This study was supported by Ondokuz Mayıs University, Scientific Research Programs under the project no PYO.ZRT.1904.10.30.

#### References

Abel, R., Monteiro, E., 2007. Computational fluid dynamics analysis of greenhouse microclimates by heated

- underground tubes. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 21: 2196-2204.
- Anonymous, 2008. Heating Ventilating and Cooling Greenhouses. American Society of Agricultural and Biological Engineers Standards, ASABE.
- Bot, G.P.A., 1983. Greenhouse climate: from physical processes to dynamic model. PhD Dissertation, Agricultural University of Wageningen, Netherland.
- Boulard, T., 1993. Etude experimentale et modélisation de l'aération naturelle des serres (experimental study and modelling of greenhouse natural ventilation). Récapitulation des résultats des études conduites de 1988 B 1992. Note Interne I.N.R.A. 93-1; Station de Bioclimatologie de Montfavet 84140 France. (in French).
- Boulard, T., Baille, A., 1995. Modelling of Air Exchange Rate in a Greenhouse Equipped with Continuous Roof Vents. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 61 (1):37-47.
- Boulard, T., Draoui, B., 1995. Natural ventilation of ventilation of a greenhouse with continuous roof vents: measurements and data analysis. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 61:27-35.
- Boulard, T., Fatnassi, H., Roy, J.C., Lagier, J., Fargues, J., Smits, N., Rougier, M., Jeannequin, B., 2004. Effect of greenhouse ventilation on humidity of inside air and in leaf boundary-layer. *Agricultural and Forest Meteorology*, 125 (3-4): 225-239.
- Businger, J.A., 1954. De invloed van raamstanden op de ventilatie in kassen. (The influence of window openings on the ventilation of greenhouse) Meded. Dir. Tuinbouw (Netherlands.). 17: 897 (in Dutch).
- Cemek, B., Güler, M., Arslan, H., 2015. Spatial analysis of climate factors used to determine suitability of greenhouse production in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, doi:10.1007/s00704-015-1686-5
- Chen, Y.S., Kim, S.W., 1987. Computation of turbulent flows using an extended k-ε model. NASA Contractor Report. NASA-Marshall Space Flight Center Marshall Space Flight Center, Alabama.
- De Jong, T., 1989. Natural ventilation of long multi-span greenhouses. Ph.D. thesis, Agricultural University of Wageningen. Wageningen, Netherland.
- Fernandez, J.E., Bailey, B.J., 1992. Measurements and prediction of greenhouse ventilation rates. *Agricultural and Forest Meteorology*, 58 (3-4): 229-245.
- Hellickson, M.A., Walker, J.N., 1983. Ventilation of agricultural structures. American Society of Agricultural Engineers, Michigan. pp.257-300.
- IEA, 1992. Energy conservation in building and community systems programme. Annex 20: Air flow patterns within buildings. Air flow through large openings on buildings. Technical report edited by J. Van der Maas.
- Kacira, M., Sase, S., 2004. Optimization of vent configuration by evaluating greenhouse and plant canopy ventilation rates under wind induced ventilation. *Transactions of the ASAE*, 47(6): 2059-2067.
- Kittas, C., Boulard, T., Mermier, M., Papadakis, G., 1996. Wind-Induced Air Exchange-Rates in A Greenhouse Tunnel with Continuous Side Openings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(1):37-49.
- Launder, B.E., Spalding, D.B., 1974. The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3(2): 269-289.
- Lawrence, W.J.C., Whittle, R.M., 1960. The climatology of glasshouses. II: Ventilation. *Journal of Agriculture Engineering Research*, 5: 36-41.
- Mistriotis, A., Bot, G.P.A., Picuno, P., Scarascia Mugnozza, G., 1997. Analysis of the efficiency of greenhouse ventilation using computational fluid dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 85 (3-4): 217-228.
- Morris, L.G., Neale, F.E., 1954. The infrared carbon dioxide gas analyzer and its use in glass house research. National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe, Tech. Memo. 99, p.13.
- Nebbali, R., Roy, J.C., Boulard, T., 2012. Dynamic simulation of the distributed radiative and convective climate within a cropped greenhouse. *Renewable Energy*, 43: 0960-1481.
- Nederhoff, E.M., van de Vooren, J., Udink ten Cate, A.J., 1985. A practical tracer gas method to determine ventilation in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 31 (4): 309-319.
- Norton, T., Sun, D.W., Grant, J., Fallon, R., Dodd, V., 2002. Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the modelling and design of ventilation systems in the agricultural industry: A review, *Bioresource Technology*, 98(12): 2386-2414.
- Okada, M., Takakura, T. 1973. Guide and data for greenhouse air conditioning. 3. heat loss due to air infiltration of heated greenhouse. *Journal of Agricultural Meteorology*, 28 (4): 223-230.
- Okushima, L., Sase, S., Nara, M., 1989. A support system for natural ventilation design of greenhouse based on computational aerodynamics. *Acta Horticulturae*, 248: 129-136.
- Papadakis, G., Mermier, M., Meneses, J.F., Boulard, T., 1994. Measurement and analysis of air Exchange rates in a greenhouse with continuous roof and side openings. *Journal of Agriculture Engineering Research*, 63: 219-228.
- Patankar, S.V., 1980. Numerical heat transfer and fluid flow. Hemisphere, New York.
- Reichrath, S., Davies, T.W., 2002. Computational fluid dynamics simulations and validation of the pressure distribution on the roof of a commercial multi-span Venlo-type glasshouse. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90: 139-149.
- Sase, S., Takakura, T., Nara, M., 1984. Wind tunnel testing on air flow and temperature distribution of a naturally ventilated greenhouse. *Acta Horticulturae*, 148, 329-336.
- Sevila, F., Feuilleley, P., Mekikdijan, C., 1992. Natural ventilation of greenhouses on Mediterranean areas. XI CIGR World Congress and Agency 92 Conference on Agricultural Engineering, Uppsala, Sweden, 1-4 June.
- Von Zabeltitz, C., 2011. Integrated greenhouse systems for mild winter climates: climatic conditions, design, construction, maintenance and climate control. Springer-Verlag, Berlin



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.287480



## Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi

Mehmet Taşan<sup>a\*</sup>, Yusuf Demir<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun, Turkey

<sup>b</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, Turkey

\* Sorumlu yazar/Corresponding author: mehmettasan17@gmail.com

Geliş/Received 23/01/2017

Kabul/Accepted 02/02/2017

### ÖZET

Bu çalışmada, Alaçam ilçesinde çeltik yetiştirilen alanlardaki toprakların Fe ve Mn içeriklerinin alansal değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanını temsil edecek şekilde 54 farklı noktadan ve dört farklı derinlikten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90cm, 90-120 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Alansal dağılımda en uygun yöntemi belirlemek için 6 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW), Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK) metodları kullanılmıştır. En uygun enterpolasyon yöntemini belirlemede ise Ortalama Hata Kareleri Karekökü (RMSE) ve Mutlak Ortalama Hata (MAE) değerleri kullanılmıştır. Belirlenen en iyi yönteme göre Fe ve Mn haritaları hazırlanmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre Fe dağılımı farklı derinlikler için sırasıyla RMSE değerleri 8.402, 8.371, 4.500 ve 3.615 hesaplanmış, en uygun olarak RBF, IDW ve SK metodları belirlenmiştir. Mn dağılımı içinse RMSE değerleri üst toprak katmanından alt katmana doğru sırasıyla 10.098, 10.668, 15.434 ve 12.921 olarak hesaplanmıştır. Tüm katmanlar için en iyi yöntemler kullanılarak hazırlanmış olan haritalara göre alanda Fe içeriği bakımından eksik olan alanlar derinlikler bazında 35.325 da ile 17479.329 da arasında değişmiştir. Mn eksikliği olan alanlar ise 222.265 da ile 4229.97 da arasında alansal dağılım göstermiştir. Sonuç olarak noktasal olarak örnekleme yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ile alansal dağılım haritaları hazırlanırken en iyi enterpolasyon yöntemin belirlenmesi çalışmanın doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Sözcükler:  
Enterpolasyon  
metotları  
Coğrafi Bilgi  
Sistemleri  
Demir  
Mangan

Determination of spatial distribution of iron and manganese contents with different interpolation methods at rice cultivated areas.

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the spatial variation of Fe and Mn contents of the soil in the paddy fields in Alaçam district. Soil samples were taken from 54 different points and four different depths (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm, 90-120 cm) in order to represent study areas. Six different interpolation methods were compared to determine the optimum method for spatial distribution. Radial Base Function (RBF), Inverse Distance Weight (IDW), Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), Universal Kriging (UK) and Co-Kriging (COK) methods were used in this study. Root Mean Squared Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE) were used to determine the most appropriate interpolation method. Fe and Mn maps were prepared according to the best method determined. The RMSE values for the different depths of Fe distribution were calculated as 8,402, 8,371, 4,500 and 3,615, respectively. RBF, IDW and SK methods were determined as the best for Fe distribution at end of the evaluations. The RMSE values were calculated for the Mn distribution from the top to the bottom soil layers as 10,098, 10,668, 15,434 and 12,921, respectively. According to the Fe maps prepared using the best methods for all layers, the deficiency of Fe contents distribution varied between 35.325-17479.329 da. Similarly the Mn deficiency areas were varied between 222,265-4229,97 da. As a result, while preparing the spatial distribution maps with the data obtained from pointwise sampling studies the determination of the best interpolation method is of great importance from the point of the accuracy of the study.

Keywords:  
Interpolation methods,  
Geographic  
information systems  
Iron  
Manganese

## 1. Giriş

Toprak ve su, insanoğlunun gıda, içme, barınma gibi ihtiyaçlarını karşılamada doğal ve yenilenemeyen en önemli iki kaynaktır. Sınırlı kaynaklardan olan suyun ve toprağın bozulmaya uğramadan sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi gerekmektedir. Toprakların korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması ülkemizin geleceği açısından bir zorunluluktur. Özellikle çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlardaki topraklarda demir ve mangan içeriklerinin takip edilmesi toprak kaynaklarının korunumu açısından önem taşımaktadır (Alam, 1985).

Demir ve mangan bitkilerin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan mikro besleyicilerdir (Teryy, 1980 ; Bennet ve ark., 1982; Datin ve Westerman, 1982). Çeltik yetiştirilen ortamların su altında olması nedeniyle toprakta bulunan demir ve mangan konsantrasyonlarının artması topraktaki ve bitkilerdeki diğer mikro besin maddelerinin dengesini bozmaktadır (Ganwer ve Mann, 1972; Chaudhry ve ark., 1977). Yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar bitki beslenmesinde Fe ve Mn'nin birlikte rollerinin bireysel rollerinden daha önemli olduğunu bildirmişlerdir (Karim ve Mohsin, 1964). Büyüme ortamındaki yüksek Fe konsantrasyonları bitkiler tarafından Mn alınımı engelleyebilirken Fe eksiklikleri ise toprakta Mn ve Zn gibi besin maddelerinin artması ile gelişir (Tisdale ve ark., 1975).

Toprak özelliklerinin zamansal ve konumsal değişkenliği hakkında bilgi sahibi olmak toprak yönetimini iyileştirmek ve bitki verimliliğini arttırmak için son derece önem taşımaktadır. Bilinen istatistiksel yöntemler belli bir alan içerisinde örneklenen noktaların uzaysal ilişkisi hakkında bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle örneklenmemiş bir nokta, örneklenmiş diğer noktalardan faydalanılarak tahmin edildiğinden ve uzaysal bağımlılığı dikkate alınmadığından çok doğru değildir (Mulla ve McBratney, 2000). Genellikle bir toprak özelliğine ait değerler örnekleme noktaları birbirine yaklaştıkça benzer olmaktadır yani uzaysal korelasyona sahip olmaktadır. Örnekleme noktaları arasındaki uzaklıklar arttıkça, benzerlikler giderek azalmakta ve belirli bir noktadan sonra benzerlik bulunmamaktadır. Belirli hata sınırları içerisinde alınabilecek en uygun örnekleme yoğunluğunun belirlenmesi en az örnek alınarak en fazla bilginin elde edilmesinde büyük ö taşımaktadır.

Yeryüzeyi ile ilgili yapılan çalışmalarda, konumsal dağılım gösteren verilere olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle noktasal verilerin konumsal veriye dönüşümünde birçok enterpolasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bilgisayar ortamına aktarılan ve belirli kriterlere göre sınıflandırılan verilerin CBS de değerlendirilmesinde enterpolasyon yöntemleri uygulanmakta ve ölçülen coğrafik veriler, konumsal enterpolasyon teknikleri ile tüm alana yayılmakta ve alana ait dağılım haritaları elde edilmektedir

(Heuvelink, 2006). Konumsal enterpolasyon yöntemleri tarım, çevre, meteoroloji ve jeodezi gibi birçok disiplinde kullanılmaktadır. Türkiye'de ve Dünya'da çeşitli alanlarda konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması konusunda yapılmış birçok çalışma mevcuttur. (Wang ve ark., 2014; Akyürek ve ark., 2013; Arslan ve ark., 2012; Doğru ve ark., 2011; Luo ve He 2011; Mair ve Fares, 2011; Temizel, 2016; Temizel ve Koç, 2015).

Nayanaka ve ark. (2010) yılında yapmış oldukları bir çalışmada Sri Lanka'nın Polonnaruwa bölgesinde çeltik yetiştirilen 18 ha'lık bir alanda tarımsal açıdan önemli bazı toprak özelliklerinin mekansal değişkenliğini araştırmışlardır. Bu amaçla 43 farklı noktadan 0-20 cm derinlikten toprak örnekleme yapılmıştır. Toprağın kil içeriği, organik madde, yarayışlı fosfor (P), pH, EC (elektriksel iletkenlik), değişebilir kalsiyum ve yarayışlı çinko (Zn) özellikleri klasik ve jeostatistik yöntemler kullanılarak araştırılmıştır.

Shao-ging ve ark. (2011)'de toprağın fosfat miktarının değişimini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada 110 noktadan toprak örneği almışlar ve Fosfatın konumsal dağılımları belirlemek için IDW, Spline ve ordinary kriging yöntemleri kullanmışlar. En iyi yöntemi belirlemek için her bir yöntemin ortalama hata değerlerini kullanmışlardır. En küçük ortalama hata değerini veren Ordinary Kriging yönteminin en iyi enterpolasyon yöntemi olduğunu belirlemişler ve bu yöntemle göre haritalama yaparak sorunlu alanları belirlemişlerdir.

Xie ve ark., (2011)'de Çin'de Pekin'in Tongzhou bölgesindeki topraklarda ağır metallerin alansal dağılımını belirlemek için 4 farklı enterpolasyon yöntemini (IDW, LP, OK ve RBF) karşılaştırmışlardır. Bu amaçla 137 farklı noktadan 0-20 cm lik toprak derinliğinden örnek almışlar ve toprakların bakır (Cu), kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Enterpolasyon yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde çarpaz değerlendirme için Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) değerlerini kullanmışlardır. Kirlenmiş örneklerin yüzdesine dayanan klasik yöntemin, enterpolasyon yöntemleriyle tahmin edilen değerlere göre % 23.54 ile % 41.92 daha büyük bir kirlilik alanı verdiğini tespit etmişlerdir.. Dört yöntem arasındaki kirlilik alanı tahminindeki fark ise % 6.14 bulunmuştur. Sonuçlar tüm enterpolasyon yöntemlerinin toprağın ağır metallerinin ortalama konsantrasyonlarının yüksek bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Behera ve Shukla (2014)'de Hindistanın Orissa, Jharkhand, Himachal pradesh ve Kerala eyaletlerinde dört farklı toprak serisini temsil eden ekili arazilerden toplamda 400 farklı noktadan yüzey toprağı (0-15 cm) almış ve analiz etmişlerdir. Toprakların ekstrakte edilebilir Mn ve Fe içeriği, pH, organik karbon içeriği, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi değiştirilebilir

katyonların alansal dağılımları ve sorun olan bölgeleri belirlemelerdir.

Bu çalışma Alaçam ilçesinin çeltik yetiştirilen ve sulamaların sadece yeraltı sularından yapıldığı bir bölgede, toprakların Fe ve Mn içeriklerinin alansal dağılımlarını belirlemek için yürütülmüştür. 54 farklı noktadan 4 farklı derinlikten (0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm) toprak örnekleri alınmış ve alansal dağılımın belirlemek için 6 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılmış ve en iyi dağılımı veren yöntem belirlenmiştir. En iyi yöntem kullanılarak Fe ve Mn elementlerinin konumsal dağılım haritaları hazırlanmış ve riskli alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma alanının konumu, toprak ve iklim özellikleri

Çalışma alanı ülkemizin kuzeyinde Orta Karadeniz Bölgesinde 41° 36' - 41° 40' Kuzey enlemleri ve 35° 03' - 35° 04' Doğu Boylamları arasında yer almaktadır. Alaçam Samsun ilinin 80 km batısında olup; Kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Bafra, Batısında Yakakent, güneyinde Vezirköprü ve Güneydoğusunda Durağan ile komşudur. İlçenin yüzölçümü 463 km<sup>2</sup> Kuzey sınırını Karadeniz çizerken doğu sınırını Bedeş Çayı ile

Karaboğaz gölünün ağız kısmını oluşturur. Batı sınırı Etyemez ve Koz köyleri sınırları oluşturmaktadır. Araştırma sahasının konumu Şekil 1'de verilmiştir.

Alaçam ilçesinin toprakları Kızılırmak başta olmak üzere, Alaçam, Yenice ve Bedeş çayları gibi akarsuların uzun yıllardır taşıdıkları alüvyonlardan oluşmuştur. Bu alüvyonların kalınlığı ilçenin batısında 20 m iken doğusunda 80 m ye kadar çıkmaktadır (Anonim, 2017). Tarım açısından oldukça elverişli verimli toprak yapısı özelliği taşır. Delta ovası üzerinde yer yer sularla kaplı bataklık alanlara rastlanır. Bunun nedeni bu alanlarda Drenajın iyi olmamasıdır. Delta ovası ile 250 m yükseltiye kadar uzanan sahalarda hafif eğimli yamaç arazi yer alır. Makineli tarım yapmaya elverişli olan bu sahalarda sarı renkli fosillerin bulunduğu toprak tabakası yer alır. Bu alanlardaki tabakalar kıvrımlı bir yapı özelliği gösterir. Vadi yamaçlarında ve yol yapımı için yapılan yarmalarda bu tabakalaşma kendini daha iyi gösterir.

Çalışma alanında Karadeniz Bölgesinin ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Samsun Meteoroloji Müdürlüğünden alınan uzun yıllar ortalama gözlem sonuçlarına göre Alaçam ilçesi için en yağışlı ay Aralık, en kurak ay ise Temmuzdur. Yıllık yağış toplamı uzun yıllar ortalamasına göre 754.9 mm'dir. En sıcak ay (24,5 °C) Ağustos ayı ve en soğuk ay (6,1 °C) ise Ocak ayıdır (Anonim, 2015).



Şekil 1. Çalışma alanının yeri ve konumu

### 2.1.2. Su kaynakları, sulama ve drenaj şebekesi

Alaçam ilçesi, Kızılırmak, Alaçam, Yenice ve Bedeş Çayları, ana su kaynaklarını oluştururken, Alaçam ilçesi sınırlarında 2015 yılı itibarı ile herhangi bir sulama sistemi ve drenaj şebekesi bulunmamaktadır. Yöre çiftçileri su kaynağı olarak yeraltı sularını sulama amaçlı kullanılmaktadır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Toprak örneklerinin alınması

Çalışma alanında toprakların demir ve mangan içeriklerini belirlemek amacıyla 2015 yılında Nisan ayında 54 farklı noktada 4 derinlikten (0-30cm, 30-60 cm, 60-90 cm ve 90-120 cm) toplam 216 adet toprak örneği alınmıştır. Örnek alınan noktaların koordinatları GPS ile belirlenmiştir. Toprak örnekleri poşetlere doldurulmuş ve arazi özellikleri etiket üzerine işlenerek laboratuvara getirilmiştir. Örnekler oda sıcaklığında kurutulmuş ve 4 mm lik elekten elenmiştir. Toprak örneklerinde demir ve mangan miktarlarının belirlenmesinde atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAS) yöntemi kullanılmıştır (Kacar, 1994).

### 2.2.2. Enterpolasyon yöntemleri

Toprak analizlerinden elde edilen noktasal verilerin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında deterministik yöntemlerden Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi, stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK)) metodları karşılaştırılmıştır. Çalışmada IDW metodunda ikinci kuvvet (IDW-2), RBF metodunda düzeltilmiş spline (Completely Regularized Spline (CRS)) modeli, kriging metodlarında ise küresel(Spherical) model kullanılmıştır.

#### 2.2.2.1. Radyal tabanlı fonksiyon (RBF)

RBF metodu çok boyutlu verilerin enterpolasyonunda kullanılan bir metottur. Genel olarak sınırlı sayıda veri ya da tahmin edilmesi zor olan noktaların tahmininde kullanılmaktadır. Bu metodun en büyük avantajı genel kısıtlamaların az olması nedeni ile herhangi bir boyutta rahatlıkla kullanılmasıdır (Wright, 2003). RBF modeli Euclide uzayında çalışmaktadır ve genel eşitliği, eşitlik 1'de verilmiştir. ;

$$S(\underline{x}) = \sum_{j=1}^n \lambda_j \phi \left( \left\| \underline{x} - \underline{x}_j \right\| \right) \quad (1)$$

$\underline{x}$ = serbest değişken

Eşitliğin cevap kümesi  $\left\{ f_j \left( \begin{matrix} n \\ j=1 \end{matrix} \right) \right\}$

$S(\underline{x}_j)=f_j, j=1, \dots, n$  koşullarındaki genişleme kümesi

$\lambda_j$ =genişleme katsayısı,

$[A][\lambda]=[f]$  eşitlikteki ,  $A_{aj,k} = \phi \left( \left\| \underline{x} - \underline{x}_j \right\| \right)$  radyal fonksiyon türlerini,  
 $\phi$ =tekli değişkeni ifade etmektedir.

#### 2.2.2.2. IDW (Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon)

En yaygın kullanılan enterpolasyon metodlarından biri olan IDW'nin esası değeri bilinen noktadan değeri bilinmeyen nokta değerini tahmin etmeye dayanmaktadır. B değerini hesaplanmasında ise uzaklıkların ters mesafe fonksiyonlarından yararlanmaktadır. Bu varsayım değeri bilinen noktadan hedeflenen noktaya olan uzaklık arttıkça benzerliklerin azaldığı mantığına dayanmaktadır (Li ve Heap,2008; Shepard, 1968).

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

$$W_i = d_i^{-u} \quad (3)$$

$Z(x)$ = Enterpole edilen noktadaki tahmin edilen değer,  
 $Z_i$ =Bilinen noktadaki değer,  
 $n$ =değeri bilinen toplam nokta sayısı,  
 $d_i$  =i noktası ile değeri tahmin edilecek nokta arası mesafe,  
 $W_i$ =i noktasına atanan ağırlık  
 $u$ = parametrenin kuvveti

#### 2.2.2.3. Simple (Basit) kriging (SK)

Krigleme genel olarak diğer tahmin modellerine benzer şekilde, bir değişkenin herhangi bir bilinmeyen noktalardaki değerinin tahmin edilmesinde değeri bilinen noktaların değerlerinin kullanarak kestirmeye çalışması mantığına dayanmaktadır. Bütün krigleme yöntemleri aşağıdaki ana eşitliğini kullanarak krigleme yöntemine göre tahminler yapmaktadır (Li ve Heap, 2008).

$$\hat{Z}(x_0) - \mu = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(x_i) - \mu(x_0)] \quad (4)$$

Eşitlikte;

$\mu$ = hareketsiz ortalama,

$\lambda_i$ =kriging ağırlığı,

$n$ = tahmin etmede kullanılan nokta sayısı,

$\mu(x_0)$  = araştırma alanı örnekleri ortalaması,

$\hat{Z}(x_0)$ =Tahmin edilen noktanın gerçek değeridir.

Simple (Basit) kriging yönteminde esas kovaryans fonksiyonuna dayalı olarak geliş güzel olarak alana dağılım ilkesine dayanmaktadır. Genel eşitliği kriging tahmin eşitliğinin modifikasyonu ile şu şekilde ifade edilir (Li ve Heap,2008);

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) + [1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i] \mu \quad (5)$$

Eşitlikte;

$\mu$ = hareketsiz ortalama, (tüm alan için hesaplanan ortalaması, sabit)  
 $\lambda_i$ =kriging ağırlığı,  
 $n$ = tahmin etmede kullanılan nokta sayısı,  
 $\hat{Z}(x_0)$ =Tahmin edilen noktanın gerçek değeridir.  
 $[1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i]$  değeri sıfıra eşit ya da yakın olmasında önemsiz sayılmaktadır

#### 2.2.2.4. Ordinary kriging (OK)

Ordinary kriging yöntemi simple kriging yöntemine çok benzer hesaplama yapmakla birlikte sadece OK genel eşitliğinde bulunan  $\mu$  parametresini lokal ortalama kullanırken genel eşitlikte  $\mu(x_0)$  olan değeri  $[1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i] = 0$  yerine  $\sum_{i=1}^n \lambda_i=1$  olarak değiştirmektedir (Li ve Heap, 2008).

#### 2.2.2.5. Universal kriging (UK)

Çalışma alanında ya da uzayda belirli bir yönde artan mesafeye bağlı olarak değişken değerlerinin de sürekli artması durumunda OK metodu kullanılamamaktadır. Belirli bir mesafede değişken değerlerinin sürekli artış göstermemesi durumunda kalıntı semiyovaryogramlar kullanılarak trendler giderilir ve krigleme sonucunda tahminler yapılır. Bu tür hesaplamalar Universal Krigleme (UK) olarak bilinmektedir (Christensen, 1990; Brus ve Heuvelink, 2007).

$$\hat{Z}(S) = \sum_{i=0}^m \beta_j x_j(S) + \varepsilon(S) \quad (6)$$

Burada;

$\hat{Z}(S)$ =Tahmin edilmesi hedeflenen veriler,

$S$ = İki boyutlu konumsal koordinatlar,

$x_j(S)$ =Kovaryanslar,

$\beta_j$ =Regresyon katsayısı,

$\varepsilon$ =otokorelasyon sonucu kalıntıdır.

#### 2.2.2.6. Co-kriging (COK)

Geleneksel regresyon modelleri sadece hedef noktada ikincil bir verinin olması durumunda çok başarılı tahminler yapamamaktadırlar. Fakat Cokiriging metodu 2 veya daha fazla verinin birbiri ile olan ilişkisini araştırmada verilerinde kalitesine ve sayısına bağlı olarak iyi tahminler yapmaktadır.

$$\hat{Z}_1(x_0) - \mu_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \lambda_{i1} [Z_1(x_{i1}) - \mu_1(x_{i1})] + \sum_{j=2}^{n_p} \sum_{ij=1}^{n_j} \lambda_{ij} [Z_j(x_{ij}) - \mu_j(x_{ij})]$$

Burada,  $\mu_1$  bilinen noktanın birinci değişkenin ortalaması,  $Z_1(x_{i1})$   $i_j$  noktasındaki birincil değişkenin verisi,  $\mu_1(x_{i1})$  araştırma alanındaki örneklerin

ortalaması,  $n_j$   $x_0$  noktasında tahminde kullanılan birincil parametre sayısı,  $\lambda_{i1}$  birincil değişkenin tahmin varyansını minimize etmek için seçilmiş ağırlık faktörü,  $n_p$  ikincil değişken sayısı,  $n_j$  araştırma alanındaki jinci ikincil değişkenin sayısını,  $\lambda_{ij}$  jinci ikincil değişkenin ağırlık faktörü,  $Z_j(x_{ij})$  jinci ikincil değişkenin versini,  $\mu_j(x_{ij})$  jinci ikincil değişkenin örneklerinin ortalamasını ifade etmektedir (Brus ve Heuvelink, 2007). Bu çalışmada ikincil değişken olarak arazi kotları kullanılmıştır.

#### 2.2.3. Yöntemlerin karşılaştırılması ve değerlendirme

Ölçülen değerler ve enterpolasyonlar sonucu tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçilmesinde literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir (Emadi ve Bagnernejad, 2014). Genel anlamda en yaygın kullanılan yöntemler; Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE), tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki korelasyon değerlerinin kullanıldığı yöntemlerdir.

Bu çalışmada yöntemlerin karşılaştırmalarının yapılması ve en uygun yöntemlerin seçilebilmesi için en çok kullanılan Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) yöntemi ile Ortalama Mutlak Hata (MAE) kullanılmıştır. En düşük RMSE değerini veren yöntem en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE değerlerinin eşit olması durumunda ise en küçük MAE değeri dikkate alınmıştır. RMSE ve MAE değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Ding ve ark., 2011).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Z_{i*} - Z_i)^2}{n}} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i - Z_i| \quad (\text{Eşitlik 8})$$

Eşitlikte;  $Z_i$ : tahmin edilen değer,  $Z_{i*}$  ölçülen değer ve  $n$  örnek sayısını ifade etmektedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Demir ve mangan için temel tanımlayıcı istatistikler

Çalışma alanı topraklarındaki demir ve mangan içeriklerine ait temel tanımlayıcı istatistiksel değerler Çizelge 1 de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde alandaki Mn değerlerinin 3.67 ppm ile 87.989 ppm arasında değişim gösterdiği, örneklerin çarpıklık değerlerinin 0.664 ile 1.987 arasında ve basıklık değerlerinin ise 3.335-8.875 arasında değiştiği görülmektedir. Demir içeriklerinin 0 ile 51.388 ppm arasında değiştiği, çarpıklık değerlerinin 0.895-1.714 arasında ve basıklık değerlerinin ise 4.354 ile 6.765



Çizelge 1. Sulama öncesi dönemde araştırma alanı topraklarının özelliklerine ait temel tanımlayıcı istatistikler (Nisan 2015)

Toprak özellikleri	Örnek sayısı	Derinlik (cm)	En küçük	En büyük	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı	Çarpıklık	Basıklık	Dağılım
Mn	54	0-30	9.943	70.664	32.074	10.616	33.098	0.942	4.922	log normal
	54	30-60	8.150	60.508	29.657	10.683	36.022	0.664	3.335	log normal
	54	60-90	5.462	87.989	24.229	15.364	63.412	1.825	7.352	log normal
	54	90-120	3.670	81.497	22.393	13.429	59.970	1.987	8.875	log normal
Fe	54	0-30	0.362	51.388	19.030	8.791	46.195	0.895	5.023	log normal
	54	30-60	0.362	44.468	10.938	8.369	76.513	1.714	6.765	log normal
	54	60-90	0.000	18.095	5.051	4.564	90.358	1.397	4.354	log normal
	54	90-120	0.000	16.731	3.741	3.703	98.984	1.561	5.221	log normal

Çizelge 2. Mn ve Fe için enterpolasyon yöntemlerinin çapraz doğrulama sonuçları

Enterpolasyon yöntemi	Derinlik (cm)	Mn		Fe	
		RMSE	MAE	RMSE	MAE
IDW	0-30	<b>10.098</b>	<b>7.619</b>	8.405	5.956
RBF		10.401	7.621	<b>8.402</b>	<b>5.890</b>
OK		10.705	7.872	10.405	6.602
SK		10.550	7.853	8.439	6.319
UK		10.705	7.872	10.405	6.602
COK		10.442	7.533	10.619	6.628
IDW	30-60	<b>10.668</b>	<b>8.52</b>	<b>8.371</b>	<b>5.811</b>
RBF		10.917	8.418	8.49	5.825
OK		11.291	8.79	8.695	6.169
SK		11.139	8.764	8.561	6.166
UK		11.291	8.79	8.695	6.169
COK		11.167	8.662	8.757	6.187
IDW	60-90	16.488	12.114	4.765	3.481
RBF		16.983	12.492	4.818	3.53
OK		16.260	11.935	4.592	3.528
SK		<b>15.434</b>	<b>11.206</b>	<b>4.500</b>	<b>3.449</b>
UK		16.260	11.935	4.596	3.528
COK		15.951	11.472	4.511	3.446
IDW	90-120	14.124	9.575	3.703	2.573
RBF		14.359	9.754	3.697	2.595
OK		13.531	9.497	3.539	2.605
SK		<b>12.921</b>	<b>8.794</b>	<b>3.615</b>	<b>2.603</b>
UK		13.531	9.497	3.612	2.606
COK		13.729	9.729	3.711	2.583

arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Örnekler üzerinde kolmogorov smirnov testi uygulanmış ve örneklerin normal dağılım içerisinde olmadığı ve her iki parametre ve tüm derinliklerde log normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

### 3.2 .Enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Çalışma kapsamında 6 farklı enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. En iyi yöntemin belirlenmesinde çapraz doğrulamalar yapılarak RMSE ve MAE değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2 incelendiğinde Mn değeri için 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerinde en düşük RMSE ve MAE değerlerinin IDW yönteminden elde edildiği ve bu toprak derinlikleri için en iyi yöntemin IDW olduğu görülmektedir. 60-90 cm ve 90-120 cm derinliklerde ise SK yönteminin en düşük RMSE değeri ile en doğru sonucu veren yöntem olduğu belirlenmiştir.

Demir içeriğinin alansal dağılımlarında 0-30 cm toprak derinliği için en düşük RMSE ve MAE değerinin RBF yönteminden elde edildiği, 30-60 cm toprak derinliği için ise en düşük RMSE ve MAE değerleri IDW yönteminden elde edilmiştir (Çizelge 2). 60-90 cm ve 90-120 cm toprak derinliklerinde ise en doğru sonucu

veren yöntemin SK yöntemi olduğu belirlenmiştir. Her bir özellik ve derinlik için belirlenen en uygun enterpolasyon yöntemine göre Fe ve Mn'in alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3).

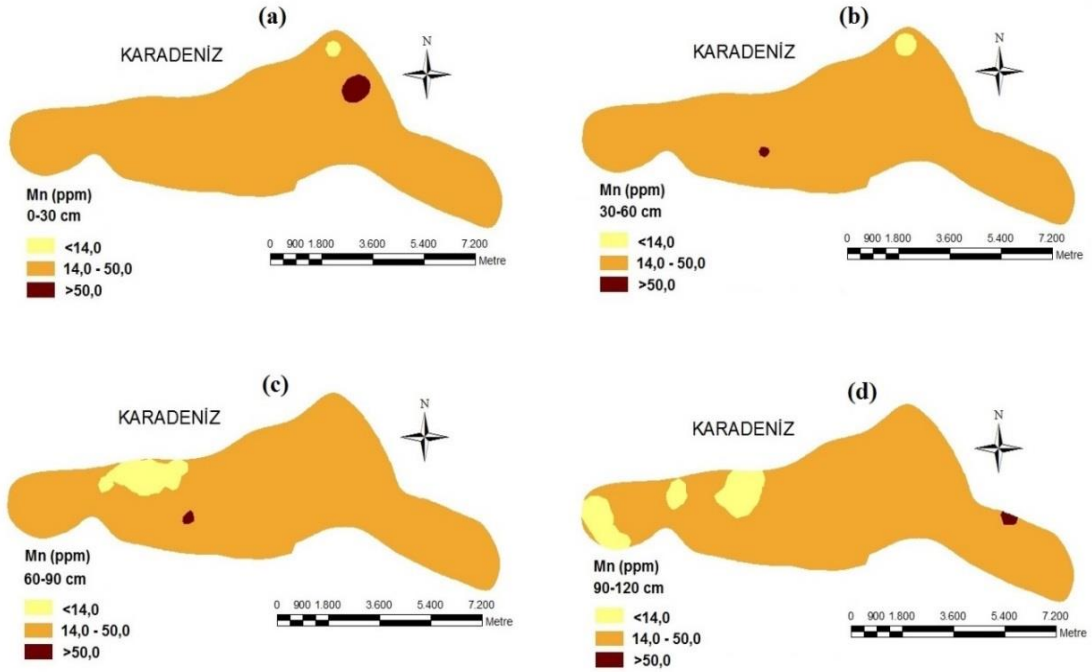
Mn ve Fe içeriklerinin alansal dağılım haritalarında 3 farklı sınıf aralığı belirlenmiştir. Topraklarda Fe içeriğinin 2.5 ppm'den az olduğu bölgeler demir içeriği bakımından az, 2.5 ile 4.5 ppm arasında olduğu bölgeler yeterli ve 4.5 ppm den büyük olduğu bölgeler ise fazla olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3).

Mn içeriği ise 14 ppm den düşük olduğu bölgelerin az, 14-50 ppm arasında olduğu bölgeler yeterli ve 50

ppm'den büyük olduğu bölgeler ise fazla olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toprakta bulunan Fe ve Mn içeriklerinin miktarına göre sınıflandırılması (Lindsay ve Norwell,1969;1978)

	Az	Yeterli	Fazla
Fe Sınıf Aralığı (ppm)	<2.5	2.5-4.5	>4.5
Mn Sınıf Aralığı (ppm)	<14	14-50	>50



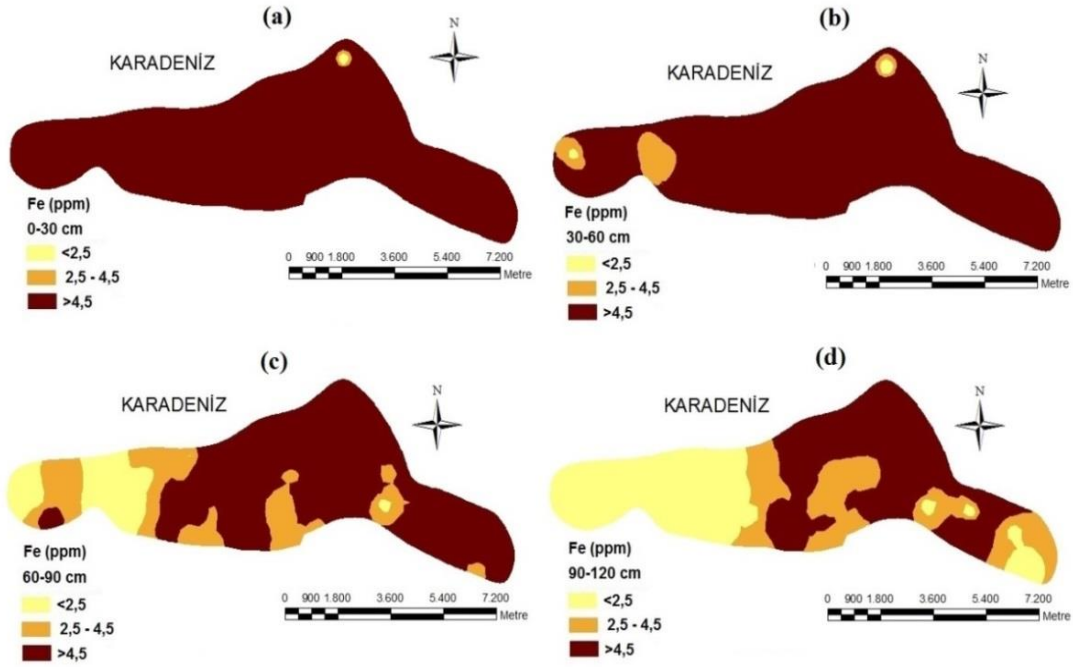
Şekil 2. Mn içeriklerinin farklı derinliklere göre alansal dağılımları a) 0-30 cm b)30-60 cm c)60-90 cm d)90-120 cm

Çizelge 4'de Fe ve Mn'a ait farklı derinlikler için elde edilen konumsal haritalardan hesaplanmış alanlar ve yüzdelik oranları görülmektedir. Demir eksikliğinin üst katmandan alt katmanlara doğru artış gösterdiği, 30 cm'lik katmanda Fe eksikliği tüm alanın % 0.07'sini oluştururken, en alt katman olan 90-120 cm de bu oranın % 34.637 çıktığı belirlenmiştir. Çalışma alanının batı kesimlerinde 60-90 cm ve 90-120 cm toprak derinliklerinde Fe eksikliğinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Fe miktarı bakımından yeterli olan sınıfın yüzde dağılımı ise üst katmandan alt katmanlara doğru sırasıyla % 0.11, % 3.144, % 20.346 ve % 22.755 olarak belirlenmiştir. Fe fazlalığı olan sınıfın katmanlara göre yüzde dağılımı ise ilk toprak katmanında % 99.820, 30-60 cm için % 96.365, 60-90 cm için % 67.160 ve son toprak katmanı için % 42.608 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4 Mangan içeriği bakımından değerlendirildiğinde 0-120 cm toprak katmanı

bakımından % 0.44 - % 8.382'sinde eksiklik belirlenmiştir. Mangan miktarları yeterli alanların yüzdelik dağılımı ise % 91.261 - % 98.928 arasında değişmiştir. Çalışma yapılan bölge topraklarının derinliklere göre % 0.186 - % 1.410'unda ise mangan miktarlarının fazlalığı görülmektedir.

Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda çalışma alanında Fe ve Mn içeriği bakımından hem yeterli hem de fazla sınıfa giren alanlar bulunmaktadır. Fe ve Mn bakımından zayıf ve yetersiz olan bölgelerde yetiştiricilik için eksik olan miktarı kadar mikro element takviyeli gübrelerle çözüm getirilebilir. Diğer yandan Fe ve Mn içerikleri açısından fazla bulunan bölgelerin ıslahı için toprakların sürülerek havalandırılmasının yanı sıra anılan toprakların pH değerleri göz önünde bulundurularak düşük pH'ya sahip yerlerin kireçleme yapılarak toprak reaksiyonlarının alkali hale getirilmesi sonucunda Fe ve Mn gibi elementlerin toksik etkisi ortadan kaldırılabilir.



Şekil 3. Fe içeriklerinin farklı derinliklere göre alansal dağılımları a) 0-30 cm b)30-60 cm c)60-90 cm d)90-120 cm

Çizelge 4. Fe ve Mn'in konumsal dağılımlarına göre alanları

	Toprak derinliği							
	0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm		90-120 cm	
Fe Sınıf								
Aralığı(ppm)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)
<2.5	35.33	0.07	247.500	0.49	6305.12	12.49	17479.33	34.64
2.5-4.5	55.51	0.11	1586.710	3.15	10267.70	20.35	11483.51	22.76
>4.5	50374.16	99.82	48630.790	96.37	33892.18	67.16	21502.16	42.61
Mn Sınıf								
Aralığı(ppm)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)	Alan (da)	(%)
<14	222.27	0.44	447.010	0.89	2607.26	5.17	4229.97	8.38
14-50	49531.26	98.15	49924.119	98.93	47723.17	94.57	46054.94	91.26
>50	711.47	1.41	93.871	0.18	134.57	0.27	180.094	0.36

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlarda 54 farklı nokta ve dört farklı derinlikten alınan toprak örneklerinde Fe ve Mn içeriklerinin konumsal dağılımını veren en uygun enterpolasyon yöntemini belirleyerek, hazırlanacak haritaların daha doğru bir şekilde olması amaçlanmıştır. Bu amaçla IDW, RBF, SK, UK, OK ve COK yöntemleri çapraz doğrulamalar yapılarak test edilmiştir. Doğrulamalarda Fe haritalarının dağılımında en düşük RMSE değerleri veren RBF, IDW ve SK yöntemleri en iyi sonuç verirken, Mn dağılımları için ise IDW ve SK yöntemleri en doğru hesaplamaları yapmıştır.

En uygun enterpolasyon yöntemi kullanılarak

hazırlanan haritalar incelendiğinde Fe içeriği bakımından eksik olan alanlar derinlikler bazında 35.325 da ile 17479.329 da arasında değişmiştir. Fe fazlalığı olan alanların ise 21502.16 da ile 50374.164 da arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Mn eksikliği görülen alanlar derinliklerde göz önüne alındığında 222.265 da ile 4229.97 da arasında dağılım göstermiştir. Mn'in fazla olduğu alanların dekar olarak dağılımı ise 93.871-711.473 aralığında değişmiştir.

Çalışmada her bir enterpolasyon yöntemine göre hesaplanan RMSE ve MAE değerleri farklı toprak özelliği ve derinlikler için değişiklikler göstermiştir. Bu nedenle farklı noktalardan ve derinliklerden toplanan verilerin konumsal dağılım özelliklerinin belirlenmesi için öncelikle en uygun enterpolasyon yönteminin

belirlenmesinin ve dağılımların bu yöntemle göre yapılmasının daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Fe ve Mn içeriği bakımından eksik olan bölgelerde yetiştirilen bitkiye göre uygun Fe ve Mn şelatlı yaprak gübresi ya da Fe ve Mn mikro element içerikli ticari gübrelerin uygulanması önerilmektedir. Fe ve Mn fazlalığında ise bu elementleri toksik etkilerini azaltmak amacı ile toprak pH'sını artıran kireç uygulaması ile fazla miktarlarda bulunan Fe ve Mn'nin alabilirliği düşürülerek bu zararlı etkisi azaltılabilir. Bu çalışmaya benzer yapılacak olan çalışmalarda demir ve mangan içeriğinin yanı sıra toprak reaksiyonu (pH) değerlerinin de birlikte değerlendirilmesi sonuçların daha iyi yorumlanması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca yetiştiricilik açısından uygun sulama ve drenaj koşullarının sağlanması, doymuş toprak şartlarının iyileştirilmesi ve kök bölgesinde havadar bir bölge oluşturulması sorunların zararlı etkisini azaltacaktır. Alansal dağılım yapılan çalışmalarında genellikle sulama açısından EC, pH, ESP gibi parametreler çalışılmaktadır, bu çalışma ile bitki yetiştiriciliği açısından gerekli olan Fe ve Mn gibi mikro elementlerin de gelecek çalışmalara eklenmesi önerilmektedir.

### Teşekkür

Bu yayında kullanılan verilerin bir kısmı TÜBİTAK tarafından desteklenen 214O706 numaralı projeden alınmıştır. Bu nedenle katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., 2013. SO<sub>2</sub> ve PM10 hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Alam, S.M., 1985. Effects of iron and manganese on the growth of rice and on the contents of these elements in rice plants. *Agronomie, EDP Sciences*, 5(6): 487-490.
- Anonim, 2017. <http://alacamposta.com/alacam.asp> [24.02.2017]
- Anonim, 2015. Samsun ili Alaçam ilçesi iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara (Samsun climatic data. State Meteorological Services (DMI): Ankara.
- Arslan, H., Cemek, B., Güler, M., Yıldırım, D., 2012. Değişebilir sodyum yüzdesinin (esp) konumsal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs, İzmir.
- Behera, S.K., Shukla, A.K., 2014. Total and extractable manganese and iron in some cultivated acid soils of India: status, distribution and relationship with some soil properties. *Pedosphere* 24(2): 196-208, ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P.
- Bennet, J.H., Edward H. L., Krizek D. T., Olsen R. A., Brown J., 1982. Photochemical reductions of iron. 11. Plant related factors. *J. Plant Nutr.*, 5: 335-344.
- Brus, D.J., Heuvelink, G.B.M., 2007. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. *Geoderma*, 138: 89-95.

- Chaudhry, F.M., Alarn, S.M., Rashid A. Latif, A., 1977. Mechanism of differential susceptibility to two rice varieties to zinc deficiency. *Plant and Soil*, 46: 865-879.
- Christensen, R., 1990. *Linear Models for Multivariate, Time, and Spatial Data*. Springer, New York.
- Datin C. L., Westerman R. L., 1982. Effect of phosphorus and iron on grain sorghum. *J. Plant Nutr.*, 5, 703-714.
- Ding, Y., 2011. Research on the spatial interpolation methods of soil moisture based on GIS, International Conference on Information Science and Technology, 709-711, China.
- Doğru, A. Ö., Keskin, M., Özdoğu, K., İliev, N., Uluğtekin, N.N., Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç. ve Sözen, S., 2011. Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi ve Sunulması için Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Antalya.
- Emadi, M., Baghernejad, M., 2014. Comparison of spatial interpolation techniques for mapping soil pH and salinity in agricultural coastal areas, northern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(9): 1315-1327.
- Ganwar, M. S., Mann. S., 1972. Zinc nutrition of rice in relation to iron and manganese uptake under different water regimes. *Indian J. Agric. Sci.* 42: 1052-1035.
- Heuvelink, G.B.M., 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. Lisbon, Portugal: 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III, toprak analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Karim A. Q. M. B, Mohsin M., 1964. Relationship between Fe-Mn in rice nutrition. *Pak. J. Soil Sci.*, 1:49-58.
- Li, J., Heap, A., D., 2008. A Review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Geoscience Australia, Record 2008/23*, 137 pp.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1969. Development of a DTPA micronutrient soil test. *Agronomy Abstracts* 69: 87.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A. (1978) Development of DTPA of soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Journal of American Soil Science*, 42: 421-428.
- Luo, H., He, X., 2011. An improved inverse distance weighted interpolation method for in SAR tropospheric delay error corrections, International Conference on Information Science and Technology, 480-482.
- Mair, A., Fares, A., 2011. Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island, *Journal of Hydrologic Engineering*, 371 - 383.
- Mulla, D.J., McBratney, A. B., 2000. "Soil spatial variability" A321-A352, In: *Handbook of Soil Science*, Malcolm E. Sumner (Ed. In Chief) CRC Press.
- Nayanaka, V. G. D., Vitharana, W. A. U., Mapa, R. B., 2010. Geostatistical analysis of soil properties to support spatial sampling in a paddy growing alfisol. *Tropical Agricultural Research*, 22(1): 34 - 44.
- Shao-ging, W., En-ping, L., Hujian, Z., Wei, Wu., 2011. Comparison of spatial interpolation methods for soil available P in a hilly area, International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring.
- Shepard, D., 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. pp. 517-524.

- Temizel, K. E., 2016. Mapping of some soil properties due to precision irrigation in agriculture. *Agronomy Research*, 14(3): 959–966.
- Temizel, K. E., Koç, Y., 2015. Coğrafi bilgi sisteminin hassas tarımda uygulanmasının yararları: Gübreleme örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30: 130-135.
- Terry N., 1980. Limiting factors in photosynthesis. 1. Use of iron stress to control photochemical capacity in vivo. *Plant Physiol.*, 65: 114-120.
- Tisdale S. L., Nelson W. L., 1975. *Soil fertility and fertilizers*. Mac-Millan publ. Co. Inc., New York, 95 p.
- Wang, S., Huang, G.H., Lin, Q.G., Li, Z., Zhangand, H.,Fan Y. R., 2014. Comparison of interpolation methods for estimating spatial distribution of precipitation in Ontario, Canada, *Int. J. Climatol.*, 34: 3745–3751.
- Wright, G., 2003. *Radial Basis Function Interpolation: Numerical and Analytical Developments*. Ph. D. thesis, University of Colorado, Boulder.
- Xie,Y., Chen,T., Lei, M., Yang, J., 2011. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis, *Chemosphere* 82: 468-476.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.289439



## Karacadağ'ın farklı yükseltilerindeki meraların durumu ve ot kalitesinin belirlenmesi

Ali Aydın<sup>a\*</sup>, Mehmet Başbağ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye.

<sup>b</sup>Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye.

\* Sorumlu yazar/corresponding author: ali.aydin@erdogan.edu.tr

Geliş/Received 13/03/2016

Kabul/Accepted 31/10/2016

### ÖZET

Bu araştırma; Diyarbakır-Şanlıurfa illeri arasındaki Karacadağ'ın sekiz farklı yükseltisinde yer alan meraların kalite derecesi ve ot kalitesini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sonucunda meraların ortalama kalite derecesi 1. yıl 2.19, 2. yıl 4.53 ve iki yılın ortalaması ise 3.36 olarak bulunmuştur. Çalışmanın ilk yılı 1013 m, 1618 m ve 1887 m yüksekliğindeki meralar "çok zayıf", diğer meraların durumu ise "zayıf"; ikinci yıl ise 1013 m, 1099 m, 1169 m ve 1282 m yüksekliğindeki meraların durumu "orta", 1462 m yüksekliğindeki meranın durumu "iyi", 1510 m, 1618 m ve 1887 m meraların durumu ise "zayıf" olduğu tespit edilmiştir. Çalışılan tüm mera kesimlerinin ortalama kuru ottaki ham protein oranları (HPO) %19.19, asit deterjan lif (ADF) oranı %29.78, nötr deterjan lif (NDF) oranı %47.76, sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı %65.70, kuru maddenin tüketimi (KMT) oranı %2.67, nispi yem değeri (NYD) değeri 137.7, fosfor (P) oranı %0.34, potasyum (K) oranı %2.42, kalsiyum (Ca) oranı %1.09 ve magnezyum (Mg) oranı %0.31 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Karacadağ

Yükselti

Mera

Ot kalitesi

### Determination of forageyield and conditions of rangelands at different altitudes of Karacadağ

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the quality degree of rangeland and hay quality of ranges found at at eight different altitudes of Karacadağ which is located between Diyarbakır-Sanlıurfa. The mean quality degrees of the rangelands for first and second years were found to be 2.19 and 4.53 respectively and mean of these years' quality degree was 3.36. In the first year of the study, quality of rangelands located at 1013, 1099 and 1887 m altitudes was determined to be "very poor" and others were determined to be "poor", in the second year, rangelands with altitudes 1013, 1099, 1169 and 1282m were in "moderate" condition, on the other hand the rangelands with altitudes 1510, 1610 and 1887 were in "poor" condition. According to results of the study, for all ranges, following mean ratios were obtained; crude protein ( CP)19.19%, acid detergent fiber (ADF): 29.78%, neutral detergent fiber (NDF): 47.76%, digestible dry matter (DDM): 65.70%, dry matter intake (DMI): 2.67%, relative feed value (RFV): 137.7, phosphorus (P) : 0.34% potassium (K): 2.42%, calcium ratio (Ca): 1.09% and magnesium (Mg) : 0.31%.

Keywords:

Karacadağ

Altitude

Rangeland

Hay quality

© OMU ANAJAS 2017

## 1. GİRİŞ

Çok sayıda türden meydana gelen doğal çayır ve meralar, zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Her bir türün ihtiva ettiği besin maddesi kompozisyonu havyan beslenmesi açısından önemlidir. Vejetasyonda meydana gelebilecek bozulma sonucuna bağlı olarak iklimin türlerin vejetasyondan çekilmeye başlamasıyla istilacı türlerin ortaya çıkması istenmeyen bir durumdur. Mera arazilerinde yapılabilecek en önemli çalışma, bitki örtüsünün istenilen ölçüde ıslah edilerek hem mera

toprağının muhafazası hem de meradan elde edilecek ot veriminin artırılması şeklinde olabilir. Meraların bulunduğu yüksekli ve yöneyin vejetasyon üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Yapılan birçok çalışmada yükseltinin artması ile bitki ile kaplı alan oranında ve bitki kompozisyonlarında değişmelerin meydana geldiği bildirilmektedir. Bu çalışmalardan bazıları; Erkun (1971), Hakkari ve Van illerinde 1900, 2200 ve 2500 m yüksekliklerdeki meralarda yürüttüğü bir çalışmada, yüksekliğin artmasına bağlı olarak bitki ile kaplı alan oranının da yükseldiğini bildirmiştir.

Erkun (1972), Ankara ili, Bala ilçesi köy meraları üzerine yaptığı bir çalışmada; meralarda kaplama alanı açısından en yüksek değere sahip yöneylerin sırasıyla taban ve kuzey olduğunu, en düşük kaplama değerinin ise güney yöneyinde olduğunu tespit etmiştir. Gökkuş ve ark. (1993), yükseklik, eğim ve yöneyin mera vejetasyonlarına etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada, yükseklik arttıkça verimin azaldığını saptamışlardır. Koç (1995), eğim, yöney ve rakım ile toprak nem ve sıcaklığının mera bitki örtüsünün bazı özelliklerine etkileri üzerine yapmış olduğu çalışmada, bitki örtüsünün toprağı kaplama oranının en az % 22.0 ile güney sırta, en fazla % 42.5 ile tabanda saptandığını, mera kesimlerine göre bitki örtülerinin benzerlik endekslerinin % 5.8 ile % 81.1 arasında değiştiğini, en düşük benzerliğin taban ile diğer kesimler arasında, en yüksek benzerliğin batı ile güney yöneylerinde olduğunu belirtmiştir. Erkovan (2000), bitkilerin toprağı kaplama oranının köyden uzaklığa, rakıma ve kullanım derecesine göre değiştiğini, yayla alanında toprağı kaplama oranının (% 39.44), köye yakın olan diğer iki

kesimden daha yüksek (% 33.42- % 28,72) olduğunu belirtmiştir. Çaçan ve Başbağ (2016), farklı yükselti ve yöneylerin mera vejetasyonu üzerine etkisini inceledikleri çalışmanın sonucunda, yükselti arttıkça bitki ile kaplı alan oranının azaldığını, en zengin yöneyin kuzey olduğunu ve bu durumun buğdaygil ve baklagil varlığı açısından benzer sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Karacadağ'ın farklı yükseltilerindeki meraların kalite derecesi ve ot kalitesi üzerine yükseltinin etkisini belirlemektir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma ile ilgili arazi çalışması 2012 ve 2013 yıllarının mayıs ayında (15-30 mayıs), bitkilerin çiçeklenme döneminde, Diyarbakır'a yaklaşık 40 km uzaklıktaki Karacadağ meralarında yürütülmüştür. Çalışma alanını ait bazı coğrafik veriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Üzerinde çalışılan mera kesimlerine ait yöney, yükseklik, eğim, alan, enlem ve boylam değerleri

Yükseltiler	Ort. Yükseklik (m)	Yöney	Eğim (%)	Enlem (°K)	Boylam (°D)
1. Yükselti	1013	Güney	7	37°53'02.8"	039°47'39.2"
2. Yükselti	1099	Güney Batı	8	37°46'42.4"	039°38'28.9"
3. Yükselti	1169	Kuzey	5	37°45'25.4"	039°41'57.5"
4. Yükselti	1282	Batı	13	37°49'30.8"	039°46'32.2"
5. Yükselti	1462	Güney Batı	8	37°46'27.9"	039°47'10.2"
6. Yükselti	1510	Kuzey Batı	16	37°46'11.0"	039°47'25.4"
7. Yükselti	1618	Güney Batı	7	37°46'13.6"	039°49'00.1"
8. Yükselti	1887	Batı	20	37°42'22.5"	039°49'39.0"

Çalışmanın yürütüldüğü alanın her iki yıl mayıs ayına ait sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalama (19.2°C) değerlerine yakın ölçülmüştür. Vejetasyonun canlanmaya başladığı ilkbahar döneminde çalışmanın ilk yılı 111.2 mm toplam yağış, ikinci yılı ise 157.2 mm toplam yağış gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ilkbahar dönemi toplam yağış miktarı ise 177 mm'dir (Anonim, 2014). Araştırma konusu mera alanlarında şeritmetre ile çekilen her 50 m lik hat için 0-30 cm derinlikten bir örnek olmak üzere her mera kesimi için sekiz örnek alınıp karıştırılarak her lokasyon için bir çalışma örneği elde edilmiştir. Bu şekilde toplamda 8 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin analizi, Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait Toprak-Bitki Analiz Laboratuvarı'nda analiz ettirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel olarak toprakların tuzsuz (<2 dS m<sup>-1</sup>), pH değeri nötr (6.92), kireç içeriklerinin ortalama %3.73 (kireçli), organik madde içeriklerinin az seviyede (%1.79), azot (N) içeriği ortalama 1.06 g kg<sup>-1</sup> (yeterli), fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) miktarı ortalama 5.0 g da<sup>-1</sup> (az), potasyum (K<sub>2</sub>O) miktarı

ortalama 67 kg da<sup>-1</sup> (yeterli) olarak bulunmuştur. Tespit edilen mera kesimlerinin vejetasyon ölçümü "Nokta (Nokta Çerçeve) Yöntemi" ne göre yapılmıştır. Toplam 8 adet mera kesiminde ölçüm yapmak için 50 m uzunluğunda şeritmetre kullanılmış, şeritmetrenin her 5 metresinde bir olmak üzere nokta çerçeve aleti yerleştirilerek her hat için 10 adet durakta tespit yapılmıştır. Bu şekilde 50 m hat boyunca toplam 10 adet durakta ve her durakta da 10 adet gözlem tekrar edilmiş toplamda 6400 noktada tespit yapılmıştır.

Çalışma esnasında karşılaşılan bitki türlerinden örnekler alınarak herbaryumları yapılmıştır. Herbaryum örneklerinin teşhisi Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde yaptırılmıştır.

### 2.1. Kalite Derecesine Göre Mera Durumu

İncelenen meraların durumlarının saptanmasında; De Vries ve ark. (1951) tarafından ortaya konan "Kalite Derecesine Göre Mera Durumunun Sınıflandırılması" metodu kullanılmış, her bir merada rastlanan bitki türlerinin botanik kompozisyondaki oranları ve kalite puanları kullanılarak Gökkuş ve ark. (2000) tarafından açıklanan formül yardımıyla mera kalite derecesi

hesaplanmış ve her bir mera için hesaplanan mera kalite derecesi değeri dikkate alınarak, yine aynı yazarlar tarafından verilen mera durum skalası tablosundan söz konusu meranın durumu belirlenmiştir. Meralarda rastlanan bitki türlerinin kalite puanlarının saptanmasında; Bakır (1987) ve Gökkuş ve ark. (2000) tarafından verilen kalite puanı listeleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, söz konusu listelerde bulunmayan bitki türlerinin kalite puanlarının saptanmasında türün verimliliği, otlamaya elverişliliği, lezzetliliği gibi özellikleri dikkate alınmıştır. Mera durumunu gösteren skala Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Mera kalite derecesi ve MKD’ne göre meraların durumu

MKD: (ΣR×KP)/100	
MKD	Mera Durumu
0-2	Çok Zayıf
2-4	Zayıf
4-6	Orta
6-8	İyi
8-10	Çok İyi

MKD: Mera kalite derecesi; R: Türün botanik kompozisyondaki oranı; KP: Kalite puanı

## 2.2. Kalite Değerleri

Kalite değerlerine ait analizler Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Kimyasal Analiz Laboratuvarında, NIRS (Near Infrared Spectroscopy - Foss Model 6500) analiz cihazı ile yapılmıştır. Yapılan analizde kuru otta HPO (%), ADF (%), NDF (%), Ca, P, Mg ve K değerleri ölçülmüştür. Tespit edilen ADF ve NDF yardımıyla SKM, KMT ve NYD Morrison (2003) belirttiği formül kullanılarak bulunmuştur (SKM= 88.9 – (0.779x% ADF; KMT= 120/ %NDF; NYD= (SKM×KMT)/1.29).

## 2.3. İstatistik Model ve Değerlendirme Yöntem

Araştırma sonucunda elde edilen sonuçlara MSTAT-C istatistik paket programı yardımıyla zamanda bölünmüş parseller deneme desenine göre analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 3.1. Kalite Derecesine Göre Mera Durumu

Çalışmanın yürütüldüğü her iki yılın botanik kompozisyon değerlerinden yararlanılarak elde edilen mera kalite dereceleri Çizelge 3’te verilmiştir. Meraların kalite dereceleri 1.53-6.16 arasında değişirken, çalışmanın ilk yılı meraların ortalama kalite derecesi 2.19, ikinci yıl 4.53 ve her iki yılın ortalaması 3.36 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4). Araştırmanın her iki yılı karşılaştırıldığında, 1013 m yükseltideki mera ilk yıl çok zayıf bir durum gösterirken, ikinci yıl orta derecede bir durum göstermiştir. Ayrıca ilk yıl 1099 m, 1169 m, 1282 m ve 1462 m yükseltilerindeki meralar zayıf durum sergilerken, ikinci yıl bu meralar orta derecede özellik göstermişlerdir. Çalışmanın yürütüldüğü ilk yıl vejetasyon döneminde düşen yağış miktarının uzun yıllar ortalamasının çok altında olması, vejetasyon üzerinde hayvan baskısının artmasına ve bu sebeple meraların kalite değerlerinin düşük olmasına neden olduğu söylenebilir. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda, Türk ve ark. (2003) 4.78-5.72, Bakoğlu (2004) 3.97, Babalık (2008) 3.05, Palta (2008) 4.30 ve Şen (2012) 4.6 olarak elde etmişlerdir.

Çizelge 3. Çalışmanın yürütüldüğü meralarda tespit edilen taksonlar, bitkilerin değer sayıları (DS), bitki ile kaplı alanda botanik kompozisyon oranları (BK) ve mera kalite derece değerleri (MKD)

2012				2013			
1013 m (1. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1013 m (1. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Aegilops sp.</i>	3	3.38	0.101	<i>Aegilops speltoides</i> var. <i>speltoides</i>	3	1.47	0.044
<i>Alopecurus sp.</i>	2	0.81	0.016	<i>Alyssum alyssoides</i>	1	0.52	0.005
<i>Anthemis sp.</i>	2	0.64	0.013	<i>Avena sp.</i>	3	0.26	0.008
<i>Bromus scoparius</i>	3	0.81	0.024	<i>Bromus scoparius</i>	3	2.94	0.088
<i>Bromus sp.</i>	1	15.46	0.155	<i>Bromus squarrosus</i>	3	0.95	0.029
<i>Bromus tectorum</i>	1	0.64	0.006	<i>Bromus sterilis</i>	3	0.52	0.016
<i>Centaurea iberica</i>	1	0.81	0.008	<i>Bromus tectorum</i>	1	1.64	0.016
<i>Cornucopiae cucullatum</i>	3	1.61	0.048	<i>Cornucopiae cucullatum</i>	3	11.16	0.335
<i>Crepis sancta</i>	3	0.16	0.005	<i>Crepis sancta</i>	3	1.04	0.031
<i>Dianthus sp.</i>	2	0.64	0.013	<i>Echinops pungens</i>	0	0.87	0.000
<i>Echinaria capitata</i>	3	0.16	0.005	<i>Gundelia tournefortii</i>	0	0.78	0.000
<i>Echinops sp.</i>	0	0.97	0.000	<i>Hordeum bulbosum</i>	6	1.21	0.073
<i>Eryngium glomeratum</i>	1	0.97	0.010	<i>Hordeum sp.</i>	3	7.09	0.213
<i>Eryngium sp.</i>	1	1.45	0.015	<i>Lathyrus sp.</i>	5	0.09	0.005
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	0.64	0.038	<i>Lolium sp.</i>	7	0.43	0.030
<i>Marrubium vulgare</i>	1	0.81	0.008	<i>Phlomis kurdica</i>	1	0.69	0.007



Çizelge 3 (Devamı). Çalışmanın yürütüldüğü meralarda tespit edilen taksonlar, bitkilerin değer sayıları (DS), bitki ile kaplı alanda botanik kompozisyon oranları (BK) ve mera kalite derece değerleri (MKD)

2012				2013			
1013 m (1. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1013 m (1. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Medicago shepardii</i>	5	0.81	0.041	<i>Poa bulbosa</i>	4	9.69	0.388
<i>Poa bulbosa</i>	4	1.29	0.052	<i>Torilis</i> sp.	1	0.78	0.008
<i>Ranunculus arvensis</i>	1	0.32	0.003	<i>Trifolium arvense</i>	4	3.55	0.142
<i>Rhagadiolus angulosus</i>	1	4.83	0.048	<i>Trifolium bullatum</i>	6	6.66	0.400
<i>Rhagadiolus stellatus</i>	1	0.64	0.006	<i>Trifolium campestre</i>	6	0.35	0.021
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	2	60.06	1.201	<i>Trifolium nigrescens</i>	7	40.92	2.864
<i>Torilis leptocarpa</i>	1	1.13	0.011	<i>Trifolium resupinatum</i>	7	6.49	0.454
<i>Tragopogon</i> sp.	2	0.32	0.006			Σ	5.175
<i>Trifolium haussknechtii</i>	6	0.64	0.038				
		Σ	1.873				
1099 m (2. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1099 m (2. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Aegilops</i> sp.	3	20.15	0.605	<i>Alyssum alyssoides</i>	1	0.96	0.010
<i>Alopecurus</i> sp.	2	0.15	0.003	<i>Anthemis bourgaei</i>	2	0.96	0.019
<i>Bromus scoparius</i>	3	1.52	0.046	<i>Bromus rubens</i>	3	1.45	0.044
<i>Bromus</i> sp.	1	1.97	0.020	<i>Bromus squarrosus</i>	3	4.66	0.140
<i>Centaurea iberica</i>	1	0.76	0.008	<i>Bromus tectorum</i>	1	1.29	0.013
<i>Dianthus</i> sp.	2	0.45	0.009	<i>Callipeltis cucullaria</i>	1	0.16	0.002
<i>Echinaria capitata</i>	3	0.61	0.018	<i>Dianthus</i> sp.	2	0.96	0.019
<i>Echinops</i> sp.	0	5.76	0.000	<i>Echinaria capitata</i>	3	0.16	0.005
<i>Eryngium</i> sp.	1	0.15	0.002	<i>Eryngium campestre</i>	1	1.13	0.011
<i>Festuca</i> sp.	5	0.76	0.038	<i>Gundelia tournefortii</i>	0	0.32	0.000
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	0.15	0.009	<i>Hordeum bulbosum</i>	6	16.72	1.003
<i>Hordeum murinum</i>	2	63.94	1.279	<i>Hordeum murinum</i>	2	0.64	0.013
<i>Marrubium vulgare</i>	1	0.3	0.003	<i>Hordeum</i> sp.	3	0.32	0.010
<i>Melica</i> sp.	3	0.15	0.005	<i>Lathyrus inconspicuus</i>	5	3.05	0.153
<i>Ononis spinosa</i> ssp. <i>leiosperma</i>	1	0.15	0.002	<i>Medicago rigidula</i>	5	0.64	0.032
<i>Poa bulbosa</i>	4	1.52	0.061	<i>Minuartia formosa</i>	1	2.73	0.027
<i>Rhagadiolus angulosus</i>	1	0.91	0.009	<i>Ononis spinosa</i>	1	0.48	0.005
<i>Sonchus asper</i>	1	0.61	0.006	<i>Poa bulbosa</i>	4	25.72	1.029
		Σ	2.120	<i>Torilis</i> sp.	1	1.45	0.015
				<i>Trifolium arvense</i>	4	9.32	0.373
				<i>Trifolium bullatum</i>	6	4.02	0.241
				<i>Trifolium campestre</i>	6	1.93	0.116
				<i>Trifolium nigrescens</i>	7	19.45	1.362
				<i>Trifolium spumosum</i>	6	0.64	0.038
				<i>Trifolium striatum</i>	6	0.8	0.048
						Σ	4.725
1169 m (3. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1169 m (3. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Aegilops</i> sp.	3	44.37	1.331	<i>Bromus tectorum</i>	1	3.55	0.036
<i>Alopecurus</i> sp.	2	0.42	0.008	<i>Centaurea iberica</i>	1	0.35	0.004
<i>Bromus scoparius</i>	3	1.06	0.032	<i>Cornucopiae cucullatum</i>	3	15.96	0.479
<i>Bromus</i> sp.	1	0.21	0.002	<i>Echinaria capitata</i>	3	0.35	0.011
<i>Centaurea iberica</i>	1	3.18	0.032	<i>Erophila verna</i>	1	2.3	0.023
<i>Crepis sancta</i>	3	1.49	0.045	<i>Erysimum repandum</i>	1	0.18	0.002
<i>Dianthus</i> sp.	2	4.03	0.081	<i>Hordeum bulbosum</i>	6	0.18	0.011
<i>Echinaria capitata</i>	3	9.98	0.299	<i>Poa bulbosa</i>	4	24.29	0.972
<i>Echinops</i> sp.	0	3.61	0.000	<i>Rhagadiolus stellatus</i>	1	0.18	0.002
<i>Eryngium glomeratum</i>	1	1.27	0.013	<i>Sedum caespitosum</i>	1	0.18	0.002
<i>Eryngium</i> sp.	1	5.1	0.051	<i>Torilis</i> sp.	1	7.62	0.076
<i>Euphorbia</i> sp.	0	1.27	0.000	<i>Trifolium arvense</i>	4	1.06	0.042
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	1.06	0.064	<i>Trifolium bullatum</i>	6	2.3	0.138
<i>Hordeum murinum</i>	2	2.12	0.042	<i>Trifolium campestre</i>	6	0.89	0.053
<i>Poa bulbosa</i>	4	3.4	0.136	<i>Trifolium nigrescens</i>	7	33.69	2.358
<i>Poa pratensis</i>	6	1.91	0.115	<i>Trifolium resupinatum</i>	7	6.91	0.484
<i>Rhagadiolus angulosus</i>	1	15.29	0.153			Σ	4.691
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	2	0.21	0.004				
		Σ	2.407				
1282 m (4. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1282 m (4. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Aegilops</i> sp.	3	2.74	0.082	<i>Achillea aleppica</i>	3	0.48	0.014
<i>Alopecurus</i> sp.	2	0.42	0.008	<i>Aegilops neglecta</i>	3	0.16	0.005
<i>Bromus scoparius</i>	3	7.38	0.221	<i>Alyssum alyssoides</i>	1	0.95	0.010
<i>Bromus</i> sp.	1	0.84	0.008	<i>Bromus squarrosus</i>	3	0.64	0.019
<i>Bromus tectorum</i>	1	0.21	0.002	<i>Bromus tectorum</i>	1	6.04	0.060
<i>Centaurea iberica</i>	1	0.21	0.002	<i>Cornucopiae cucullatum</i>	3	5.09	0.153
<i>Centaurea</i> sp.	1	0.21	0.002	<i>Echinops pungens</i> Trautv. var. <i>pungens</i>	0	1.43	0.000
				<i>Hordeum bulbosum</i>	6	3.18	0.191

Çizelge 3 (Devamı). Çalışmanın yürütüldüğü meralarda tespit edilen taksonlar, bitkilerin değer sayıları (DS), bitki ile kaplı alanda botanik kompozisyon oranları (BK) ve mera kalite derece değerleri (MKD)

2012				2013			
1169 m (3. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1169 m (3. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Echinops</i> sp.	0	0.42	0.000	<i>Hordeum</i> sp.	3	0.48	0.014
<i>Eryngium glomeratum</i>	1	2.74	0.027	<i>Lathyrus inconspicuus</i>	5	0.16	0.008
<i>Eryngium</i> sp.	1	2.74	0.027	<i>Lepidium sativum</i>	1	0.16	0.002
<i>Grammosciadium macrodon</i>	1	1.27	0.013	<i>Poa bulbosa</i>	4	11.29	0.452
<i>Heteranthelium piliferum</i> L.	3	2.32	0.070	<i>Rhagadiolus stellatus</i>	1	0.32	0.003
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	1.9	0.114	<i>Sonchus</i> sp.-1	1	0.48	0.005
<i>Hordeum murinum</i>	2	47.47	0.949	<i>Torilis</i> sp.	1	0.32	0.003
<i>Marrubium vulgare</i>	1	1.69	0.017	<i>Trifolium arvense</i>	4	0.16	0.006
<i>Phalaris paradoxa</i>	6	1.05	0.063	<i>Trifolium bullatum</i>	6	0.79	0.047
<i>Poa bulbosa</i>	4	0.63	0.025	<i>Trifolium campestre</i>	6	0.32	0.019
<i>Sonchus asper</i>	1	0.84	0.008	<i>Trifolium nigrescens</i>	7	67.57	4.730
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	2	22.57	0.451			∑	<b>5.742</b>
<i>Torilis leptocarpa</i>	1	1.69	0.017				
		∑	<b>2.128</b>				
1462 m (5. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1462 m (5. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Aegilops</i> sp.	3	2.14	0.064	<i>Aegilops speltoides</i> var. <i>speltoides</i>	3	0.13	0.004
<i>Alcea</i> sp.	1	1.07	0.011	<i>Bromus rubens</i>	3	1.40	0.042
<i>Alopecurus</i> sp.	2	3.64	0.073	<i>Bromus squarrosus</i>	3	1.02	0.031
<i>Alyssum alyssoides</i>	1	0.21	0.002	<i>Bromus sterilis</i>	3	0.13	0.004
<i>Bromus scoparius</i>	3	11.13	0.334	<i>Eryngium campestre</i>	1	0.51	0.005
<i>Bromus</i> sp.	1	0.64	0.006	<i>Gundelia tournefortii</i>	0	0.51	0.000
<i>Bromus tectorum</i>	1	13.7	0.137	<i>Hordeum bulbosum</i>	6	7.54	0.452
<i>Crepis sancta</i>	3	1.28	0.038	<i>Poa bulbosa</i>	4	1.79	0.072
<i>Dianthus</i> sp.	2	0.21	0.004	<i>Sonchus</i> sp.-1	1	0.13	0.001
<i>Drabopsis verna</i>	2	7.92	0.158	<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	2	9.58	0.192
<i>Echinops</i> sp.	0	0.86	0.000	<i>Trifolium bullatum</i>	6	4.34	0.260
<i>Eryngium</i> sp.	1	2.57	0.026	<i>Trifolium campestre</i>	6	0.64	0.038
<i>Geranium tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i>	2	0.86	0.017	<i>Trifolium nigrescens</i>	7	72.16	5.051
<i>Grammosciadium macrodon</i>	1	0.64	0.006	<i>Trifolium pauciflorum</i>	6	0.13	0.008
<i>Heteranthelium piliferum</i> L.	3	6.42	0.193			∑	<b>6.160</b>
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	16.92	1.015				
<i>Hordeum</i> sp.	3	0.43	0.013				
<i>Lamium macradon</i>	1	0.64	0.006				
<i>Lathyrus inconspicuus</i>	5	0.43	0.022				
<i>Marrubium vulgare</i>	1	0.86	0.009				
<i>Ononis spinosa</i> ssp. <i>leiosperma</i>	1	1.93	0.019				
<i>Poa bulbosa</i>	4	4.07	0.163				
<i>Sonchus asper</i>	1	5.35	0.054				
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	2	15.42	0.308				
<i>Veronica</i> sp.	2	0.64	0.013				
		∑	<b>2.691</b>				
1510 m (6. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1510 m (6. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Alyssum alyssoides</i>	1	3.43	0.034	<i>Alyssum alyssoides</i>	1	7.18	0.072
<i>Astragalus plumosus</i> var. <i>akardaghicus</i>	2	0.21	0.004	<i>Astragalus gummifer</i>	2	3.21	0.064
<i>Bombycilaena erecta</i>	1	1.07	0.011	<i>Bromus scoparius</i>	3	2.46	0.074
<i>Bromus scoparius</i>	3	2.36	0.071	<i>Bromus sterilis</i>	3	0.19	0.006
<i>Bromus</i> sp.	1	0.43	0.004	<i>Bromus tectorum</i>	1	10.21	0.102
<i>Bromus tectorum</i>	1	3.00	0.030	<i>Cornucopiae cucullatum</i>	3	1.89	0.057
<i>Drabopsis verna</i>	2	0.64	0.013	<i>Crepis sancta</i>	3	0.19	0.006
<i>Eryngium glomeratum</i>	1	2.58	0.026	<i>Echinaria capitata</i>	3	1.13	0.034
<i>Erysimum repandum</i>	1	0.64	0.006	<i>Eryngium campestre</i>	1	0.95	0.010
<i>Euphorbia</i> sp.	0	0.43	0.000	<i>Gundelia</i> sp.	0	2.27	0.000
<i>Festuca</i> sp.	5	1.07	0.054	<i>Hordeum bulbosum</i>	6	4.35	0.261
<i>Geranium tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i>	2	0.21	0.004	<i>Hordeum</i> sp.	3	2.46	0.074
<i>Heteranthelium piliferum</i> L.	3	33.48	1.004	<i>Lathyrus inconspicuus</i>	5	3.02	0.151
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	1.07	0.064	<i>Phlomis kurdica</i>	1	0.38	0.004
<i>Hordeum</i> sp.	3	40.13	1.204	<i>Poa bulbosa</i>	4	32.51	1.300
<i>Lamium macrodon</i>	1	0.43	0.004	<i>Poa</i> sp.	3	0.19	0.006
<i>Lolium</i> sp.	7	0.64	0.045	<i>Rhagadiolus stellatus</i>	1	0.95	0.010
<i>Marrubium vulgare</i>	1	1.50	0.015	<i>Sagina apetala</i>	1	0.38	0.004
<i>Ononis spinosa</i> ssp. <i>leiosperma</i>	1	1.50	0.015	<i>Torilis</i> sp.	1	0.95	0.010
<i>Poa bulbosa</i>	4	4.08	0.163	<i>Trifolium arvense</i>	4	0.38	0.015
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	2	0.64	0.013	<i>Trifolium bullatum</i>	6	1.51	0.091
<i>Ziziphora capitata</i>	2	0.43	0.009	<i>Trifolium campestre</i>	6	0.57	0.034
		∑	<b>2.793</b>	<i>Trifolium haussknechtii</i>	6	0.19	0.011
				<i>Trifolium hirtum</i>	6	2.08	0.125

Çizelge 3 (Devamı). Çalışmanın yürütüldüğü meralarda tespit edilen taksonlar, bitkilerin değer sayıları (DS), bitki ile kaplı alanda botanik kompozisyon oranları (BK) ve mera kalite derece değerleri (MKD)

2012				2012			
1510 m (6. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1510 m (6. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
				<i>Trifolium nigrescens</i>	7	20.23	1.416
				<i>Ziziphora capitata</i>	2	0.19	0.004
				Σ			<b>3.938</b>
1618 m (7. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1618 m (7. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Alyssum alyssoides</i>	1	4.40	0.044	<i>Alyssum alyssoides</i>	1	0.61	0.006
<i>Astragalus gummifer</i>	2	1.47	0.029	<i>Bromus rubens</i>	3	4.70	0.141
<i>Bombacillaena erecta</i>	1	6.23	0.062	<i>Bromus sp.</i>	1	0.15	0.002
<i>Bromus scoparius</i>	3	11.72	0.352	<i>Bromus tectorum</i>	1	45.52	0.455
<i>Bromus sp.</i>	1	10.62	0.106	<i>Centaurea iberica</i>	1	0.30	0.003
<i>Bromus tectorum</i>	1	14.84	0.148	<i>Crepis sancta</i>	3	0.30	0.009
<i>Buglossoides arvensis</i>	1	0.18	0.002	<i>Echinaria capitata</i>	3	2.88	0.086
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	1	0.37	0.004	<i>Hordeum bulbosum</i>	6	0.30	0.018
<i>Crepis sancta</i>	3	0.92	0.028	<i>Hordeum murinum</i>	2	0.30	0.006
<i>Drabopsis verna</i>	2	0.37	0.007	<i>Lathyrus inconspicuus</i>	5	11.23	0.562
<i>Erophila verna</i>	1	0.37	0.004	<i>Medicago rigidula</i>	5	0.15	0.008
<i>Euphorbia sp.</i>	0	0.37	0.000	<i>Ononis spinosa</i>	1	0.61	0.006
<i>Heteranthelium piliferum L.</i>	3	1.65	0.050	<i>Poa bulbosa</i>	4	25.34	1.014
<i>Hordeum bulbosum</i>	6	2.01	0.121	<i>Trifolium resupinatum</i>	7	0.15	0.011
<i>Hordeum sp.</i>	3	6.23	0.187	<i>Trifolium striatum</i>	6	7.44	0.446
<i>Lathyrus inconspicuus</i>	5	0.92	0.046	Σ			<b>2.772</b>
<i>Lolium sp.</i>	7	5.68	0.398				
<i>Marrubium vulgare</i>	1	9.71	0.097				
<i>Ononis spinosa ssp. leiosperma</i>	1	4.03	0.040				
<i>Ranunculus arvensis</i>	1	0.37	0.004				
<i>Sonchus asper</i>	1	13.92	0.139				
<i>Veronica sp.</i>	2	3.66	0.073				
		Σ	<b>1.940</b>				
1887 m (8. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD	1887 m (8. Yükselti)	DS	BK (%)	MKD
<i>Alcea sp.</i>	1	6.76	0.068	<i>Alyssum strigosum</i>	1	1.65	0.017
<i>Alyssum alyssoides</i>	1	14.12	0.141	<i>Astragalus plumosus</i>	2	30.71	0.614
<i>Astragalus gummifer</i>	2	4.17	0.083	<i>Astragalus sp.</i>	2	1.28	0.026
<i>Astragalus sp.</i>	2	15.51	0.310	<i>Bromus sterilis</i>	3	2.56	0.077
<i>Bromus sp.</i>	1	0.20	0.002	<i>Cerastium perfoliatum</i>	1	0.37	0.004
<i>Bromus tectorum</i>	1	0.20	0.002	<i>Gundelia tournefortii</i>	0	1.28	0.000
<i>Callipeltis cucullaria L.</i>	1	0.60	0.006	<i>Lamium macrodon</i>	1	0.18	0.002
<i>Cerastium dichotomum</i>	2	0.60	0.012	<i>Lathyrus sp.</i>	5	1.10	0.055
<i>Drabopsis verna</i>	2	3.58	0.072	<i>Papaver macrostomum</i>	1	0.18	0.002
<i>Euphorbia sp.</i>	0	5.37	0.000	<i>Poa bulbosa</i>	4	51.55	2.062
<i>Festuca sp.</i>	5	0.80	0.040	<i>Polygonum pulchellum</i>	1	0.37	0.004
<i>Galium aparine</i>	1	0.20	0.002	<i>Rochelia cancellata</i>	2	0.18	0.004
<i>Geranium tuberosum</i>	2	0.20	0.004	<i>Sonchus sp.-1</i>	1	2.74	0.027
<i>Lamium macrodon</i>	1	4.97	0.050	<i>Sonchus sp.-2</i>	1	3.47	0.035
<i>Melica sp.</i>	3	1.79	0.054	<i>Vicia lathyroides</i>	3	2.19	0.066
<i>Onosma sp.</i>	1	0.60	0.006	<i>Viola modesta</i>	1	0.18	0.002
<i>Pisum arvense</i>	4	0.60	0.024	Σ			<b>2.994</b>
<i>Poa bulbosa</i>	4	4.77	0.191				
<i>Ranunculus cuneatus</i>	1	5.37	0.054				
<i>Rochelia disperma var. disperma</i>	2	0.60	0.012				
<i>Sagina apetala</i>	1	0.40	0.004				
<i>Silene dichotoma</i>	2	3.78	0.076				
<i>Sonchus asper</i>	1	16.30	0.163				
<i>Tanacetum cadmeum ssp. orientale</i>	2	7.55	0.151				
<i>Thlaspi perfoliatum</i>	1	0.80	0.008				
<i>Tragopogon sp.</i>	2	0.20	0.004				

### 3.2. Kalite Değerleri

Farklı yükseltelerde yer alan meraların kuru otta içermiş olduğu HPO, ADF ve NDF kalite değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

#### 3.2.1. Ham Protein Oranı (%)

Çalışılan tüm mera kesimlerinin ortalama ham protein oranları % 19.19 olarak bulunurken, en yüksek

ham protein oranı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 1462 m (% 21.92) ve 1169 m yükseltideki meralardan (% 21.04), en düşük ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 1013 m (% 17.82), 1099 m (% 18.26), 1618 m (% 17.53) ve 1887 m (% 17.37) yükseltilerindeki meralardan elde edilmiştir. Yıl x yükselti interaksyonuna baktığımızda, en yüksek ham protein oranı % 26.51 ile ikinci yıl 1282 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük ham protein oranı % 13.61 ile birinci yıl 1013 m yükseltideki meradan elde

edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında ham protein oranı ortalaması (% 16.59) ikinci yılın ham protein oranı ortalamasından (% 21.79) istatistiki olarak düşük bulunmuştur. HPO içeriği bakımından en iyi değere sahip meralar istatistiki manada aynı grupta yer alan 1169 m ve 1462 m yükseltideki meralardır (Çizelge 5). Bu çalışmada incelenen mera kesimleri için elde edilen ham protein

oranına ait bulgularımız; % 16.5-18.8 ile Nadir (2010) ve % 16.3-18.6 ile Şahinoğlu (2010) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterirken, % 11.7-12.3 ile Çınar (2001), %10.98 ile Bakoğlu ve Koç (2002), % 13.4 ile Erkovan ve ark. (2009), % 8.3-13.1 ile Güllap (2010) ve % 12.3-14.7 ile Budaklı Çarpıcı (2011) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

Çizelge 4. Mera kalite dereceleri ve mera durumu

Yıl		(1) 1013	(2) 1099	(3) 1169	(4) 1282	(5) 1462	(6) 1510	(7) 1618	(8) 1887	Ort.
2012	Kalite Derecesi	1.87	2.12	2.41	2.13	2.69	2.79	1.94	1.53	2.19
	Mera Durumu	Çok Zayıf	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Çok Zayıf	Çok Zayıf	
2013	Kalite Derecesi	5.18	4.73	4.69	5.74	6.16	3.94	2.77	2.99	4.53
	Mera Durumu	Orta	Orta	Orta	Orta	İyi	Zayıf	Zayıf	Zayıf	

### 3.2.2. ADF Oranı (%)

Çizelge 5'te görüldüğü üzere, çalışılan tüm mera kesimlerinin ortalamalarına bakıldığında meraların ADF oranları % 29.78 olarak bulunmuştur. En düşük ADF oranı 1282 m yükseltideki meradan (%25.17) elde edilirken, en yüksek ADF oranı 1887 m yükseltideki meradan (% 33.93) elde edilmiştir. Yıl x yükselti interaksyonuna baktığımızda, en yüksek ADF oranı % 38.43 ile ikinci yıl 1887 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük ADF oranı ise ikinci yıl istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m (% 21.84), 1282 m (% 21.58) ve 1462 m (% 23.44) yükseltideki meralardan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında ADF oranı (%31.08) ikinci yıldaki ADF oranından (% 28.49) istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. ADF içeriği bakımından en iyi değere sahip mera 1282 m yükseltideki meradır. Bu çalışmada incelenen mera kesimleri için elde edilen ADF oranına ait bulgularımız; % 25.8-51.4 ile Güllap (2010), % 24.4-26.8 ile Nadir (2010) ve %29.8-32.0 Şahinoğlu (2010) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterirken, % 24.1 ile Erkovan ve ark. (2009) ve % 34.5-37.1 ile Budaklı Çarpıcı (2011) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

### 3.2.3. NDF Oranı (%)

NDF oranı bakımından meralar incelendiğinde tüm mera kesimlerinin ortalama NDF oranları % 47.76 olarak bulunurken, en düşük NDF oranı istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1462 m (% 41.51), 1169 m (% 41.79) ve 1282 m (% 42.04) yükseltideki meralardan, en yüksek ise 1887 m (% 59.39) yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek NDF oranı % 74.06 ile ikinci

yıl 1887 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük NDF oranı % 28.72 ile ikinci yıl 1282 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında NDF oranı (% 51.38) ikinci yılın NDF oranından (% 44.14) istatistiki olarak yüksek çıkmıştır. NDF içeriği bakımından en iyi değer istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m, 1282 m ve 1462 m yükseltideki meralardan elde edilmiştir (Çizelge 5). Elde edilen NDF oranına ait bulgularımız; % 43.6-50.3 ile Güllap (2010), % 46.4-55.2 ile Şahinoğlu (2010) ve % 45.2-52.6 ile Budaklı Çarpıcı (2011) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterirken, % 56.8 ile Erkovan ve ark. (2009), % 34.6-36.3 ile Nadir (2010) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

### 3.2.4. SKM (%), KMT (%) ve NYD Oranı

Çizelge 6 incelendiğinde meraların SKM oranları ortalama % 65.70 olarak bulunurken, en yüksek SKM oranı % 69.30 ile 1282 m yükseltideki meradan, en düşük SKM oranı ise % 62.47 ile 1887 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek SKM değeri ikinci yıl istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m (% 71.89), 1282 m (% 72.09) ve 1462 m (% 70.64) yükseltideki meralardan elde edilirken, en düşük SKM değeri % 58.97 ile ikinci yıl 1887 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında SKM değeri (% 64.69) ikinci yılın SKM değerinden (% 66.71) istatistiki olarak düşük bulunmuştur. SKM değeri bakımından en iyi değer 1282 m yükseltideki meradan elde edilmiştir.

Çizelge 5. Farklı yükseltelerde yer alan meraların kuru otta içermiş olduğu HPO, ADF ve NDF değerleri

Yükseltiler	HPO (%)			ADF (%)			NDF (%)		
	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.
1013 (1)	13.61 g*	22.03 bcd	17.82 c	33.85 bc	28.98 d	31.42 abc	57.35 b	41.97 cdefg	49.66 bc
1099 (2)	14.60 fg	21.93 bcd	18.26 c	31.01 bcd	28.53 d	29.77 bc	51.72 bcd	40.36 defg	46.04 cd
1169 (3)	17.34 efg	24.74 abc	21.04 a	34.03 bc	21.84 e	27.93 cd	51.57 bcd	32.00 fg	41.79 d
1282 (4)	14.89 efg	26.51 a	20.70 ab	28.75 d	21.58 e	25.17 d	55.35 bc	28.72 g	42.04 d
1462 (5)	18.71 de	25.12 ab	21.92 a	31.91 bcd	23.44 e	27.68 cd	49.40 bcd	33.61 efg	41.51 d
1510 (6)	16.43 efg	21.31 cd	18.87 bc	29.89 cd	30.07 cd	29.98 bc	50.59 bcd	46.09 bcde	48.34 bcd
1618 (7)	18.72 de	16.35 efg	17.53 c	29.79 cd	35.03 ab	32.41 ab	50.36 bcd	56.29 b	53.33 ab
1887 (8)	18.41 def	16.34 efg	17.37 c	29.44 d	38.43 a	33.93 a	44.72 bcdef	74.06 a	59.39 a
Ort.	16.59 b	21.79 a	19.19	31.08 a	28.49 b	29.78	51.38 a	44.14 b	47.76
F (%)	15.86**			27.90**			15.96**		

\* Farklı harf ile gösterilen ortalamalar Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içerisinde birbirinden istatistiksel olarak farklıdır. \*\* YılxYükselti interaksyonunda %1 oranında farklılığı ifade etmektedir

Çizelge 6. Farklı yükseltelerde yer alan meraların kuru otta içermiş olduğu SKM, KMT ve NYD değerleri

Yükseltiler	SKM (%)			KMT (%)			NYD		
	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.
1013 (1)	62.53 cd	66.32 b	64.43 bcd	2.10 fg	2.88 cd	2.49 bc	101.69 fg	148.41 cd	125.05 bcd
1099 (2)	64.75 bcd	66.68 b	65.71 bc	2.33 def	2.99 c	2.66 b	116.71 def	154.82 c	135.77 b
1169 (3)	62.40 cd	71.89 a	67.14 ab	2.36 def	3.78 ab	3.07 a	114.32 def	210.95 ab	162.64 a
1282 (4)	66.50 b	72.09 a	69.30 a	2.18 efg	4.18 a	3.18 a	112.43 ef	233.54 a	172.99 a
1462 (5)	64.04 bcd	70.64 a	67.34 ab	2.44 cdef	3.58 b	3.01 a	121.13 cdef	196.25 b	158.69 a
1510 (6)	65.62 bc	65.48 bc	65.55 bc	2.38 def	2.61 cdef	2.50 bc	121.35 cdef	132.88 cdef	127.12 bc
1618 (7)	65.69 bc	61.61 de	63.65 cd	2.39 def	2.14 efg	2.26 cd	121.67 cdef	102.00 fg	111.84 cd
1887 (8)	65.97 b	58.97 e	62.47 d	2.71 cde	1.68 g	2.20 d	138.81 cde	76.47 g	107.64 d
Ort.	64.69 b	66.71 a	65.70	2.36 b	2.98 a	2.67	118.51 b	156.92 a	137.71
F (%)	27.90**			26.14**			31.00**		

\* Farklı harf ile gösterilen ortalamalar Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içerisinde birbirinden istatistiksel olarak farklıdır. \*\* YılxYükselti interaksyonunda %1 oranında farklılığı ifade etmektedir.

Meraların KMT oranları ortalama %2.67 olarak bulunmuştur. En yüksek KMT oranı istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m (% 3.07), 1282 m (% 3.18) ve 1462 m (% 3.01) yükseltideki meralardan elde edilirken, en düşük KMT oranı 1887 m yükseltideki meradan (% 2.20) elde edilmiştir. Yıl x yükselti interaksyonuna baktığımızda, en yüksek KMT değeri % 4.18 ile ikinci yıl 1282 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük KMT değeri % 1.68 ile ikinci yıl 1887 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında KMT değeri (% 2.36) ikinci yılın KMT değerinden (% 2.98) istatistiki olarak düşük bulunmuştur. KMT değeri bakımından en iyi değer istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m, 1282 m ve 1462 m yükseltideki meralardan elde edilmiştir (Çizelge 6).

NYD bakımından meralar incelendiğinde en yüksek NYD istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m (162.64), 1282 m (172.99) ve 1462 m (158.69) yükseltideki meralardan, en düşük NYD ise 1887 m yükseltideki meradan (107.64) elde edilirken ortalama değer 137.71 bulunmuştur. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek NYD 233.54 ile ikinci yıl 1282 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük NYD 76.47 ile ikinci yıl 1887 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında nispi yem değeri (118.51) ikinci yılın nispi yem değerinden (156.92) istatistiki olarak daha düşük bulunmuştur. NYD değeri bakımından en iyi değer istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m, 1282 m ve 1462 m yükseltideki meralardan elde edilmiştir (Çizelge 6).

### 3.2.5. Mera Kuru Otunun Ca, P, Mg ve K İçerikleri (%)

Kaliteli bir yem bitkisinden, hayvanların ihtiyaç duyduğu mineral madde miktarını karşılayabilecek düzeyde besin maddesi içermesi beklenir. Genel olarak, kaliteli bir yem bitkisinden bulunması gereken mineral madde miktarları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 8 incelendiğinde çalışmanın yürütüldüğü farklı yükseltideki meralardan elde edilen kuru otlara ait iki yıllık ortalama Ca, P, Mg ve K değerleri görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre ortalama Ca değeri % 1.09 olarak bulunurken, en yüksek Ca değeri 1169 m yükseltideki meradan (% 1.58), en düşük Ca değeri ise 1618 m yükseltideki meradan (% 0.82) elde edilmiştir. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek Ca değeri % 1.78 ile birinci yıl 1169 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük Ca değeri % 0.53 ile birinci yıl 1013 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında Ca değeri (% 0.93) ikinci yılın Ca değerinden (%1.24) istatistiki olarak düşük bulunmuştur. Elde edilen Ca değerine ait

bulgularımız, % 0.92 ile Koç ve ark. (2000) ve %0.90-1.33 ile Şahinoğlu (2010) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterirken, % 0.62 ile Bakoğlu ve Koç (2002) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

Fosfor değeri bakımından meralar incelendiğinde ortalama P oranı % 0.34 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre yükseltelerin iki yıllık ortalama P değerleri arasında istatistiki olarak fark bulunmamaktadır. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek P değeri % 0.47 ile ikinci yıl 1282 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük P değeri % 0.13 ile birinci yıl 1169 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılına ait P değeri (% 0.29) ile ikinci yılın P değeri (% 0.39) arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 7). Elde edilen sonuçlar, % 0.13 ile Koç ve ark. (2000), %0.53 ile Bakoğlu ve Koç (2002) ve % 0.40-0.43 ile Şahinoğlu (2010) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

Ortalama Mg değeri % 0.31 olarak bulunurken, en yüksek Mg değeri istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1169 m (% 0.40) ve 1887 m yükseltideki (% 0.37) meralardan, en düşük Mg oranı ise diğer yükseltideki meralardan elde edilmiştir. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek Mg değeri % 0.52 ile birinci yıl 1169 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük Mg değeri % 0.24 ile birinci yıl 1013 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılın Mg değeri (% 0.33) ikinci yılın Mg değerinden (% 0.29) istatistiki olarak yüksek bulunmuştur (Çizelge 7). Elde edilen sonuçlar % 0.26-0.36 ile Şahinoğlu (2010) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterirken, % 0.26 ile Koç ve ark. (2000) ve %0.22 ile Bakoğlu ve Koç (2002) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

Potasyum değeri ortalama % 2.42 olarak bulunurken, en yüksek K değeri istatistiki olarak aynı grupta yer alan 1282 m (% 2.65) ve 1462 m yükseltideki (% 2.77) meralardan, en düşük K değeri ise 1887 m yükseltideki (% 2.02) meradan elde edilmiştir. Yıl x yükseklik interaksyonuna baktığımızda, en yüksek K oranı % 3.75 ile ikinci yıl 1282 m yükseltideki meradan elde edilirken, en düşük K değeri % 1.26 ile birinci yıl 1169 m yükseltideki meradan elde edilmiştir. Yükseltelerin ortalamalarına baktığımızda araştırmanın birinci yılında K değeri (% 1.87) ikinci yılın K değerinden (%2.96) istatistiki olarak düşük bulunmuştur (Çizelge 7). Elde edilen K değerine ait bulgularımız, % 2.48 ile Koç ve ark. (2000) ve % 2.32-2.60 ile Şahinoğlu (2010) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterirken, % 1.36 ile Bakoğlu ve Koç (2002) tarafından elde edilen bulgulardan farklılık göstermiştir.

Çizelge 7. Geviş getiren hayvanlar için kaliteli bir yem bitkisinde bulunması gereken mineral madde miktarları (Aydın ve Uzun, 2002)

Mineral Madde	Kuru Maddede (%)	Mineral Madde	Kuru Maddede (ppm)
Ca	0.27-0.50	Fe	4-15
P	0.15-0.27	Cu	4-5
K	0.30-0.80	Zn	20-40
Mg	0.10-0.20	Mn	7-10
Na	0.16-0.22		

Çizelge 8. Farklı yükseltelerde yer alan meraların kuru otta içermiş olduğu ait Ca, P, Mg ve K değerleri

Yükseltiler	Ca (%)			P (%)			Mg (%)			K (%)		
	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.	2012	2013	Ort.
1013	0.53	1.33	0.93	0.31	0.43	0.37	0.24	0.28	0.26	1.65	3.01	2.33
(1)	f	bc	cde	ab	a		d	bcd	b	fg	abc	ab
1099	0.80	1.37	1.08	0.26	0.35	0.30	0.30	0.28	0.29	1.79	3.39	2.59
(2)	ef	bc	cd	ab	ab		bcd	cd	b	efg	ab	ab
1169	1.78	1.37	1.58	0.13	0.43	0.28	0.52	0.28	0.40	1.26	3.34	2.30
(3)	a	bc	a	b	a		a	cd	a	g	ab	ab
1282	0.54	1.35	0.95	0.27	0.47	0.37	0.28	0.29	0.28	1.56	3.75	2.65
(4)	f	bc	cde	ab	a		bcd	bcd	b	fg	a	a
1462	0.99	1.31	1.15	0.38	0.43	0.40	0.33	0.27	0.30	2.21	3.34	2.77
(5)	cde	bc	bc	ab	a		bcd	cd	b	def	ab	a
1510	0.69	1.00	0.84	0.32	0.39	0.36	0.26	0.29	0.27	1.85	2.77	2.31
(6)	ef	cde	de	ab	a		cd	bcd	b	efg	bcd	ab
1618	0.89	0.75	0.82	0.33	0.29	0.31	0.29	0.26	0.27	2.20	2.55	2.38
(7)	def	ef	e	ab	ab		bcd	cd	b	def	cde	ab
1887	1.23	1.46	1.35	0.35	0.31	0.33	0.38	0.35	0.37	2.47	1.56	2.02
(8)	bcd	ab	ab	ab	ab		b	bc	a	cde	fg	b
Ort.	0.93	1.24	1.09	0.29	0.39	0.34	0.33	0.29	0.31	1.87	2.96	2.42
	b	a					a	b		b	a	
F (%)	10.46**			2.15			7.09**			16.20**		

Farklı harf ile gösterilen ortalamalar Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  hata sınırları içerisinde birbirinden istatistiksel olarak farklıdır. \*\* Yıllık yükselti interaksyonunda %1 oranında farklılığı ifade etmektedir.

Sağlıklı ve dengeli bir besleme için, otun bileşiminde bulunan mineral maddeler arasındaki oranlar önemlidir. Geviş getiren hayvanlarda tetani hastalığı riskini artıran  $K/(Ca+Mg)$  oranının 2.2'den düşük olması istenir. (Aydın ve Uzun, 2002). Yapılan çalışma sonucunda meralara ait kuru otlarda Ca, P, Mg ve K içerikleri, kaliteli bir yem bitkisinden bulunması gereken miktarların üzerinde bir değere sahip olduğu görülmektedir. Ancak  $K/(Ca+Mg)$  oranı bakımından değerlendirildiğinde her iki yıla ait ortalama değerlere göre bu oranın 1.73 olduğu görülmektedir (Çizelge 9).

#### 4. SONUÇ

Farklı yükseltelerde yer alan meraların kalite derecesi ortalama 3.36 ve en iyi mera kalite derecesi ikinci yıl 1462 m yükseltideki meradan (6.16), en düşük ise ilk yıl 1887 m yükseltideki meradan (1.53) elde edilmiştir. Kalite derecesine göre mera durumu ilk yıl 1013 m, 1618 m ve 1887 m yükseltilerindeki meralarda "çok zayıf", diğer meralarda "zayıf" bulunurken, ikinci yıl ilk dört mera (1013, 1099, 1169

Çizelge 9. Farklı yükseltideki meralardan alınan kuru ottaki  $K/(Ca+Mg)$  oranı.

	2012	2013	Ort.
Ca	0.93	1.24	1.09
Mg	0.33	0.29	0.31
K	1.87	2.96	2.42
$K/(Ca+Mg)$	1.48	1.93	1.73

ve 1282 m) "orta", beşinci mera (1462 m) "iyi" diğer meralar "zayıf" olarak belirlenmiştir. Kuru otta HPO %17.37-21.92, ADF % 25.17-33.93, NDF % 41.51-59.39, SKM %62.47-69.30, KMT % 2.20-3.18, NYD değerleri 107.64-172.99, mineral madde içeriğine ait değerler Ca % 0.82-1.58, P %0.28-0.40, Mg % 0.26-0.40 ve K % 2.02-2.77 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak araştırmadan elde ettiğimiz bulgulara dayanarak, ilk yıl mera otlama döneminde düşen yağış miktarının az olmasının vejetasyon üzerinde aşırı baskı

olmasına neden olmuş ve ilk yıl meraların kalite durumları olumsuz bir şekilde etkilenmiştir. İkinci yıl bu durum ilk beş mera için olumlu yönde düzelerken diğer meraların durumu ise değişmemiştir. Bu duruma neden olan faktörler yükselti, meraların topografyası, meraların bulunduğu yöney, toprak yapısı vb. sayılabilir. Çalışma alanındaki toprakların verimlilik açısından önemli problemler içermemekle birlikte ıslah ve amenajman çalışmaları planlanacaksa, bu arazilere fosfor takviyesi yapılması tavsiye edilmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma "Karacadağ'ın Farklı Yöney ve Yükseltilerindeki Meralarında Bitki Tür ve Kompozisyonları ile Ot Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi" adlı doktora çalışmasının bir bölümüdür.

### Kaynaklar

- Anonim, 2014. Diyarbakır ili 1960-2013 yılları arası meteorolojik verileri. Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü.
- Aydın, İ., Uzun, F., 2002. Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı, No:9, Samsun.
- Babalık, A. A., 2008. Isparta yöresi meralarının vejetasyon yapısı ile toprak özellikleri ve topoğrafik faktörler arasındaki ilişkiler. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bil. Enst., Isparta.
- Bakır, Ö., 1987. Çayır-Mera Amenajmanı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay: 992, Ders Kitabı: 292, Ankara.
- Bakoğlu, A., 2004. Bazı toprak ve bitki örtüsü özellikleri arasındaki ilişkiler, Fırat Üniversitesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi, 3(1): 98-105.
- Bakoğlu, A., Koç, A., 2002. Otlatlan ve korunam iki farklı mera kesiminin bazı toprak ve bitki örtüsü özelliklerinin karşılaştırılması, I. Bitki örtüsü özelliklerinin karşılaştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1):37-77.
- Budaklı Çarpıcı, E., 2011. Changes in Leaf Area Index, Light Interception, Quality and Dry Matter Yield of an Abandoned Rangeland as Affected By the Different Levels of Nitrogen and Phosphorus Fertilization. Turkish Journal of Field Crops, 16(2):117-120.
- Çaçan, E., Başbağ, M., 2016. Bingöl İli Merkez İlçesi Yelesen-Dikme Köylerinin Farklı Yöney ve Yükseltilerde Yer Alan Mera Kesimlerinde Botanik Kompozisyon ve Ot Veriminin Değişimi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 53 (1):1-9
- Çınar, S. 2001. Adana ili Tufanbeyli ilçesi Hanyeri köyü merasında verim ve botanik kompozisyonun saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bil. Enst., Adana.
- De Vries, D.M., De Boer, T.A. Dirver, J.P.P., 1951. Evaluation of grassland by botanical research in the Netherlands. In Proc. United National Sci. Conf. on the Conservation and Utilization of Resources, 6: 522-524.
- Erkovan, H. İ., 2000. Çiğdemlik Köyü (Bayburt) mera vejetasyonları mevcut durumu. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bil. Enst. Erzurum.

- Erkovan, H.İ., Gullap, M.K., Daşcı, M., Koç, A., 2009. Changes in leaf area index, forage quality and above-ground biomass in grazed and ungrazed rangelands of eastern Anatolia Region. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (3):217-223.
- Erkun, V. 1971. Hakkari ve Van illerinde mera araştırmaları. Tarım Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, G.13, Ankara.
- Erkun, V., 1972. Bala İlçesi mer'aları üzerinde araştırmalar. Tarım Bakanlığı Hayvancılığı Geliştirme Gn. Müd. Yayınları Ankara
- Gökkuş, A., Avcı, M., Aydın, A., Mermer, A., Ulutaş, Z., 1993. Yükseklik eğim ve yöneyin mera vejetasyonlarına etkileri. Tarım Orman Köyişleri Bakanlığı Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 13, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökkuş, A. Koç, A., Çomaklı, B., 2000. Çayır-Mera uygulama kılavuzu. (Geliştirilmiş 3. Baskı). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:142, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Güllap, M.K., 2010. Kargapazarı Dağında (Erzurum) farklı otlatma sistemi uygulamalarının mera bitki örtüsüne etkisi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bil. Enst., Erzurum.
- Koç, A., 1995. Topografya ile Toprak Nem ve Sıcaklığının Mera Bitki Örtülerinin Bazı Özelliklerine Etkileri. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bil. Enst., Erzurum.
- Koç, A., Gökkuş, A., Bakoğlu, A., Özaslan A., 2000. Palandöken meralarının farklı kesimlerinden alınan ot örneklerinde bazı kimyasal özelliklerin otlatma mevsimindeki değişimi, International Animal Nutrition Congress, 471-478. 4-6 Eylül 2000, Isparta.
- Morrison, J.A., 2003. Hay and Pasture, Chapter 6. Hay Harvest Management, 71-72. p. Available from URL:<http://extension.cropsciences.illinois.edu/handbook/pdfs/chapter06.pdf> (Ulaşım: 31.12.2015)
- Nadir, M., 2010. Tokat ili Yeşilyurt Köyü doğal merasının botanik kompozisyon, kuru madde verimi ve kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bil. Enst. Tokat.
- Palta, Ş., 2008. Bartın Uluyayla meralarında mera vejetasyonunun bazı kantitatif özelliklerinin saptanması ve mera ıslahına yönelik ekolojik yapının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi Fen Bil. Enst. Zonguldak.
- Şahinoğlu, O., 2010. Bafra ilçesi Koşu köyü merasında uygulanan farklı ıslah yöntemlerinin meranın ot verimi, yem kalitesi ve botanik kompozisyonu üzerine etkileri. Doktora Tezi, OMÜ Fen Bil. Enst., Samsun.
- Şen, N., 2012. Kahramanmaraş ili Ahır dağı meralarının bazı hidrofiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile vejetasyon yapısı üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bil. Enst. Kahramanmaraş.
- Türk, M., Bayram, G., Budaklı, E., Çelik, N., 2003. Sekonder mera vejetasyonunun farklı ölçüm metotlarının karşılaştırılması ve mera durumunun belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1):65-77.





Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.288862



Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi

Zeki Mut<sup>a\*</sup>, Özge Doğanay Erbaş Köse<sup>a</sup>, Hasan Akay<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat  
<sup>b</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun  
\* Sorumlu yazar/corresponding author: zeki.mut@bozok.edu.tr

Geliş/Received 08/03/2016 Kabul/Accepted 31/10/2016

ÖZET

Günümüzde kullanım amacına göre, buğdayın tane verimi yanında bazı kalite özelliklerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma, Yozgat ekolojik koşullarında 14 farklı ekmeklik buğday çeşidinin verim ve kalite yönünden durumlarını belirlemek amacıyla 2010-2014 yılları arasında yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada çeşitlerin bitki boyu, tane verimi, bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, kül oranı, yağ oranı, protein içeriği, nişasta içeriği, yağ gluten içeriği, Zeleny sedimentasyon değeri, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) değerleri incelenmiştir. Üç yılın ortalamasına göre çeşitlerin bitki boyları 60.2–80.3 cm, tane verimleri 290.5–372.2 kg da<sup>-1</sup>, bin tane ağırlıkları 29.2–38.4 g, hektolitreye ağırlıkları 77.7–79.7 kg arasında değişim göstermiştir. Kül oranları % 1.62–1.82, yağ oranları % 1.40–1.91, protein oranları % 12.0–13.8, nişasta içeriği % 61.6–65.0, yağ gluten içeriği % 23.9–28.0, sedimentasyon değerleri 21.5–33.1 ml, ADF ve NDF değerleri ise sırasıyla % 3.5–4.4 ile % 14.9–16.0 arasında değişmiştir. En yüksek tane verimi Tosunbey (372.2 kg da<sup>-1</sup>), Flamura 85 (367.1 kg da<sup>-1</sup>), Syrena Odes'ka (357.0 kg da<sup>-1</sup>) çeşitlerinden elde edilmiştir. Bununla birlikte, Biplot analiz grafiğine göre de Tosunbey ve Syrena Odes'ka çeşitleri hektolitreye ağırlığı, bin tane ağırlığı, nişasta ve yağ oranı ile bitki boyu bakımından öne çıkmışlardır.

Anahtar Sözcükler:

Buğday  
Tane verimi  
Kalite  
Çeşit

Determination of grain yield and quality traits of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties

ABSTRACT

According to the purpose for the use of wheat, determination of grain yield along with some quality traits is required. This study was conducted to determine grain yield and some quality traits of 14 bread wheat cultivars in Yozgat ecological conditions between 2010 and 2014 growing seasons. Experiments were carried out in randomized complete block design with three replications. In the trials, plant height, seed yield, 1000 kernel weight, test weight, ash ratio, fat ratio, protein content, starch content, wet gluten content, Zeleny sedimentation values, ADF and NDF values were investigated. According to the three year-average; plant height, grain yield, 1000 kernel weight, test weight of the cultivars were between 60.2–80.3 cm, 290.5–372.2 kg da<sup>-1</sup>, 29.2–38.4 g, 77.7–79.7 kg, whereas ash ratio, fat ratio, protein content, starch content, wet gluten content, Zeleny sedimentation value, acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) values were 1.62–1.82 %, 1.40–1.91 %, 12.0–13.8 %, 61.6–65.0 %, 23.9–28.0 %, 21.5–33.1 ml, 3.5–4.4 % and 14.9–16.0 %, respectively. The highest grain yield was obtained from Tosunbey (372.2 kg da<sup>-1</sup>), Flamura 85 (367.1 kg da<sup>-1</sup>) and Syrena Odes'ka (357.0 kg da<sup>-1</sup>) cultivars. Additionally, according to the results of biplot graphics analysis; Tosunbey and Syrena Odes'ka cultivars came into prominence in terms of test weight, thousand grain weight, starch content, fat ratio and plant height.

Keywords:

Wheat  
Grain yield  
Quality  
Cultivar

© OMU ANAJAS 2017

1. Giriş

Geniş adaptasyon yeteneğine sahip olan buğday, 30-40° kuzey ve 27-40° güney enlemlerine kadar

yetiştirilen bir kültür bitkisidir. Dünyada 218.4 milyon ha ekim alanı, 713.2 milyon ton üretimi yapılan buğday, 7.8 milyon ha ekim alanı 22.0 milyon ton üretimi ile ülkemiz için tahıllar içerisinde ekiliş ve üretimi

bakımından ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2014; TÜİK, 2015). Ülkemizde buğday ekiliş alanları buğday yetiştirilmesine elverişli olmayan marjinal alanlara kadar yayılmıştır. Bu nedenle buğday üretimimizin artırılması birim alandan alınan verimin yükseltilmesine, bu da buğdayın yüksek verimli, üstün kaliteli, biyotik ve abiyotik stres şartlarına dayanıklı çeşitlerinin ıslahı ve uygun kültürel teknikler kullanılarak yetiştirilmesine bağlıdır (Mut ve ark., 2005). İnsan ve hayvan beslenmesinde kullanılan buğdayın adaptasyon sınırının genişliği, üretim, taşıma, depolama ve işleme kolaylığı yanında ekmek olma kabiliyetinden dolayı birçok ülkede üretimi stratejik önem taşımaktadır (Kün, 1996).

Yozgat ilinde toplam ekim alanı içinde tahılların payı yaklaşık % 82 olup, buğday bu alanın % 73'ünü oluşturmaktadır (TÜİK, 2015). Kuru tarım sisteminin uygulandığı bölgelerde verimin bugünkü düzeyin üzerine çıkarılması için ekolojik şartlara uygun, yüksek verimli çeşitlerin belirlenerek üreticilere sunulması gerekmektedir. Zira, uygun çeşit ve kaliteli tohumluk ile buğdayda verim kuru tarım sisteminde % 30'lara kadar artırılmaktadır (Kün ve ark., 1995). Verim ve kalite çeşitlerin yetiştirildiği yöredeki iklim ve toprak özelliklerinden etkilenmekte ve çeşit seçimi yapılırken bu kriterler göz önünde tutulmaktadır.

Buğdayın kalitesi çok sayıda faktörün etkisi altında oluşan bir özelliktir ve buğdayda kalite kavramı üretici, sanayi ve tüketicinin istekleri doğrultusunda büyük farklılıklar göstermektedir. Günümüzde bu farklı grupların isteklerini karşılayabilen yüksek verimli, kaliteli ve hastalıklara dayanıklı buğday çeşitlerine olan gereksinim artarak devam etmektedir (Konak ve ark., 1999). Kalite, bir ürünün değişik kullanım amaçlarına uygunluğunun ifadesidir. Buğdayda kalitenin meydana gelmesinde rol oynayan en önemli faktör olan protein oranı (Sade, 1997), çeşide ve çevre koşullarına bağlı olarak % 6-22 arasında değişmektedir (Ünal, 2002). Proteinin oranı kadar kalitesi de önemli bir kalite kriteridir. Protein kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biri de sedimentasyon değeridir ve buna bağlı olarak gluten miktarı ve kalitesi belirlenmektedir (Mut ve ark., 2007). Hamurun işlenmesi, yoğrulması ve gaz tutma kapasitesi için temel bileşen olan gluten miktarı yetiştirme ve hava koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Linina ve Ruza, 2015). Hektolitre ağırlığı türe, çeşide, iklim koşullarına, yazlık-kışık olma durumuna, tane şekli, iriliği ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmekte (Türkiye'de ortalama 70-84 kg); buğdayın nakil ve depolanmalarında yararlanan önemli bir ölçüttür. Buğdayın un verimi ile hektolitre ağırlığı arasında pozitif bir ilişki vardır. Bin tane ağırlığı çeşit, iklim ve toprak özelliklerine, ayrıca tanenin yoğunluğu ve büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (Ünal, 1991). Kül miktarı ise genellikle, % 1.3-2.5 arasında değişmekte olup, ince kabuklu ve dolgun taneli çeşitlerin kül oranı düşüktür (Özer ve ark., 2003).

Tanenin sindirilebilirliğine ve metabolik enerji

içeriğine katkıda bulunan kimyasal unsurlar nişasta, yağ ve hücre duvarındaki yapısal olan karbonhidratlardır (selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin,  $\beta$ -glukan ve galaktan) (Campbell ve ark., 1995). Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) bitki hücre duvarı yapısındaki selüloz, lignin ve çözünmeyen protein miktarını gösterir. Ayrıca yemin sindirilebilirliği ve hayvanın enerji alımı hakkında da bilgi veren iyi bir göstergedir. Yüksek ADF içeren yemlerin sindirilebilirliği ve enerji değeri düşüktür (Kutlu, 2008). Nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) bitki hücre duvarı yapısında bulunan selüloz, hemiselüloz, lignin, kütin ve çözünmeyen protein miktarını ifade eder. NDF değeri hayvanların yem alımına doğrudan etkili olduğundan, yemde bu değer düşüktüğü hayvanın yem alımı artar (Van Soest ve ark., 1991). Tahıl taneleri nişasta formunda enerji depolar. Bir tahıl tanesindeki nişasta içeriği tanenin kuru ağırlığının % 65-70'i arasında değişebilir. Buğday tanesinin kimyasal kompozisyonu çeşitler arasında farklılık göstermektedir. Tohumun kalitesini açıklayan teknoloji parametrelerinin çoğu insan yararı için belirlenmiştir. Avrupa'da buğday yaygın olarak kanatlı yemlerinde de kullanılmaktadır, ancak kanatlı beslenmesinde kullanılan buğday çeşitlerinin besin potansiyelinin tam olarak bilinmesi gerekli olmaktadır (Campbell ve ark., 1995; Barteczko ve ark., 2009).

Bu çalışma, Yozgat şartlarında bölgede yetiştirilen mevcut ekmeçlik buğday çeşitleri ile bazı özel firmalar tarafından bölge için önerilen ve son yıllarda geliştirilmiş çeşitlerin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Deneme yerlerinin toprak ve iklim özellikleri

Araştırma, Yozgat ili Yerköy ilçesinde bulunan Bozok Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait deneme alanında 3 yıl süreyle (2010-2013) yürütülmüştür. Deneme alanının toprak yapısı killi tınlı, organik maddece fakir, orta derecede fosfor içerdiği, potasyum bakımından zengin, orta derecede kireç içeren tuzsuz ve alkali bir yapıdadır. Deneme alanının çok yıllık ve denemenin yapıldığı yıllara ait bazı iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, kuru tarım alanlarında verim için sınırlayıcı ve önemli bir faktör olan yağışlar denemenin birinci yılında, diğer deneme yıllarına ve uzun yıllar ortalamasına göre oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Düşen yağış miktarı denemenin birinci yılında 653.7 mm, ikinci yılında 492.8 mm, üçüncü yılında 603.6 mm gerçekleşmiş ve uzun yıllar ortalaması da 546.9 mm olarak tespit edilmiştir. 2010-2011 ve 2012-2013 yetiştirme sezonunda uzun yıllar ortalamasına kıyasla daha yüksek, 2011-2012 yetiştirme sezonunda ise daha düşük yağış düştüğü kaydedilmiştir. Denemenin üçüncü yılı olan 30 Mart 2013 tarihinde görülen ani ve şiddetli dondan dolayı bitkiler zarar

görmüştür.

Çizelge 1. Yozgat iline ait 2010-2013 yılları arası ve uzun yıllar ortalaması iklim verileri\*

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ort/Top.
Toplam Yağış (mm)											
2010-2011	41.0	13.3	182.5	89.1	28.0	86.3	53.9	82.0	63.7	13.9	653.7
2011-2012	47.5	7.4	32.5	85.3	72.6	60.7	38.3	106.5	25.3	16.7	492.8
2012-2013	53.7	55.9	120.3	75.4	78.5	54.2	35.9	90.4	35.6	3.7	603.6
Uzun Yıllar	36.5	56.2	76.3	67.9	61.7	65.2	62.3	65.0	43.5	12.3	546.9
Ortalama Sıcaklık (°C)											
2010-2011	9.4	8.5	-4.6	-1.1	-0.5	2.9	6.6	11.8	15.8	21.2	7.0
2011-2012	8.8	-0.1	-5.9	-2.7	-4.3	0.4	11.3	13.7	18.2	21.0	6.0
2012-2013	13.2	6.3	-2.2	0.1	-3.3	5.2	9.9	12.6	17.9	19.0	7.9
Uzun Yıllar	10.3	4.6	0.5	-1.8	-0.8	2.9	8.5	13.0	16.8	19.7	7.4
Ortalama Nem (%)											
2010-2011	76.6	70.7	75.9	82.3	78.1	72.7	72.2	65.6	61.0	52.0	70.7
2011-2012	65.5	72.7	69.5	80.1	78.3	71.9	50.1	62.1	53.0	48.2	65.1
2012-2013	61.7	79.8	81.8	77.6	72.4	63.8	61.3	47.8	46.1	46.6	63.9
Uzun Yıllar	65.9	72.1	76.8	77.0	74.9	70.0	66.6	64.0	60.3	56.6	68.4

\*İklim verileri Yozgat Meteoroloji Müdürlüğünden alınmıştır.

## 2.2. Materyal

Denemede farklı kuruluşlar tarafından geliştirilen toplam 14 adet ekmeclik buğday çeşidi kullanılmış olup bu çeşitler ve tescil edildiği kuruluşlar Çizelge 2'de verilmiştir.

## 2.3. Metot

Ekim sıklığı m<sup>2</sup>'de 500 tohum olacak şekilde ayarlanmış ve ekimler parsel ekim mibzeri ile 6 m uzunluğundaki parsellere 20 cm sıra arası mesafe olacak şekilde 8 sıra olarak yapılmıştır. Ekim işlemi her 3 yılda da ekim ayının ikinci haftası (sırasıyla 12 Ekim 2010, 9 Ekim 2011 ve 10 Ekim 2012) yapılmıştır. Denemeler Tesadüf Blokları Deneme Deseninde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemelere dekara saf 10 kg N ve 6 kg

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hesabıyla gübre verilmiştir. Fosforun tamamı ekimle birlikte Diamonyum fosfat gübresi olarak, azotun ise yarısı ekimle diğer yarısı ise sapa kalkma dönemi öncesinde uygulanmıştır. Yabancı otları kontrol etmek için herbisit kullanılmıştır. Denemede parsel ve blok aralarında yoğun olarak çıkan yabancı otlar gerek görüldükçe el çapası ile temizlenmiştir. Araştırmada bitki boyu, tane verimi, 1000 tane ve hektolitreye ağırlığı, kül ve yağ oranı, protein ve nişasta içeriği, sedimentasyon ve yaş gluten değeri, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) incelenmiştir. Hektolitreye ağırlığı, bin tane ağırlığı, protein oranı, Zeleny sedimentasyon değeri, yaş gluten, kül ve yağ oranı ölçüm ve analizleri Elgün ve ark. (2001)'na göre yapılmıştır. ADF ve NDF değerleri Van Soest ve ark. (1991)'na göre, nişasta ise Ewers Polarimetrik metoda (AACC, 2005) göre belirlenmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan çeşitlerin isimleri ve tescil edildiği kuruluşlar

Çeşit adı	Tescil sahibi
Syrena Odes'ka	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Krasunia Odes'ka	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Y-100	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Tanya	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Nota	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
K-99	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Hystar	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Bezostaya	Geçit Kuşığı Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Tosunbey	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü
Esperia	Tasaco Tarım Sanayi ve Tic.Ltd.Şti.
Pehlivan	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Ahmetağa	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Renan	Alfa Tohum Gıda İnş. Hay. Paz. San. Tic. Ltd. Şti;
Flamura 85	Tarım Ürünleri Araç Gereç İthalat İhracat ve Tic. A. Ş.

Araştırmada elde edilen sonuçlar SAS istatistik analiz programında yapılmış (SAS, 1998), farklılık belirlenen özelliklerin ortalamaları arasındaki karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Biplot analizi, Biplot Makro eklentisi (Lipkovich ve Smith, 2002) ile Microsoft Excel programında yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Denemeye alınan çeşitlerin bitki boyuna ilişkin ortalama değerler Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'de görüldüğü üzere, yılların ortalamasına göre bitki boyu 60.2–80.3 cm arasında değişmiştir. Çalışmada bitki boyu bakımından çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Birinci ve ikinci yıllarda çeşitlerin en yüksek bitki boyu ortalaması sırasıyla 87.9 cm ve 80.7 cm ile Bezostaya çeşidinden, üçüncü yılda ise 82.2 cm ile Tosunbey çeşidinden elde edilmiştir. Tahıllarda verim, verim unsurları ve kalite özellikleri yanında bitki boyu da üzerinde en fazla durulan morfolojik özelliklerden birisidir (Kün, 1996; Aydın ve ark., 2005; Özen ve Akman, 2015). Buğdayda bitki boyu çeşidin genetik yapısı, iklim ve toprak faktörleri ile yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişmektedir (Bilgin ve Korkut, 2005a; Mut ve ark., 2005).

Araştırmada elde edilen tane verimine ait ortalama değerler Çizelge 3'de verilmiştir. Her üç yılda da tane verimi bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklar belirlenmiştir (Çizelge 3). Çeşitlerin tane verimleri birinci yıl 339.5-433.0 kg da<sup>-1</sup>, ikinci yıl 303.7-402.8 kg da<sup>-1</sup>, üçüncü yıl 170.4-360.2 kg da<sup>-1</sup>

arasında değiştiği ve ortalama tane veriminin 328.8 kg da<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın birinci yılında tane verimlerinin diğer yıllardaki denemelerden daha yüksek olmasının nedeni birinci yıl düşen yağışın daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır (Çizelge 1).

Denemenin son yılında ise ikinci yıldan daha fazla yağış düşmesine rağmen 30 Mart tarihinde görülen ani ve sert don olayından dolayı bitkilerin zarar görmesi sonucu tane verimleri düşük olmuştur. Birinci yıl en yüksek tane verimi Ahmetağa, Tosunbey, Krasunia Odes'ka, ikinci yıl Flamura 85, üçüncü yıl ise Tosunbey çeşidinden elde edilmiştir. Yılların ortalamalarına göre en yüksek tane verimi Tosunbey, Flamura 85, Krasunia Odes'ka ve Syrana Odes'ka çeşitlerinden elde edilirken, en düşük tane verimi Hystar çeşidinden elde edilmiştir. Verim bitkinin genetik potansiyeli, çevre faktörleri ve yetiştirme tekniklerinin birlikte etkileri sonucu ortaya çıkmaktadır. Daha önce bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar buğday da verim ve kalitenin kullanılan çeşide, bölgenin ekolojik yapısına ve uygulanan kültürel işlemlere göre değiştiğini göstermektedir (Aydın ve ark., 2005; Mut ve ark., 2007; Mut ve ark., 2010; Kendal ve Doğan 2013; Yazar ve ark., 2013; Aktaş ve Eren, 2014; Özen ve Akman, 2015).

Çeşitlerin bin tane ağırlığına ait ortalama değerler Çizelge 4'de verilmiştir. Bin tane ağırlığı bakımından çeşitler arasındaki fark her üç yılda da % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bin tane ağırlığı ortalaması birinci yıl 38.4 g, ikinci yıl 36.1 g ve üçüncü yıl 28.1g olmuştur. Yılların ortalamasına göre çeşitlerin bin tane ağırlıkları 29.2- 38.4 g arasında değişmiştir. Üç yılın ortalamasına göre en yüksek bin tane ağırlığı sırasıyla

Çizelge 3. Ekmeklik buğday çeşitlerinin bitki boyu ve tane verimine ilişkin ortalama değerler\*

Çeşitler	Bitki boyu (cm)				Tane verimi (kg da <sup>-1</sup> )			
	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama
Syrena Odes'ka	72.3 c	70.6 b	70.0 b-e	71.0 bc	406.6 abc	364.0 abc	300.3 b	357.0 ab
Krasunia Odes'ka	72.4 c	60.9 c	65.7 c-f	66.3 cde	431.7 a	353.9 abc	255.0 bcd	346.9 abc
Y-100	67.0 de	63.7 bc	61.2 ef	63.9 ef	339.5 e	305.0 c	252.1 cd	298.9 de
Tanya	63.1 ef	60.0 c	57.7 fg	60.2 f	364.4 de	336.3 abc	252.9 cd	317.9 cde
Nota	60.6 f	59.6 c	65.7 c-f	62.0 ef	392.3 cd	345.6 abc	224.3 def	320.7 cde
K-99	70.0 cd	61.9 bc	66.2 c-f	66.0 cde	391.6 cd	352.7 abc	216.3 d-g	320.2 cde
Hystar	71.2 cd	66.5 bc	51.7 g	63.1 ef	354.9 e	304.6 c	212.1 d-g	290.5 e
Bezostaya	87.9 a	80.7 a	72.3 bc	80.3 a	398.2 bc	303.7 c	247.9 cd	316.6 cde
Tosunbey	79.7 b	61.4 bc	82.2 a	74.4 b	432.3 a	324.2 bc	360.2 a	372.2 a
Esperia	60.2 f	59.1 c	75.7 ab	65.0 def	408.1 abc	339.1 abc	235.9 cde	327.7 bcd
Pehlivan	72.3 c	70.2 b	57.2 fg	66.6 cde	414.3 abc	386.7 ab	170.4 g	323.8 cde
Ahmetağa	81.1 b	67.9 bc	62.3 def	70.4 bc	433.0 a	366.5 abc	183.2 fg	327.6 bcd
Renan	73.9 c	67.3 bc	78.3 ab	73.2 b	420.2 abc	329.4 bc	197.3 efg	315.6 cde
Flamura 85	74.3 c	64.0 bc	71.0 bcd	69.8 bcd	427.1 ab	402.8 a	271.5 bc	367.1 a
Ortalama	71.9 a	65.3 b	66.9 b	68.0	401.0 a	343.9 b	241.4 c	328.8
VK (%)	3.7	8.5	8.2	6.9	4.4	12.3	11.4	9.4

\* Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 önem düzeyine göre fark yoktur.

Syrena Odes'ka (38.4 g), Pehlivan (38.3 g), Flamura 85 (37.1 g) ve Krasunia Odes'ka (36.7 g) çeşitlerinden elde edilmiş ve bu çeşitler istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır.

Büyük ve yoğun tanelerde endospermin, endosperm olmayan kısma oranı, küçük taneli olanlara göre daha büyük olmaktadır (Yağdı, 2004). Bu nedenle bin tane ağırlığı buğdayda un miktarının tahmin edilmesinde iyi bir ölçü olarak ele alınmaktadır (Mut ve ark., 2007). Bin tane ağırlığının kalite ile ilgisi yanında verimle de ilişkili bir özellik olduğu bilinmektedir. Genetik yapı ve ekolojik faktörler bu özelliğe etkili iki önemli faktördür. Farklı araştırmacılar ekmeklik buğday genotiplerinde yaptıkları çalışmalarda bin tane ağırlıklarının farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir (Mut ve ark., 2007; Kendal ve Doğan 2013; Naneli ve ark., 2015).

Hektolitreye ağırlığı çeşitlerde her üç yılda da  $P \leq 0.01$  düzeyinde farklılıklar göstermiştir. Çizelge 4'de görüldüğü gibi hektolitreye ağırlığı birinci yıl ortalaması 80.9 kg ile en yüksek değeri göstermiş olup, bunu sırasıyla ikinci ve üçüncü yıl 78.6 ve 75.4 kg ile takip etmektedir. Yılların ortalamasına göre çeşitlerin ortalama hektolitreye ağırlığı 77.6- 79.7 kg arasında değişmiş, en yüksek hektolitreye ağırlığı Tosunbey (79.7 kg) ve Bezostaya (79.7 kg) çeşitlerinde ölçülmüştür (Çizelge 4). Hektolitreye ağırlığı ve bin tane ağırlığı un sanayinde un verimini belirleyen önemli kalite kriterleridir. Yapılan benzer çalışmalarda hektolitreye ağırlığının; çeşit, çevre şartları, kültürel uygulamalar, yatma, hastalık ve zararlılar gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Campbell ve ark., 1995; Mut ve ark., 2005; Aydın ve ark., 2005).

Çizelge 4. Ekmeklik buğday çeşitlerinin bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığına ilişkin ortalama değerler\*

Çeşitler	Bin tane ağırlığı (g)				Hektolitreye Ağırlığı (kg)			
	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama
Syrena Odes'ka	42.8 a	38.7 a-d	33.8 a	38.4 a	81.2 bc	79.1 abc	76.2 b	78.9 bc
Krasunia Odes'ka	42.9 a	37.4 b-e	29.9 bc	36.7 a	79.9 e	78.9 bc	75.8 bcd	78.2 cde
Y-100	42.6 a	36.1 cde	28.7 b-e	35.8 abc	80.8 cd	78.7 bc	74.7 f	78.1 cde
Tanya	37.4 bcd	36.4 cde	27.0 c-f	33.6 bcd	80.6 cde	78.2 bc	74.8 ef	77.8 de
Nota	32.3 e	30.1 f	25.0 fg	29.2 f	82.0 ab	77.4 c	75.2 def	78.2 cde
K-99	37.4 bcd	30.2 f	25.6 efg	31.1 def	80.2 de	78.0 bc	74.7 f	77.6 e
Hystar	35.6 b-e	36.8 cde	24.8 fg	32.4 de	80.2 de	77.9 bc	74.7 f	77.6 e
Bezostaya	40.0 ab	39.9 abc	28.3 b-e	36.1 ab	82.4 a	79.4 ab	75.5 b-e	79.1 ab
Tosunbey	37.3 bcd	30.1 f	31.0 ab	32.8 de	80.9 cd	80.9 a	77.4 a	79.7 a
Esperia	33.0 de	35.5 cde	31.4 ab	33.3 cd	80.6 cde	78.8 bc	76.0 b	78.4 bcd
Pehlivan	42.6 a	43.4 a	28.9 bcd	38.3 a	81.4 bc	79.4 ab	75.2 c-f	78.7 bc
Ahmetağa	35.1 cde	33.3 ef	23.3 g	30.5 ef	80.6 cde	77.8 bc	74.5 f	77.6 e
Renan	38.4 abc	35.1 de	26.4 d-g	33.3 cd	81.4 bc	77.4 c	74.7 f	77.8 de
Flamura 85	39.6 ab	41.7 ab	29.9 bc	37.1 a	80.6 cde	77.9 bc	75.9 bc	78.2 cde
Ortalama	38.4 a	36.1 b	28.1 c	34.2	80.9 a	78.6 b	75.4 c	78.3
VK (%)	7.0	7.9	6.9	7.3	0.6	1.4	0.6	0.9

\* Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 önem düzeyine göre fark yoktur

Kül oranı çeşitlerde her üç yılda da  $P \leq 0.01$  düzeyinde farklılıklar göstermiştir. Çizelge 5'de görüldüğü gibi kül oranı birinci, ikinci ve üçüncü yılda sırasıyla % 1.59, % 1.68 ve % 1.87 olmuştur. İklimsel etkiler nedeni ile çeşitlerin farklı yıllardaki kül oranlarında değişimler gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışı ve su stresi nedeni ile danede bulunan kül miktarının artış gösterdiği bildirilmiştir (Öztürk ve Aydın, 2004; Egesel ve ark., 2009). Yılların ortalamasına göre çeşitlerin kül oranı % 1.62-1.82 arasında değişmiştir. Kül oranı Pehlivan ve Ahmetağa çeşitlerinde daha yüksek olmakla birlikte Tosunbey, Nota, K-99 ve Krasunia Odes'ka çeşitleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 5). Kül miktarı buğdayın çeşidi, yetiştirildiği iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişir. Farklı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda kül oranının çeşitlere göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir (Ercan ve ark., 1988; Ünal, 1991; Grausgruber ve ark., 2000; Özer ve ark., 2003; Ereifej

ve ark., 2007; Egesel ve ark., 2009; Anjum ve ark., 2014; Mahla ve ark., 2015).

Araştırmada her üç yılda da yağ oranı bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklar belirlenmiştir (Çizelge 5). Çeşitlerin yağ oranları birinci yıl % 1.56-2.15, ikinci yıl % 1.40-1.77, üçüncü yıl % 1.17-1.95 arasında değişmiştir. Yılların ve çeşitlerin ortalaması olarak yağ oranının % 1.61 olduğu tespit edilmiş, en yüksek yağ oranına Esperia ve Tosunbey çeşidi sahip olmuştur (Çizelge 5). Araştırmacılar yağ oranının çeşide, iklim koşullarına ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değiştiğini bildirmektedir (Campbell ve ark., 1995; Grausgruber ve ark., 2000; Ereifej ve ark., 2007; Barteczko ve ark., 2009).

Protein oranı bakımından çeşitlere ait ortalama değerler arasındaki farklar üç yılın ortalamasına göre istatistiksel olarak  $P \leq 0.01$  seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 6). Araştırmada protein oranı ilk yıl % 10.7-13.6 arasında değişim göstermiştir. En

yüksek protein oran değeri Esperia (% 13.6) çeşidinden ve en düşük değer ise Tanya (% 10.7) çeşidinden elde edilmiştir. İkinci yıl protein oranı en yüksek Renan (% 14.5) çeşidinde, en düşük protein oranı ise Pehlivan

çeşidinde (% 12.3) belirlenmiştir. Üçüncü yılda da Renan çeşidi (% 14.4) en yüksek protein oranına sahip olurken, Bezostaya çeşidi (% 12.2) en düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 5. Ekmeklik buğday çeşitlerinin kül oranı ve yağ oranına ilişkin ortalama değerler\*

Çeşitler	Kül oranı (%)				Yağ oranı (%)			
	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama
Syrena Odes'ka	1.55 b-e	1.63 b	1.73 ef	1.64 cd	1.64 de	1.55 ab	1.35 efg	1.51 def
Krasunia Odes'ka	1.67 ab	1.68 ab	1.85 cde	1.74 abc	1.71 cde	1.52 ab	1.50 de	1.58 de
Y-100	1.53 de	1.69 ab	1.92 bc	1.71 bcd	1.93 abc	1.49 ab	1.34 efg	1.59 de
Tanya	1.54 cde	1.71 ab	1.85 cde	1.70 bcd	1.82 bcd	1.40 b	1.17 g	1.46 ef
Nota	1.66 abc	1.74 ab	1.85 cde	1.75 ab	1.56 e	1.58 ab	1.60 bcd	1.58 de
K-99	1.65 a-d	1.69 ab	1.89 cd	1.74 ab	1.93 abc	1.49 ab	1.50 cde	1.64 cd
Hystar	1.44 e	1.63 b	1.94 bc	1.67 bcd	1.95 ab	1.39 b	1.45 de	1.60 de
Bezostaya	1.60 a-d	1.59 b	1.65 f	1.62 d	1.88 bc	1.62 ab	1.77 ab	1.76 bc
Tosunbey	1.59 a-d	1.74 ab	1.96 abc	1.76 ab	2.15 a	1.60 ab	1.71 bc	1.82 ab
Esperia	1.62 a-d	1.65 ab	1.74 def	1.67 bcd	1.99 ab	1.77 a	1.95 a	1.91 a
Pehlivan	1.70 a	1.67 ab	2.11 a	1.82 a	1.73 cde	1.44 b	1.37 efg	1.51 def
Ahmetağa	1.55 b-e	1.82 a	2.08 ab	1.82 a	1.96 ab	1.53 ab	1.42 def	1.64 cd
Renan	1.56 b-e	1.67 ab	1.83 cde	1.69 bcd	1.63 de	1.36 b	1.21 fg	1.40 f
Flamura 85	1.62 a-d	1.60 b	1.83 cde	1.68 bcd	1.80 bcd	1.50 ab	1.50 de	1.60 de
Ortalama	1.59 c	1.68 b	1.87 a	1.71	1.84 a	1.52 b	1.49 b	1.61
VK (%)	4.8	6.5	5.1	5.5	7.1	11.5	8.4	9.0

\* Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 önem düzeyine göre fark yoktur.

Üç yıllık ortalama protein oranı % 12.8 olurken, yılların ortalamasına göre Renan (% 13.8) çeşidi en yüksek protein oranına sahip olmuştur (Çizelge 6). Ekmek yapımında kullanılacak buğdayların protein oranının % 11'in üzerinde olması gerekir (Sade, 1997).

Ekmekğin pişme ve besleme özelliklerini önemli ölçüde etkilemesi nedeni ile tane protein oranı üzerinde en çok durulan kalite kriterlerinden biridir. Bu konuda yapılan çalışmalar; buğdayda protein oranının kullanılan çeşide, bölgenin ekolojik yapısına ve uygulanan kültürel işlemlere göre değiştiğini göstermektedir (Mut ve ark., 2007; Barteczko ve ark., 2009; Žilic ve ark., 2012; Yazar ve ark., 2013; Aktaş ve Eren, 2014; Anjum ve ark., 2014; Naneli ve ark., 2015; Özen ve Akman, 2015).

Nişasta içeriğine ait ortalamalar  $P \leq 0.01$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Yıllara göre nişasta içeriği birinci yıl % 64.7, ikinci yıl % 63.1 ve üçüncü yıl % 61.1 olmuştur.

İlk yıl Hystar (% 66.8), ikinci ve üçüncü yıl ise Bezostaya (sırasıyla % 64.9 ve 64.6) çeşidi en yüksek nişasta içeriğine sahip olmuştur. Üç yılın ortalamasına göre % 65.0 ile en yüksek nişasta içeriği Bezostaya çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 6). Farklı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda nişasta içeriğinin çeşitlere ve yetiştirme koşullarına göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Campbell ve ark., 1995; Grausgruber ve ark., 2000; Šramková ve ark., 2009; Koca ve ark., 2011; Mahla ve ark., 2015).

Sedimentasyon değerine ait ortalamalar istatistiksel olarak  $P \leq 0.01$  düzeyinde farklılık göstermiş ve yılların

ortalamasına göre en yüksek sedimentasyon değeri 33.1 ml ile Renan, en düşük değeri ise 21.5 ml ile Tanya çeşitlerinden elde edilmiştir. Çeşitlerin sedimentasyon değerlerine baktığımızda birinci yıl Esperia çeşidi (34.8 ml), ikinci ve üçüncü yılında Renan çeşidi (sırasıyla 37.0- 35.7 ml) ilk sırada yer almıştır (Çizelge 7). Ekmeklik buğday kalitesinde sedimentasyon değerinin yüksek olması istenmektedir, çünkü sedimentasyon değeri arttıkça ekmek hacmi de artmaktadır (Yazar ve ark., 2013). Yapılan çalışmalarda sedimentasyon değerinin 16.33-50.79 ml arasında değiştiği bildirilmiştir (Şahin ve ark., 2013). Sedimentasyon miktarı sonuçlarının değerlendirilmesinde;  $\leq 15$  (çok kötü), 16-21 (kötü), 22-27 (orta), 28-33 (iyi),  $> 33$  (çok iyi) parametreler kullanılmaktadır (Şanal ve ark. 2009). Farklı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda sedimentasyon değerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir (Aydın ve ark., 2005; Ereifej ve ark., 2007; Mut ve ark., 2007; Egesel ve ark., 2009; Akçura, 2011; Aktaş ve Eren, 2014; Mahla ve ark., 2015; Naneli ve ark., 2015; Özen ve Akman, 2015).

Gluten miktarına ait ortalamalar istatistiksel olarak  $P \leq 0.01$  düzeyinde farklılık göstermiş ve yılların ortalamasına göre en yüksek yaş gluten (yaş öz) miktarı % 28.0 ile Renan çeşidinden, en düşük yaş gluten (yaş öz) miktarı ise % 23.9 ile Tanya çeşidinden elde edilmiştir. Çeşitlerin yaş gluten değerlerine baktığımızda birinci yıl Esperia çeşidi (% 27.5), ikinci ve üçüncü yıl Renan çeşidi (sırasıyla % 29.8- 29.4) ilk sırada yer almıştır (Çizelge 7).

Çizelge 6. Ekmeklik buğday çeşitlerinin protein oranı ve nişasta içeriğine ilişkin ortalama değerler\*

Çeşitler	Protein Oranı (%)				Nişasta İçeriği (%)			
	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama
Syrena Odes'ka	12.2 cde	12.8 bc	12.8 cde	12.6 cde	65.1 bc	63.4 abc	62.8 ab	63.8 b
Krasunia Odes'ka	13.0 ba	13.3 bc	12.5 efg	13.0 bcd	63.3 ef	63.3 abc	61.9 bcd	62.8 b-f
Y-100	11.5 ef	13.7 ab	13.8 b	13.0 bc	65.2 bc	62.1 abc	59.1 fg	62.2 def
Tanya	10.7 g	12.9 bc	12.3 fg	12.0 f	66.1 ab	62.9 abc	61.4 b-e	63.5 bcd
Nota	13.5 a	13.4 abc	12.7 def	13.2 b	62.2 f	62.4 abc	61.5 b-e	62.0 ef
K-99	12.8 abc	13.4 abc	13.2 c	13.1 bc	64.1 cde	62.3 abc	59.9 efg	62.1 ef
Hystar	11.5 ef	13.3 abc	13.9 ab	12.9 bcd	66.8 a	64.0 abc	60.4 c-f	63.7 b
Bezostaya	11.9 def	13.1 bc	12.2 g	12.4 def	65.6 ab	64.9 a	64.6 a	65.0 a
Tosunbey	11.4 g	12.5 bc	13.1 cd	12.3 ef	65.6 ab	62.7 abc	60.9 cde	63.1 b-e
Esperia	13.6 a	13.5 abc	12.4 efg	13.2 bc	63.5 def	63.2 abc	62.2 bc	63.0 b-e
Pehlivan	12.5 bcd	12.3 c	13.1 cd	12.6 cde	63.5 def	64.4 ab	60.6 c-f	62.8 b-f
Ahmetağa	11.5 ef	13.5 ab	13.9 b	13.0 bcd	65.0 bc	61.6 c	58.2 g	61.6 f
Renan	12.4 bcd	14.5 a	14.4 a	13.8 a	64.8 bcd	62.0 bc	60.2 def	62.3 c-f
Flamura 85	12.1 c-f	13.1 bc	12.8 c-f	12.7 b-e	65.0 bc	64.0 abc	61.5 b-e	63.5 bc
Ortalama	12.2 b	13.2 a	13.1 a	12.8	64.7 a	63.1 b	61.1 c	63.0
VK (%)	3.9	5.6	2.2	4.2	1.3	2.4	1.7	1.9

\* Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 önem düzeyine göre fark yoktur.

Çizelge 7. Ekmeklik buğday çeşitlerinin Sedimentasyon ve Yaş Gluten değerlerine ilişkin ortalama değerler\*

Çeşitler	Sedimentasyon (ml)				Yaş gluten (%)			
	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama
Syrena Odes'ka	23.9 cde	22.8 d	21.2 g	22.6 fg	24.4 c-f	25.6 bcd	25.7 c-f	25.2 bcd
Krasunia Odes'ka	27.5 bc	28.3 bcd	21.4 fg	25.8 b-f	26.3 ab	26.8 bcd	25.0 efg	26.0 bc
Y-100	25.2 b-e	31.2 ab	29.6 bc	28.7 bc	22.9 fg	27.7 ab	27.8 b	26.1 b
Tanya	17.3 f	26.6 bcd	20.7 g	21.5 g	21.0 h	25.9 bcd	24.7 efg	23.9 e
Nota	26.4 bcd	29.8 bcd	25.9 cde	27.4 b-e	23.5 d-g	27.2 a-d	25.4 def	25.4 bcd
K-99	29.1 b	28.6 bcd	25.6 c-f	27.7 bcd	25.6 bc	27.0 bcd	26.7 c	26.4 b
Hystar	21.5 ef	26.0 bcd	28.6 bc	25.4 c-f	22.9 efg	26.8 bcd	28.2 b	26.0 bc
Bezostaya	24.3 cde	29.2 bcd	20.7 g	24.7 d-g	23.6 d-g	26.4 bcd	24.3 g	24.8 cde
Tosunbey	28.0 bc	32.0 ab	26.9 bcd	29.0 b	22.5 gh	24.9 cd	26.3 cd	24.6 de
Esperia	34.8 a	30.7 abc	20.9 g	28.8 bc	27.5 a	27.2 d	24.7 fg	26.5 b
Pehlivan	25.8 bcd	23.9 cd	22.9 d-g	24.2 efg	25.0 bcd	24.4 abc	26.2 cd	25.2 bcd
Ahmetağa	22.4 de	29.5 bcd	30.8 b	27.5 b-e	22.9 fg	27.5 abc	28.3 b	26.2 b
Renan	26.6 bcd	37.0 a	35.7 a	33.1 a	24.8 b-e	29.8 a	29.4 a	28.0 a
Flamura 85	24.9 b-e	27.2 bcd	22.4 efg	24.8 d-g	24.2 c-g	26.3 bcd	25.8 cde	25.4 bcd
Ortalama	25.5 b	28.8 a	25.2 b	26.5	24.1 b	26.7 a	26.3 a	25.7
VK (%)	10.0	14.8	10.0	12.1	4.6	6.2	2.4	4.7

\* Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 önem düzeyine göre fark yoktur.

Gluten miktarı sonuçlarının değerlendirilmesinde;  $\leq$  % 20 (düşük), % 20-27 (orta), % 28-35 (iyi),  $>$  % 35 (yüksek) ölçütleri kullanılmaktadır (Özen ve Akman, 2015). Gluten kalitesini belirleyen önemli testlerden birisi de sedimentasyon değeridir (Zeleny ve ark., 1960). Ekmeklik unlarda hamurun kabarması ve elastikiyeti açısından gluten proteinleri önemli bileşenlerdendir (Egesel ve ark., 2009). Hamurun yoğrulması sırasında ağ gibi bir yapı oluşturan gluten proteinleri, maya tarafından oluşturulan karbondioksitin tutulmasını ve hamurun kabarmasını sağlar, bu nedenle

gluten miktarı un kalitesini belirlemede en önemli özelliklerden birisidir (Özen ve Akman, 2015).

Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda yaş gluten değerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Özer ve ark., 2003; Yağdı, 2004; Bilgin ve Korkut, 2005b; Ereifej ve ark., 2007; Egesel ve ark., 2009; Şahin ve ark., 2011; Linina ve Ruza, 2015; Mahla ve ark., 2015; Özen ve Akman, 2015).

Denemeye alınan çeşitlerin asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) değerine ilişkin ortalama

değerler Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelge 8'de görüldüğü üzere, yılların ortalamasına göre ADF değeri % 3.5-4.4 arasında değişmiş, en yüksek ADF değeri % 4.4 ile Flamura 85 çeşidinden, en düşük değer ise % 3.5 ile Renan çeşidinden elde edilmiştir. ADF değeri bakımından çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Üç yılın ortalamasına göre Syrena Odes'ka, Y-100, K-99, Bezostaya, Espiria, Ahmetağa ve Renan çeşitleri genel ortalamanın (% 3.9) altında ADF değerine sahip olmuşlardır. Nötr deterjanda çözünen lif (NDF) değerine ait ortalamalar istatistiksel olarak  $P \leq 0.01$  düzeyinde farklılık göstermiş ve yılların ortalamasına göre en çok NDF değeri % 16.0 ile Ahmetağa, en az NDF değeri ise % 15.5 ile Syrena Odes'ka çeşitlerinden elde edilmiştir.

Syrena Odes'ka, Tosunbey, Bezostaya ve Espiria çeşitleri genel ortalamanın altında NDF değerine sahip olmuşlardır (Çizelge 8). Araştırmacıların farklı ekmeklik buğday çeşitlerinde yaptıkları çalışmalarda ADF ve NDF değerlerinin değiştiğini bildirmişlerdir (Campell ve ark., 1995; Brand ve ark., 2003; Barteczko ve ark., 2009; Zilic ve ark., 2012).

Genotip ve özellikler arasındaki ilişkileri bir bütün olarak gösteren biplot analizi, yalnızca iki özellik arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizine göre üstünlükleri vardır (Yan ve Reid, 2008). Araştırmada incelenen özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin özelliklere göre değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Biplot analizinde Ana bileşen 1 % 36.0 ve Ana bileşen 2 % 25.4 olmak üzere toplamda varyasyonun % 61.4' ünü oluşturmuştur (Şekil 1). Syrena Odes'ka, Tosunbey ve Bezostaya çeşitleri tane verimi, bin tane ağırlığı, nişasta oranı, hektolitreye ağırlığı, bitki boyu ile yağ oranı özelliklerine yakın görünmekte ve bu özelliklere ait vektörler arasındaki açı  $90^\circ$ 'den küçük olduğundan bu özellikler arasında olumlu ve önemli bir ilişki olduğu söylenebilir. Protein, yağ gluten ve Zeleny sedimentasyon özellikleri arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiş ve bu özellikler bakımından Renan çeşidi ön plana çıkmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi aynı grupta yer alan özellikler arasında yapılan korelasyon analizinde de bu özellikler arasındaki ilişkinin % 1 ve % 5 düzeylerinde önemli ve olumlu olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 8. Ekmeklik buğday çeşitlerinin ADF ve NDF değerlerine ilişkin ortalama değerler\*

Çeşitler	ADF (%)				NDF (%)			
	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama	2010-11	2011-12	2012-13	Ortalama
Syrena Odes'ka	3.8 de	3.8 abc	3.8 a-d	3.8 c-f	14.7 cde	15.8 abc	16.0 bc	15.5 c
Krasunia Odes'ka	4.0 b-e	4.0 ab	4.1 ab	4.0 bcd	15.7 a	15.6 abc	15.9 bc	15.7 abc
Y-100	3.9 cde	3.7 abc	3.4 de	3.7 ef	14.2 e	15.9 ab	16.6 ab	15.6 bc
Tanya	5.0 a	3.9 bc	3.8 a-d	4.2 ab	15.5 ab	15.9 abc	16.6 ab	16.0 ab
Nota	4.2 bcd	4.0 ab	4.0 abc	4.1 abc	15.5 ab	15.8 abc	16.1 bc	15.8 abc
K-99	3.8 ef	3.8 abc	3.8 bcd	3.8 c-f	14.8 cd	15.9 abc	16.5 abc	15.7 abc
Hystar	4.4 b	3.9 abc	3.8 bcd	4.0 bcd	15.0 bcd	15.9 ab	16.6 ab	15.8 abc
Bezostaya	4.4 b	3.5 bc	3.5 cd	3.8 c-f	15.2 abc	15.0 c	15.0 d	15.1 de
Tosunbey	4.2 bcd	3.8 abc	3.5 cd	3.9 cde	14.7 cde	15.6 abc	15.9 c	15.4 cd
Espiria	3.3 f	3.8 bc	3.9 abc	3.7 ef	14.5 de	15.2 bc	15.0 d	14.9 e
Pehlivan	4.1 b-e	4.0 abc	3.8 bcd	3.9 b-e	15.5 ab	15.2 bc	16.4 bc	15.7 abc
Ahmetağa	4.1 b-e	3.8 bc	3.3 de	3.7 def	14.8 cd	16.3 a	17.1 a	16.0 a
Renan	4.3 bc	3.4 c	2.9 e	3.5 f	14.9 cd	15.7 abc	16.3 bc	15.7 abc
Flamura 85	4.4 b	4.4 a	4.3 a	4.4 a	15.1 bc	15.9 abc	16.5 abc	15.8 abc
Ortalama	4.1 a	3.8 b	3.7 c	3.9	15.0 c	15.7 b	16.2 a	15.6
VK (%)	6.4	8.7	8.4	7.8	2.2	3.4	2.4	2.7

\* Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 önem düzeyine göre fark yoktur.

Ahmetağa ve Nota çeşitleri kül oranı ve NDF değerlerine, Tanya çeşidi ise ADF değerine daha yakın olmuştur. Merkeze doğru yaklaşan çeşitlerden Krasunia Odes'ka, Pehlivan, Hystar, Flamura 85, K-99 ve Y-100 çeşitleri birden fazla özellik açısından öne çıkarken, genel ortalama değerleri bir özellik açısından öne çıkan çeşitlere göre daha düşük olmuştur (Şekil 1)

Araştırmada incelenen tane verimi, bitki boyu ve bazı kalite özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 9'da verilmiştir. Özellikle yüksek sıcaklıklar ve yetersiz

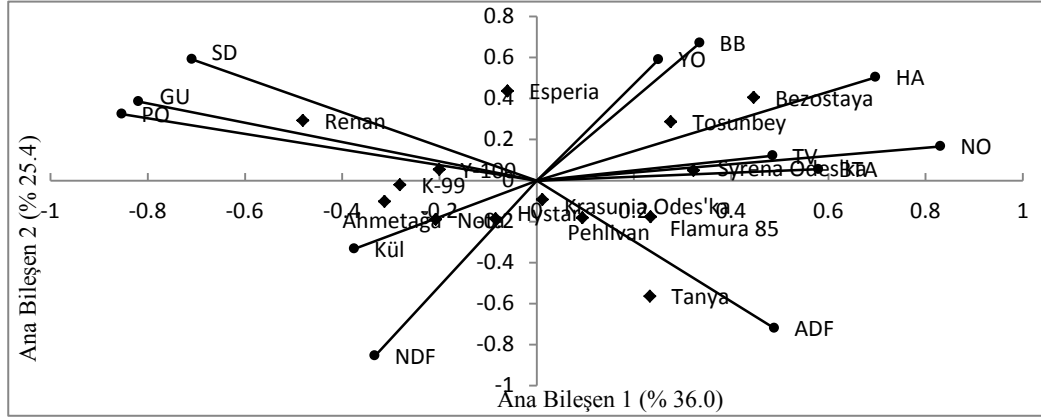
yağış nedeni ile, kuru tarım yapılan bölgelerde buğday kalite unsurlarında önemli değişimler olabilmektedir (Karnoven ve ark., 1991). Bundan dolayı, kalite özelliklerinin birbirleriyle ve tane verimi ile olan ilişkileri iklimsel şartlara bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Egesel ve ark., 2009; Mut ve ark., 2010).

Tane verimi ile bitki boyu, bin tane ağırlığı, yağ oranı, nişasta oranı, ADF ve hektolitreye ağırlığı arasında olumlu ve önemli, kül oranı, protein oranı, NDF ve yağ gluten



arasında ise olumsuz ve önemli ilişki belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı ile yağ oranı, nişasta oranı, ADF değeri ve hektolitreye ağırlığı arasında olumlu ve önemli, kül oranı, protein oranı, NDF ve yağ gluten oranı arasında olumsuz ve önemli ilişki görülmüştür. Campbell ve ark.

(1995) hektolitreye ağırlığı ile nişasta, yağ ve protein oranı arasında önemli ve olumlu, ADF ve NDF değeri ile önemli ve olumsuz ilişkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmacılar protein oranı ile



Şekil 1. İncelenen özelliklerin Biplot analiz yöntemi ile gruplandırılması ve genotiplerin incelenen özelliklerle olan ilişkisi (TV: tane verimi, BTA: bin tane ağırlığı, NO: nişasta oranı, HA: hektolitreye ağırlığı, BB: bitki boyu, YO: yağ oranı, SD: Zeleny sedimentasyon değeri, GU: yaş gluten, PO: protein oranı, KÜL: kül oranı, NDF: nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADF: asit deterjanda çözünmeyen lif)

Çizelge 9. Özellikler arası korelasyon katsayıları ve önemlilik seviyeleri

	BB	TV	BTA	KÜL	YO	PO	NO	ADF	NDF	SD	GU
TV	0.319**										
BTA	0.390**	0.725**									
KÜL	-0.278**	-0.607**	-0.626**								
YAĞ	0.291**	0.455**	0.305**	-0.354**							
PO	-0.275**	-0.279**	-0.320**	0.379**	-0.555**						
NO	0.335**	0.607**	0.638**	-0.907**	0.454**	-0.565**					
ADF	0.054	0.345**	0.284**	-0.221**	0.362**	-0.577**	0.354**				
NDF	-0.309**	-0.544**	-0.568**	0.783**	-0.606**	0.426**	-0.786**	-0.027			
SD	-0.117	0.058	-0.074	0.007	-0.201**	0.728**	-0.180**	-0.514**	0.01		
GU	-0.237**	-0.308**	-0.307**	0.383**	-0.541**	0.960**	-0.545**	-0.606**	0.429**	0.735**	
HA	0.290**	0.724**	0.673**	-0.769**	0.461**	-0.351**	0.747**	0.299**	-0.720**	0.102	-0.402**

\* $p < 0.05$  ve \*\* $p < 0.01$  düzeyinde önemlidir. BB= Bitki Boyu (cm), TV= Tane Verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), BTA= Bin Tane Ağırlığı (g), KÜL=Kül (%), YO= Yağ Oranı (%), PO= Protein Oranı (%), NO= Nişasta Oranı (%), ADF= Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (%), NDF= Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (%), SD= Sedimentasyon Değeri (ml), GU=Gluten İçeriği (%)’ni göstermektedir.

nişasta oranı arasında önemli ve olumsuz ilişkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Protein oranı ile Zeleny sedimentasyon değeri ve yaş gluten oranı arasında çok yüksek oranda olumlu ve önemli, ADF, yağ oranı ve nişasta oranı ile ise olumsuz ve önemli ilişki tespit edilmiştir. Protein, sedimentasyon ve yaş gluten oranı gibi bazı kalite özellikleri ile tane verimi arasında

çoğunlukla sabit yönlü bir ilişki olduğu ancak farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda bu ilişkisinin derecesinin farklı olabildiği görülmektedir (Loffler ve ark., 1985; Egesel ve ark., 2009; Mut ve ark., 2010). ADF değeri ile Zeleny sedimentasyon ve yaş gluten değeri arasında önemli ve olumsuz, hektolitreye ağırlığı ile önemli ve olumlu ilişki belirlenmiştir (Çizelge 9).

#### 4. Sonuç

İncelenen özellikler içerisinde, verim buğdayda en önemli ıslah amacıdır. Ancak günümüzde tek başına verimin yeterli olmadığı bunun yanında kullanım amacına göre bazı kalite özellikleri ile verimin birlikte değerlendirilmesi gerekliliği vardır. Çalışmada ele aldığımız özellikler verim ile kaliteyi birlikte değerlendirmede kullanılan başlıca özelliklerdir. Yozgat ekolojik koşullarında üç yıl boyunca yürütülen bu çalışmada; çeşitlerin ortalama tane verimleri 290.5-372.2 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiş, en yüksek tane verimi sırasıyla Tosunbey (372.2 kg da<sup>-1</sup>), Flamura 85 (367.1 kg da<sup>-1</sup>), Syrena Odes'ka (357.0 kg da<sup>-1</sup>) ve Krasunia Odes'ka (346.9 kg da<sup>-1</sup>) çeşitlerinden elde edilmiştir. Bununla birlikte, Biplot analiz grafiğine göre de Tosunbey, Syrena Odes'ka hektolitreye ağırlığı, bin tane ağırlığı, nişasta ve yağ oranı ile bitki boyu bakımından ön plana çıkmışken, Flamura 85 ve Krasunia Odes'ka çeşitleri grafikte merkeze yakın yer almış ve kalite özellikleri bakımından orta seviyede olmuşlardır. Çalışmada Renan çeşidi tane verimi bakımından genel ortalamanın altında bir verim göstermesine rağmen protein oranı, yaş gluten ve Zeleny sedimentasyon değeri bakımından üstünlük göstermiştir. Verim ve kalite özellikleri yetiştirildikleri bölgenin iklim ve toprak özelliklerinden etkilendiği ve değişim gösterdiği belirlenmiştir. Üç yıllık çalışma sonucunda Yozgat koşullarında Tosunbey, Flamura 85, Syrena Odes'ka ve Krasunia Odes'ka çeşitlerinin yüksek verimli olmaları yanında istenilen kalite özellikleri bakımından da iyi seviyede olmalarından dolayı bu bölgeye tavsiye edilebileceği görülmektedir.

#### Kaynaklar

AACC, American Association of Cereal Chemists., 2005. Approved Methods of the AACC (11<sup>th</sup> ed.). St. Paul, USA.

Akçura, M., 2011. The relationships of some traits in Turkish winter bread wheat landraces. Turk J. Agric. For. 35: 115-125.

Aktaş, B., Eren, H., 2014. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tane verimi stabilitesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 23(2): 69-76.

Anjum, M.I., Ghazanfar, S., Begum, I., 2014. Nutritional composition of wheat grains and straw influenced by differences in varieties grown under uniform agronomic practices. Inter. J. Vet. Sci. 3(3): 100-104.

Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Mut, Z., Özcan, H., 2005. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının Karadeniz koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. AÜZF Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3): 257-262.

Barteczko, J., Augustyn, R., Lasek, O., Smulikowska, S., 2009. Chemical composition and nutritional value of different wheat cultivars for broiler chickens. Journal of Animal and Feed Sciences, 18: 124-131.

Bilgin, O., Korkut, K. Z., 2005a. Bazı ekmeklik buğday çeşit ve hatlarının (*T. aestivum* L.) tane verimi ve bazı fenolojik özelliklerinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat

Fakültesi Dergisi, 2(1): 57-65.

Bilgin, O., Korkut, K. Z., 2005b. Determination of some bread quality and grain yield characters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture and Biology, 1: 125-128.

Brand, T.S., Cruywagen, C.W., Brandt, D.A., Viljoen, M., Burger, W.W., 2003. Variation in the chemical composition, physical characteristics and energy values of cereal grains produced in the western cape area of South Africa. South African Journal of Animal Science, 33(2): 117-126.

Campbell, L. D., Boila, R. J., Stothers, S. C., 1995. Variation in the chemical composition and test weight of barley and wheat grain grown at selected locations throughout Manitoba. Can. J. Anim. Sci. 75 (2): 239-246.

Egesel, C.Ö., Kahrman, F., Tayyar, Ş., Baytekin, H., 2009. Ekmeklik buğdayda un kalite özellikleri ile dane veriminin karşılıklı etkileşimleri ve uygun çeşit seçimi. Anadolu J. Agric. Sci. 24: 76-83.

Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., 2001. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayın No: 2, Konya.

Ercan, R., Seçkin, R., Velioglu, S., 1988. Ülkemizde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitesi. Gıda, 13(2): 107-114.

Ereifej, K. I., Al-Karaki, G. N., Hammouri, M. K., 2007. Variability of some physico-chemical characteristics of wheat cultivars grown under arid and semiarid mediterranean conditions. International Journal of Food Properties, 4(1), 91-101.

FAO., 2014. FAO Production Yearbook. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome. <http://www.faostat.fao.org/> [Erişim tarihi: 08 Şubat 2016].

Grausgruber, H., Oberforster, M., Wertebler, M., Ruckenbauer, P., Volmann, J., 2000. Stability of quality traits in austrian-grown winter wheats. Field Crops Research, 66 (3): 257- 267.

Karnoven, T., Peltonen, J., Kivi, E., 1991. The effect of northern climate conditions on sprouting damage of wheat grains. Acta Agric. Scand. 41: 55-64.

Kendal, E., Doğan, Y., 2013. Diyarbakır koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. YYÜ Tar. Bil. Derg. 23(3): 199-208.

Koca, Y. O., Dere, Ş., Ereku, O., 2011. İleri ekmeklik buğday hatlarında tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2): 15-22.

Konak, C., Akça, M., Turgut, İ. 1999., Aydın ili koşullarına uyumlu buğday çeşitlerinin belirlenmesi. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 87-90, 15-18 Kasım, Adana.

Kutlu, H.R., 2008. Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zooteknik Bölümü, Ders Notu, Adana.

Kün, E., 1996. Tahıllar-I (Serin iklim Tahılları). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay., Yayın No:1451, Ankara

Kün, E., Avcı, M., Uzunlu, V., Zencirci, N., 1995. Serin iklim tahıllarında tüketim projeksiyonları ve üretim hedefleri. Ziraat Mühendisliği 4. Teknik Kongresi, 417-428, Ankara.

Liniņa, A., Ruža, A., 2015. Weather conditions effect on fresh and stored winter wheat grain gluten quantity and quality. Nordic View To Sustainable Rural Development. Proceedings of the 25th NJF Congress, 148-153, 16-18 June, Riga, Latvia.

- Lipkovich, I., Smith, E. P., 2002. Biplot and singular value decomposition macros for excel. Department of Statistics Virginia Tech Blacksburg, VA 24061-0439. <http://www.jstatsoft.org/v07/i05/paper>.
- Loffler, C.M., Rauch, T.L., Busch, R.H., 1985. Grain and plant protein relationships in Hard Red Spring wheat. *Crop Sci.* 25: 521-524.
- Mahla, R., Madan, S., Munjal, R. Hasija, R. J., 2015. Drought stress induced changes in quality and yield parameters and their association in wheat genotypes. *Environment and Ecology*, 33(4): 1639-1643.
- Mut, Z., Aydın, N., Bayramoğlu, N.O., Özcan, H., 2007. Bazı ekmelik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve başlıca kalite özelliklerinin belirlenmesi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 193-201.
- Mut, Z., Aydın, N., Özcan, H., Bayramoğlu, H.O., 2005. Orta Karadeniz Bölgesinde ekmelik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *GOP Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi*, 22 (2): 85-93.
- Mut, Z., Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Özcan, H. 2010., Stability of some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *J. Environ. Biol.* 31: 489-495.
- Naneli, İ., Sakin, M.A., Kıral, A.S., 2015. Tokat-Kazova şartlarında bazı ekmelik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *GOÜ. Ziraat Fak. Der.* 32(1): 91-103.
- Özen, S., Akman, Z., 2015. Yozgat ekolojik koşullarında bazı ekmelik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1): 35-43.
- Özer, M. S., Özkan, H., Kola, H., Kaya, C., 2003.Ç.Ü.Z.F Tarla Bitkileri Bölümü tarafından yetiştirilen bazı ekmelik buğday ve tritikale çeşit ve hatları ile bölgemiz çiftçilerince üretilen ticari buğday çeşitlerinin fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA*, 28(3): 251: 257.
- Öztürk, A., Aydın, F., 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 190: 93-99.
- Sade, B., 1997. Tahıl Islahı (Buğday ve Mısır). Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:31, Konya.
- SAS Institute., 1998. *INC SAS/STAT users' guide release 7.0*, Cary, NC, USA.
- Šramková, Z., Gregová, E., Šturdík, E., 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1): 115-138.
- Şahin, M., Aydoğan, S., Göçmen Akçacık, A., Demir, B., 2013. Orta Anadolu Bölgesinde ekimi yapılan bazı ekmelik buğday genotiplerinin kuru ve sulu koşullardaki verim ve kalitelerinin karşılaştırılması. 10. Tarla Bitkileri Kongresi, 271-277, 10-13 Eylül, Konya.
- Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Aydoğan, S., 2011. Bazı ekmelik buğday genotiplerinin tane verimi ile kalite özellikleri arasındaki ilişkiler ve stabilite yetenekleri. *Anadolu, J. of AARI.* 21(2): 39-48.
- Şanal, T., Pehlivan, A., Yazar, S., Olgun, M., 2009. Quality analysis of Turkey in bread wheat by interpolation technique 11. white hard bread wheat. biological diversity and conservation. *Çukurova Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 5 (2): 1-16.
- TÜİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> [Erişim tarihi: 08 Şubat 2016].
- Ünal, S. S., 2002. Importance of wheat quality and methods in wheat quality determination. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*, 25-37, 3-4 Ekim, Gaziantep.
- Ünal, S.S., 1991. *Hububat Teknolojisi*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Baskısı, 216, İzmir.
- Van Soest, P.J., Robertson J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10): 3583-3597.
- Yağdı, K., 2004. Bursa koşullarında geliştirilen ekmelik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının bazı kalite özelliklerinin araştırılması. *Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 18(1): 11-23.
- Yan, W., Reid J.F., 2008. Breeding line selection based on multiple traits. *Crop Sci*, (48): 417-423.
- Yazar, S., Salantur, A., Özdemir, B., Alyamaç, M. E., Evlice, A. K., Pehlivan, A., Akan K., Aydoğan, S., 2013. Orta Anadolu Bölgesi ekmelik buğday ıslah çalışmalarında bazı tarımsal karakterlerin araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(1): 32-40
- Zeleny, L., Greenaway, W. T., Gurney, G. M., Fifield, C. C., Lebsack, K., 1960. Sedimentation value as an index of dough-mixing characteristics in early-generation wheat selections. *Cereal Chem.* 37: 673-678.
- Žilic, S., Dodig, D., Milašinovic Šeremešic, M., Kandic, V., Kostadinovic, M., Prodanovic S., Savić, D., 2012. Small grain cereals compared for dietary fibre and protein contents. *GENETIKA*, 43(2): 381-395.



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.289019



## Aluviyal araziler üzerinde oluşmuş farklı toprakların uygun toprak işleme durumlarının belirlenmesi

Orhan Dengiz, Fatma Esra Gürsoy, Mustafa Sağlam\*

*Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Turkey*  
\* Sorumlu yazar/corresponding author/ mustafa.saglam@omu.edu.tr

Geliş/Received 21/01/2016

Kabul/Accepted 15/03/2016

### ÖZET

Toprakların uygun nem düzeyinde işlenmesi, tarımsal üretimin ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği için temel esastır. Bu çalışma, toprak strüktürüne en az zararlar, toprak işlemenin yapılabileceği en uygun nem aralığını ve işleme zamanını değerlendirmek amacıyla Samsun İli Bafra ilçesine bağlı Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresini kapsayan, yaklaşık 1762.4 ha'lık alanda yürütülmüştür. Çalışma alanına ait haritalama birimleri ve gerekli olan bazı toprak parametrelerinin belirlenmesinde, daha önce yapılmış olan detaylı toprak haritasından yararlanılmıştır. Alanın arazi kullanımı ve toprak özellikleri dikkate alınarak, toplam 50 adet bozulmuş toprak örneğinde (0-20 cm) tekstür, organik madde (OM), tarla kapasitesi (TK), plastik limit (PL), likit limit (LL) ve doğrusal genişleyebilirlik katsayısı (COLE) gibi toprak özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler kullanılarak plastiklik indeksi (PI) ve kıvam indeksi (Ic) hesaplanmıştır. Kıvam indeksi (Ic) değerleri, detaylı toprak haritası ile birlikte her bir toprak serisinde toprakların toprak işleme için uygun nem aralıklarının belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca, Ic değerleri jeostatistiksel ve CBS yöntemleri ile değerlendirilerek toprak serilerinin toprak işleme zamanı için en uygun nem düzeylerini gösteren kriging haritası üretilmiştir. Elde edilen kriging haritası, çalışma alanında dağılım gösteren toprak serilerinin çoğunluğunda uygun olmayan nem koşullarında yapılacak toprak işlemlerinin, toprak strüktüründe önemli bozulmaların meydana geleceğini ortaya koymuştur. Araştırma alanında dağılım gösteren farklı topraklarda, uygun olmayan nem koşullarındaki toprak işlemlerine bağlı toprak strüktüründeki bozulmaları azaltmak için, araştırma alanı topraklarının toprak işleme zamanındaki nem içerikleri dikkate alınarak toprak işleme yapılması gerektiği önerilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:**  
Uygun toprak nemi  
Toprak işlenebilirliği  
Jeostatistik  
Toprak haritası

### Determination of suitable workability case for different soils formed on alluvial land

#### ABSTRACT

Workability of soils in suitable moisture condition is essential in order to maintain sustainability of agricultural production and natural resources. This study was carried out with the aim of determining the most suitable moisture content and workability time of soils in Dedeli and Çetinkaya villages' area and close areas, about 1762.4 ha, located in Bafra- Samsun. Land units and required soil data of the study area were taken from detailed soil map. By taking into consideration of land use and soil properties, total 50 disturbed soil samples were collected from 0-20 cm soil depth. In these soil samples, some soil properties such as texture, organic matter (OM), field capacity (FC), plastic limit (PL), licit limit (LL) and coefficient of lineal extensibility (COLE) were analyzed and plastic (PI) and consistency indexes were also calculated (Ic). The values of Ic were evaluated to determine workability in the most suitable moisture for each soil series in detailed soil map. Furthermore, the kriging maps, which show the most suitable moisture values for workability times of each soil serial, were produced by evaluating of Ic values by using geostatistical and GIS techniques. The produced kriging map showed that the tillage practices applied under unsuitable moisture conditions would lead to serious damages in soil texture in most of the soil series found in study area. In order to decrease destruction of soil structure in unsuitable moisture condition when applied soil tillage in the study area, it should be taken into consideration of soil moisture condition for each soil workability time.

**Keywords:**  
Suitable soil moisture  
Soil workability  
Geostatistic  
Soil map

## 1. Giriş

Tarımsal amaçlı çalışmalarda genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilirken, mekaniksel özellikleri üzerinde pek durulmamaktadır (Denef ve ark., 2004). Buna karşılık, kıvam limitleri olarak tanımlanan likit limit (LL), plastik limit (PL) ve plastiklik indeksi (Pİ), toprağın tarımsal veya mühendislik amaçlı kullanımındaki bazı özelliklerinin değerlendirilmesinde önem taşıyan özelliklerdir ve söz konusu bu özellikler, toprağın hakim kil minerali çeşidine, kil içeriğine, değişebilir katyonların cinsine ve organik madde miktarına bağlı olarak değer kazanır (Canbolat ve Öztaş, 1997). Ayrıca, toprağın fiziksel özelliklerinin değişiminde etkili olan ve ıslanma-kuruma süreci içinde ortaya çıkan kabuk oluşumu, çatlama, şişme-büzülme, sıkışma gibi olaylar da toprağın mekaniksel özelliklerinin etkisi altındadır (Canbolat ve ark., 1999). Bu nedenle, özellikle tarımsal alanlarda, toprakta bitki, kök ve gövde gelişimini etkileyen mekaniksel davranışların bilinmesine, hem toprak işleme için uygun işleme zamanlarının belirlenmesi hem de toprakların sıkışmasının ve strüktürel bozulmalarının önlenmesi için uygun mekaniksel yönetim uygulamalarının yürütülebilmesi bakımından ihtiyaç vardır.

Tarımsal üretimin en temel bileşenlerinden olan toprak işlemenin, tarımsal faaliyetlerin başlangıcını oluşturması sebebi ile, toprak işlemenin başlıca sorunlarından olan ‘toprağın işlenmeye uygunluğu’ veya ‘uygun toprak işleme zamanı’ bakımından kantitatif olarak değerlendirilmesi önem teşkil etmektedir. Bilindiği gibi topraklar, toprağın tipine göre değişen nem içeriklerinde farklı kıvam düzeyindedirler. Bu nedenle, toprakların toprak çeşidine göre uygun nem koşullarına sahip oldukları zamanlarda işlenmeleri, hem toprak işlemenin amacına ulaşması hem de tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması için oldukça önemlidir. Keller ve ark. (2007), toprak işleme zamanındaki nem miktarının, toprak işlemenin sonuçları bakımından oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. Toprakların işlenebileceği en uygun nem içeriği olarak, toprak işleme zamanında küçük agregatların en geniş oranının olduğu su içeriği kabul edilirken (Dexter, 1988), birçok araştırmacı tarafından yapılan bir diğer tanımlamada ise, Atterberg (1911) tarafından tanımlanan PL değerinin, toprakla olan ilişkisi kullanılmaktadır (Mueller, 1985; Larney ve ark., 1988; Terzaghi ve ark., 1988; Smedema, 1993; Marshall ve ark., 1996; Mueller ve Schindler, 1998; Özdemir, 1998). Bu ilişkiye göre, toprak işleme için en uygun nem içeriğinin, çoğunlukla PL değerinin yaklaşık 0.7-0.9’ una karşılık gelen gravimetrik nem içeriğinin tarımsal mekanizasyon için en uygun nem içeriği olduğu bildirilmektedir (Dexter ve Bird, 2001; Keller ve ark. 2007). Toprakların mekanik özellikleri dikkate alınarak toprağın işlenmeye uygunluğunun belirlenmesine yönelik yapılan değerlendirmelerde,

genel olarak toprağın değişken nem içeriklerinde sahip olacağı farklı kıvam düzeyleri ve bu kıvam düzeylerinde toprak işlemeye karşı göstereceği direnç ile tarımsal mekanizasyon aletlerinin oluşturacağı basınçlara karşı toprağın fiziksel özelliklerindeki değişimler dikkate alınır.

Bir toprağın kıvam düzeyi, sahip olduğu nem miktarı ile ilişkilidir ve genel olarak toprak ıslakken akışkan, nemli iken yapışkan ve kuru olduğunda da katı durumdadır. Kuru bir toprağa su ilave edildiğinde yapışkanlık göstermeye başladığı andaki nem içeriği PL, su içeriğinin daha da artırılmasıyla toprağın akmaya başladığı andaki nem içeriği ise LL değeri olarak tanımlanır. LL ile PL arasındaki sayısal fark ise Pİ olarak adlandırılır (Baumgartl, 2002). Tarımda PL değeri, toprağın plastiklik gösterdiği minimum nem içeriği olarak ifade edildiğinden, toprak işleme ile çamurlaşmanın meydana gelmeye başladığı minimum nem değeri olarak kabul edilmekte ve toprak işleme zamanının belirlenmesinde iyi bir indeks olarak yaygın şekilde kabul görmektedir. Bu nedenle, pratik olarak toprak işleme en uygun zaman olarak, PL değerinin altında, ancak ona yakın nem içeriğinde yapılmalıdır. Bunun yanında plastiklik indeksi de, plastik bölgenin bir ölçüsü olup, toprağın işlenmeye uygunluk nem düzeyinin belirlenmesinde kullanılan başka bir ölçüttür. Kumlu topraklar sahip oldukları küçük plastiklik indeksi değerleri nedeniyle, toprağın çamurlaşmasına sebep olmaksızın işlenmeleri mümkündür (Demiralay ve Güresinli, 1979). Başka bir ifade ile toprağın işlenme tavında yakalanma güçlüğü yoktur. Ancak, killi topraklarda olduğu gibi toprakların Pİ değeri büyükse toprağın işlenmeye uygun nem koşulunda yakalanabilmesi oldukça zordur. Bu toprakların ya henüz ıslakken ya da uygun nem koşulu kaçırılmış olarak işlenme ihtimalleri yüksektir. Toprakların birinci durumda, yani ıslakken işlenmeleri toprakların çamurlaşmasına, ikinci durumda işlenmeleri ise, kesek ve toz oluşumuna sebep olabilmektedir. Her iki durumda da toprak strüktürü olumsuz yönde etkilenmektedir. Mueller ve ark. (2003), ince tekstürlü toprakların mekanik özelliklerinin içerdikleri su miktarına bağlı olarak büyük oranda değişiklik gösterdiğini ve bu durumunda killi toprakların işlenmeye uygun zaman dilimlerinin oldukça sınırlı olması durumunu ortaya çıkardığını bildirmektedirler. Fakat bu gibi bireysel toprakların araştırma çalışmalarının yapılmasına karşın, özellikle alana ait güncel ve farklı toprak sınıflarını ve sınırlarını içine alan detaylı toprak haritaları kullanılarak, alansal dağılım çalışmaları çok yaygın olmadığı görülmektedir.

Alüviyal arazilerin en önemli özelliklerinden birisi, bu alanlar içerisinde kısa mesafelerde çok değişkenlik gösteren ve bir birinden farklı karakteristiklere sahip toprakların yer alabilmesidir. Bu çalışma, Kızılırmak nehrinin getirmiş olduğu alüviyal depozitler üzerinde yer alan Samsun ili Bafra ilçesi Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresini kapsayan alanlarda, daha

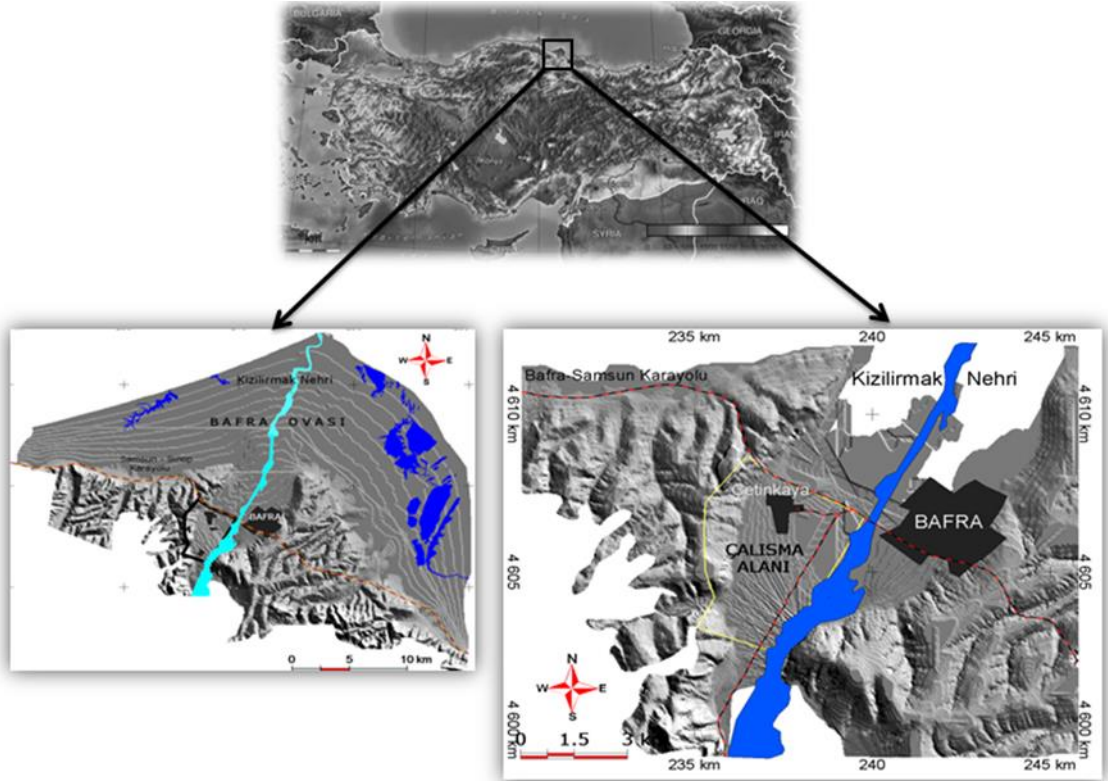
önce yapılan detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmasından yararlanılarak, alan içerisinde dağılım gösteren toprakların kıvam limiti değerlerini belirlemek suretiyle toprakların işlenmesi için en uygun nem aralığının tesbit edilmesi ve toprak işlemeye uygunluk dağılım haritalarının oluşturulması amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Araştırma alanının genel tanımı

Araştırma alanı Samsun ili Bafra ilçesine 5 km mesafede bulunan, Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresini içermektedir (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık olarak 1762.4 ha olup, 1:25.000 ölçekli haritada SAMSUN E35c4 paftası içerisinde ve Kızılırmak nehrinin sol sahilinde yer almaktadır. Araştırma alanı fizyografik özellik bakımından Kızılırmak nehrinin farklı zamanlarda getirdiği alüvyal depozitler üzerinde yer alan taban araziler ile etek arazilerden oluşmaktadır. Etek araziler üzerinde yer alan topraklar, daha ziyade ince bünyeli kolüvyal materyallerin üzerinde yer alırken; taban araziler, Kızılırmak nehrinin biriktirmiş olduğu alüvyonlardan oluşmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

#### 2.1.2. İklim

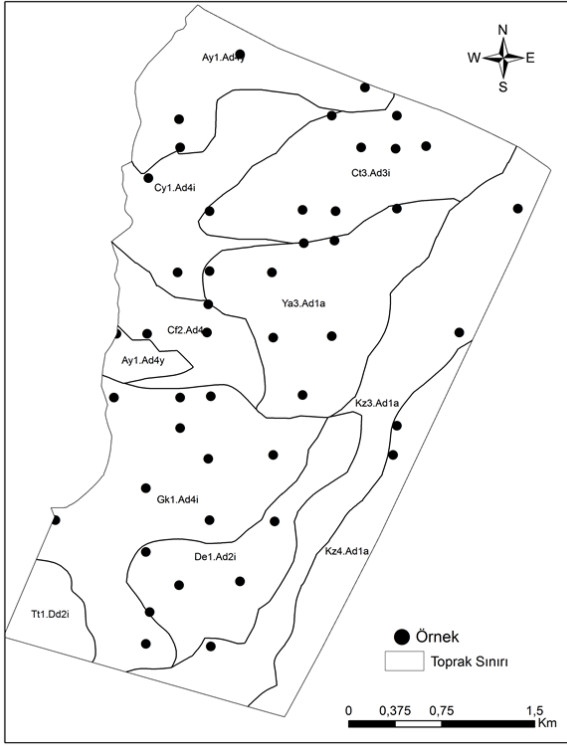
Samsun'un Bafra ilçesi uzun yıllar sıcaklık ve yağış ortalaması sırasıyla 13.6 °C ve 764.3 mm'dir. Yağışlar çoğunlukla kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Ayrıca toprak nem kontrol kesiti kış gün dönümünden (21 Aralık) sonraki 5 ay içerisinde ardışık olarak 45 gün veya daha fazla nemli olması ve yaz gün dönümünden (21 Haziran) sonraki 4 ay içerisinde ardışık 45 gün kadar uzun süre kuru kalmaması (Xeric nem rejiminden farklı) nedeniyle toprak nem rejimi "Ustic" dir. Çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi ise yıllık ortalama toprak sıcaklığı 8 °C' den fazla, 15 °C' den az ve 50 cm' deki yıllık ortalama kış ayları toprak sıcaklığı ile yıllık ortalama yaz ayları toprak sıcaklığı arasındaki fark 6 °C'den fazla olduğu için "Mesic" dir (Soil Survey Staff

1999).

#### 2.2. Yöntem

Çalışma alanını temsilen, toprak işleme derinliği olan 0-20 cm toprak derinliğinden toprak serileri ve arazi kullanım türleri dikkate alınarak 50 adet bozulmuş yüzey toprak örneği alınmış (Şekil 2) ve laboratuvar koşullarında havada kurutulan toprak örnekleri, tahta tokmakla ufalandıktan sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır duruma getirilmiştir.

Toprak örneklerinde tekstür tayini, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Gee ve Bauder, 1986); tarla kapasitesi (TK), seramik levha üzerine yerleştirilen suyla doymun bozulmuş toprak örnekleri üzerine 1/3 atm'lik basınç uygulamasıyla (Klute, 1986); toplam



Şekil 2. Toprak örnekleme noktaları

organik madde (OM), Jackson tarafından modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemi kullanılarak (Jackson, 1958). LL değerleri Casagrande aleti kullanılarak, PL değerleri toprakların 3 mm çapında bir çubuk şeklinde yuvarlandığında ufanmaya başladığı andaki nem miktarı olarak, Pİ değerleri ise LL ile PL arasındaki farktan belirlenmiştir (Sowers, 1965). Toprak örneklerinin doğrusal genişleyebilirlik katsayıları (COLE), doygunluktan biraz daha az nem düzeyinde iken balçıklaştırılan topraktan elde edilen 1 cm çapında ve 6-10 cm uzunluğundaki çubukların, kaygan bir yüzey üzerinde 48 saat süre ile atmosfer koşullarında kurutulduktan sonra uzunlukları ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik 1 kullanılarak değerler hesaplanmıştır (Schafer ve Singer, 1976).

$$COLE = \frac{L_m - L_d}{L_d} \quad (1)$$

COLE: Doğrusal genişleyebilirlik katsayısı,  
 $L_m$ : Nemli çubuğun uzunluğu (cm),  
 $L_d$ : Kuru çubuğun uzunluğu (cm).

Kıvam indeksi ( $I_c$ ), LL ile TK arasındaki farkın Pİ değerine oranlanmasıyla aşağıdaki eşitlik 2 ile bulunmuştur (Baumgartl, 2002);

$$I_c = \frac{LL - TK}{PI} \quad (2)$$

$I_c$ : Kıvamindeksi,  
 LL: Limit limit,  
 TK: Tarlakapasitesi,  
 Pİ: Plastiklikindeksi.

Hesaplanan  $I_c$  değerlerinin uzaysal değişkenlik bilgisini ortaya koymak amacıyla, öncelikle en uygun semivariogram modeli tahmin edilmiştir. Semivariogram modelinin tahmininde aşağıdaki eşitlik 3' den yararlanılmıştır.

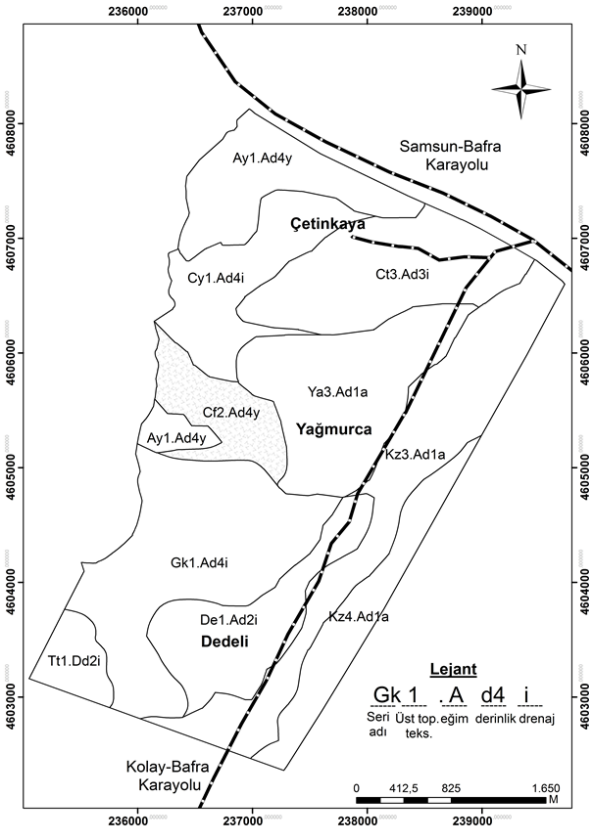
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (Z_{xi} - Z_{xi+h})^2 \quad (3)$$

$\gamma(h)$ : h uzaklığı için semivaryans,  
 h: ayırma uzaklığı (lag),  
 $Z_{(xi)}$ :  $x_i$  noktasında ölçülmüş örnek değeri,  
 $Z_{(xi+h)}$ :  $x_i+h$  noktasında ölçülmüş örnek değeri,  
 N: h ayırma uzaklığı için çiftlerin toplam sayısını tanımlamaktadır.

Kıvam indeksi ( $I_c$ ) için en uygun semivariogram modeline karar verilirken, belirleme katsayısını ( $R^2$ ) en yüksek, hata kareler toplamını (HKT) en düşük ve çapraz doğrulamada regresyon katsayısını (r) en yüksek tahmin eden model uygun semivariogram modeli olarak seçilmiştir. Daha sonra tahmin edilen semivariogram modeli kullanılarak krigleme yapılmış ve bu şekilde çalışma alanı içerisinde  $I_c$  değerlerinin değişkenlikleri haritalanmıştır. Kıvam indeksine ( $I_c$ ) ait semivariogram modeline karar verilirken GS+7.0 paket programı, krigleme haritalarının hazırlanmasında ise Arc GIS 9.3 ve CBS programı kullanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı toprakları, Sarioğlu ve Dengiz (2012) tarafından detaylı toprak haritalama çalışmasına göre topraklar Entisol, Inceptisol ve Vertisol ordolarında sınıflandırılmış ve 1:25.000 ölçekte toprak haritasını oluşturmuşlardır (Şekil 3). Oluşturulan temel toprak haritası, 10 adet toprak serisi ve bu serilere ait eğim, drenaj, derinlik gibi fazları içermektedir. Çalışma alanı topraklarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge1 incelendiğinde, toprakların değişkenlik katsayısına (DK) göre genel olarak orta (% 15-35) ve yüksek (> %35) değişkenliğe sahip olduğu görülmektedir. İncelenen toprak özelliklerinden PL, LL, Pİ, COLE ve  $I_c$  gibi mekanik toprak özelliklerindeki orta ve yüksek değişkenliklerin öncelikli olarak alüvyal toprakların kil ve kum içeriklerindeki orta ve yüksek değişkenliklerden kaynaklandığı, OM içeriğindeki değişkenliklerin ise öncelikli olarak çalışma alanının da uygulanan farklı ürün amenajman sistemlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanı temel toprak haritası (Sarıoğlu ve Dengiz, 2012)

Çalışma alanı topraklarının büyük bir bölümü ağır bünyeli topraklardan oluşurken, kil içeriği yüksek toprakların yaygın olarak Kızılırmak nehrinin kuzey ve kuzeybatı bölgelerinde yer alan Gökçesu, Hıdırellez ve Altınyaprak serilerinde dağılım sergilediği ve bu toprakların kil içeriklerinin de kimi yerlerde % 60'ın üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 3). Yüksek kil içerikleri nedeniyle yüksek kohezif özellikler sergileyen ve İc değerleri yüksek bulunan bu toprakların, gerek tohum yatağı hazırlanması amacıyla gerekse diğer amaçlar için yürütülecek tarımsal mekanizasyon işlemleri için toprak işleme zamanlarının çok iyi belirlenmesi ve uygun tav değerlerinde işlenmeleri gerekmektedir.

Toprak tava, toprakların hava ve su kapasitelerinin istenilen düzeyde olmasının bir ölçüsüdür. Bir başka açıdan, toprağın işlenebilmesi ve bitki tohumlarının çimlenebilmesi için en uygun düzeyde su ve hava içeren topraklar, tavlı topraklar olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle, toprak tavaının toprak suyu ile olan bu ilişkisi, farklı tekstürlere sahip topraklar için farklı tav zamanlarını ortaya çıkartmaktadır. Çalışma alanının Kızılırmak nehrinin taşıdığı sedimentler üzerinde oluşan bir alüviyal delta ovasında yer alması ve nehir yatağından itibaren mesafeye bağlı olarak toprakların tekstürel değişkenliklerinin yüksek olması, topraklarda farklı nem içeriklerinin ve tav durumlarının oluşmasına neden olmaktadır.

Çizelge 1. İncelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Toprak Özellikleri	Ortalama	En Büyük	En Küçük	Standart Sapma	DK	Çarpıklık	Basıklık	n
Kil	35.10	63.03	19.00	11.85	33.75	0.58	-0.52	50
Silt	36.65	56.90	19.31	6.69	18.26	0.01	1.30	50
Kum	28.76	51.16	10.69	10.73	37.33	0.31	-0.73	50
OM	2.39	3.60	1.10	0.73	30.60	-0.27	-0.76	50
TK	34.35	45.90	20.40	6.32	18.39	-0.13	-0.69	50
PL	27.62	36.20	19.30	4.61	16.68	-0.14	-0.89	50
LL	44.76	69.40	25.90	10.78	24.07	0.51	-0.53	50
Pİ	17.13	38.40	4.70	7.82	45.67	0.73	0.31	50
COLE	0.16	0.29	0.05	0.06	36.25	0.21	-0.77	50
Ic	0.60	1.96	0.04	0.38	64.14	1.43	2.35	49

OM: Organik Madde (%); TK: Tarla Kapasitesi (%); DK: Değişkenlik Katsayısı (%); PL: Plastiklik Limit (%); LL: Likit Limit (%); Pİ: Plastiklik İndeksi; COLE: Doğrusal Genişleyebilirlik Katsayısı; Ic: Kıvamİndeksi.



Toprakların tekstürel değişkenliğinin bir sonucu olan bu durum, dolaylı olarak çalışma alanı toprakları için farklı toprak işleme zamanlarını ortaya çıkarmaktadır. Tarımsal üretim sistemlerinde, tohum çimlenmesi ve bitki gelişimi için uygun tohum yatağı hazırlanması amacıyla yürütülen toprak işleme uygulamaları sırasında, toprağın temel fonksiyonu, işlenebilir olmasıdır. Toprak işleme uygulamaları için toprak koşulları, tarla trafiğine uygunluk ve işlenebilir olması bakımından sınıflandırılabilir. Tarla trafiğine uygunluk, toprak strüktürünün zarar görmeksizin trafiğe karşı koyabildiği ve toprağın çekilebildiği zaman olarak tanımlanırken; işlenebilir olması, toprağın kültivasyon ve toprak hazırlığı uygulamaları için uygun olduğu zaman olarak tanımlanır (Earl, 1997).

Çalışma alanı topraklarının yer aldığı Bafra Delta ovasında toprak işleme yöntemleri olarak, hem pullukla toprak işlemenin de içinde yer aldığı toprakların alt-üst edildiği geleneksel yöntemler hem de toprakların alt-üst edilmeden işlendiği azaltılmış toprak işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Her iki yöntemin de ova toprakları için bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Pullukla toprak işleme, ekilen alanlarda yabancı ot problemlerinin azaltılmasına yardımcı olma gibi avantajlar sağlarken, aynı zamanda oluşan pulluk tabanı, toprakların işlenebilirliğini azaltan toprak sıkışması ve drenaj yetersizliği gibi toprak sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Buna karşın, özellikle daha sığ toprak işleme derinliklerine sahip olan azaltılmış toprak işleme yöntemleri, toprak aşırı ıslak hale gelmeden hem tohum yatağı hazırlıklarına hem de çok başarılı şekilde bitki gelişimine izin veren daha hızlı arazi hazırlıklarına imkan vermektedir (Morris ve ark. 2010).

Çalışma alanı gibi değişkenliği fazla olan aluviyal depozitler üzerinde oluşmuş topraklara hem yazlık hem de kışlık ürün ekiminin yapıldığı yoğun tarımsal üretime sahip bölgelerde, toprak işleme sistemlerinin değişmesinin temel nedenleri, yakıt ve işçi fiyatlarının artması gibi kültivasyon ile ilgili maliyet baskılarının yanı sıra toprak işleme uygulamaları için iş günlerinin uygunluğuyla ilgili zamanlamalardır. Bafra delta ovası topraklarının nem içeriklerinde hem yoğun tarımsal üretim nedeniyle yürütülen farklı toprak yönetim sistemlerinden kaynaklı hem de bölgede dönem dönem yağış zamanı, yağış sıklığı, yağış miktarı ve sıcaklık değişkenliklerine bağlı evapotranspirasyon miktarında meydana gelen değişimlerden kaynaklı değişkenlikler yaşanabilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanı toprakları için gerek azaltılmış toprak işleme uygulamaları gerekse pullukla toprak işlemeyi içine alan geleneksel toprak işleme uygulamaları, yürütülen toprak yönetim uygulamalarına ve iklim koşullarına bağlı olarak kültivasyon yöntemleri olarak düşünülmelidir.

Çalışma alanının özellikle kil içeriği fazla olan Calcic ve Chromic Hapustert olarak sınıflandırılan Çiftlik ve Altıyaprak Serilerine ait toprakların yüksek veya düşük su içeriklerine bağlı olarak, iş günlerinin sayısında meydana gelecek azalmalar sırasında, pullukla

toprak işlemeyi esas alan geleneksel toprak işleme sistemleriyle karşılaştırıldığında normal olarak daha az iş günleri sayısı gerektiren azaltılmış toprak işleme sistemlerinin kullanılması çok daha uygun bir seçenek olabilir.

Çalışma alanında genel olarak Kızılırmak nehir yatağına yakın bölgelerde dağılım gösteren kumlu tekstüre sahip Typic Ustifluent olarak sınıflandırılan Kızılırmak Serisi topraklar ise, kil içeriği yüksek olan topraklara göre ıslanmaları ve drenajları daha iyi, her türlü nem koşulunda işlenmeye daha uygun fakat bitkiye sağladıkları yetersiz yarayışlı su içerikleri nedeniyle yetiştiricilikleri sorunlu olan topraklardır. Ayrıca, yüzey toprakları tınlı tekstüre sahip Yağmurca ve Çetinkaya Serileri gibi toprakların dağılım gösterdiği alanlarında ise, hem kumlu hem de killi teksüre sahip topraklara göre makropor ve mikroporların dağılımı yönünden daha dengeli bir dağılıma sahip olduklarından gerek bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu tutmaları gerekse daha kolay tava gelmeleri bakımından daha avantajlıdır ve işlenebilirliği daha kolay topraklardır.

Daha öncede ifade edildiği gibi işlenebilirlik, toprağın kültivasyon ve toprak hazırlama uygulamaları için uygun olduğu zaman dilimidir ve bu zaman dilimi toprakların nem içeriğine ve buna bağlı ortaya çıkan kıvam durumlarına göre önemli değişkenlikler gösterir. Rounsevell (1993), farklı tekstüre sahip toprakların işlenebilirliğini belirlemek amacıyla kullanılan farklı model tiplerini incelediği çalışmasında, tarla kapasitesi ve plastik limit gibi toprak özellikleri ile yağış miktarı ve evapotranspirasyon gibi iklim verilerini ana bileşenler olarak ifade etmektedir. Mueller ve ark. (2003) ise, kil içeriği yüksek kohezif topraklarda uygun toprak işlemenin yapılabilmesi için maksimum toprak su içeriğinin, tarla kapasitesindeki su içeriğinin % 90'ına eşit olduğunu, silt ve kum içeriği yüksek, kohezif olmayan topraklarda ise, uygun toprak işleme için maksimum toprak su içeriğinin, 5 kPa negatif basınçtaki su içeriğinin % 70'ine eşit olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca, yine aynı çalışmada, işlenebilirlik bakımından plastiklik ve toprak nem içeriğinin önemini ifade ederlerken, toprak plastikliği ve kuru hacim ağırlığının yerine göre OM içeriğine bağlı olabildiğini de ortaya koymuşlardır. Brady (1990), OM miktarının, Pİ etkilemediğini ancak OM'nin toprakta suyla olan güçlü bağının, PL ve LL değerlerinin yükselmesine neden olduğunu ifade etmiştir. Baver ve ark.(1972)'da, OM'nin topraklarda aşınma bölgesini oldukça yüksek nem içeriklerine ulaştırarak, Pİ değerinde bir değişime neden olabildiğini önermişlerdir.

Gülser ve Candemir (2006)'de, Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) Kurupelit Kampüs alanında yayılım gösteren toprak serilerinin Atterberg limitleri, hacimsel büzülme, doğrusal büzülme, doğrusal uzama katsayıları ve kıvam indeksleri gibi fiziksel özelliklerini ve bu özellikleri dikkate alarak toprakların işlenebilirliklerini değerlendirdikleri çalışmada, serilere ait toprakların yüksek kil içeriğine sahip olduklarını ve

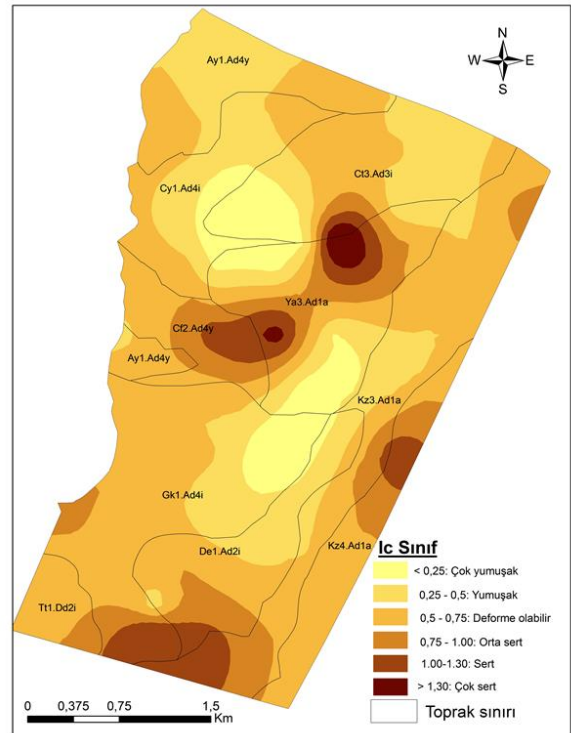
smektit grubu kil minerali içermeleri nedeniyle toprakların yüksek plastiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Serilere ait topraklarda toprak işleme için en uygun nem içeriğinin, tarla kapasitesi civarındaki nem düzeyleri olacağını belirtmişlerdir.

Çalışmada yürütülen bu tartışmalardan da anlaşılabilceği üzere toprak işleme için en uygun nem miktarının belirlenmesinde Atterberg limitlerinden oldukça yaygın olarak yararlanılmaktadır. Bu çalışmada da, Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresinde bulunan araştırma sahası topraklarının, toprak işleme zamanı için en uygun nem içerikleri, LL, TK ve Pİ değerlerinden hesaplanan Ic değerleri kullanılarak değerlendirilmiş ve Ic değerlerinin çalışma alanı içerisindeki değişkenliği kriging yöntemi kullanılarak haritalandırılmıştır (Şekil 4). Baumgartl (2002), Ic değerinin toprağın herhangi bir nem değerindeki kıvam durumunu ifade ettiğini ve Ic değeri 1.0 değerine yaklaştıkça toprağın plastik, 0.0 değerine yaklaştıkça toprağın akışkan özelliğe sahip olduğunu ifade etmektedir. Yine Ic değerlerine göre toprakların kıvam durumunu, çok yumuşak (Ic= 0.0-0.25), yumuşak (Ic= 0.25-0.50), deforme olabilir (Ic= 0.50-0.75), katı (Ic= 0.75- 1.0), orta sert (Ic= 1.0-1.30) ve sert (Ic> 1.30) olarak sınıflandırmıştır. Ayrıca, toprak işleme için en uygun nem içeriğinin, sıkışma direnci 100 kPa'dan fazla olan katı fazdaki Ic değerlerini (0.75-1.0) sağlayabilen nem aralığı olduğunu ifade etmiştir. Bu sınıflandırmaya göre, çalışma alanı topraklarının kıvam durumları, Ic'nin en büyük ve en küçük değerlerine göre çok yumuşak sınıftan sert sınıfa değişirken, ortalama Ic değerine göre deforme olabilir sınıfında yer almıştır (Çizelge 1). Benzer şekilde bu sınıflandırma alınan örnek sayısına göre değerlendirildiğinde, alınan toprak örneklerinin % 16.33'ü çok yumuşak, % 24.49'u yumuşak, % 32.65'i deforme olabilir, % 14.29'u katı, % 6.12'si orta sert ve % 6.12'si sert sınıfında yer almıştır.

Çalışma alanı topraklarının Ic değerlerine ait kriging dağılım haritası da bu yüzde değerlerini doğrular nitelikte olup, harita incelendiğinde alanın büyük kısmında toprakların katı fazın dışındaki (Ic) değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Alandaki toprakların önemli bir kısmının 0.75'in altında Ic değerleri olarak deforme olabilir, yumuşak ve çok yumuşak sınıflarında dağılım sergilerken, toprakların bu sınıf aralıklarına sahip Ic değerlerini karşılayacak nem aralıklarında işlenmeleri durumunda toprak işleme uygulamaları toprak sıkışmasına neden de olarak toprakların fiziksel özelliklerinin olumsuz yönetkilenebilmesi ve işlenen alanlarda drenaj ve havalanma problemlerinin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Diğer taraftan çalışma alanının kil içeriği yüksek topraklarının, Ic'nin 1.0'in üzerinde değerler aldığı orta sert ve sert sınıflarını karşılayacağı nem aralıklarında işlenmeleri durumunda, hem toprak işleme uygulamaları daha fazla enerji gerektirecek hem de uygun tohum yatağının hazırlanabilmesi için ilave toprak işleme gerektirecek iri kesekli bir toprak

strüktürünün oluşmasına neden olarak maliyet hesaplarında artış yaratılacaktır. Baumgartl (2002), kil içeriği yüksek olan toprakların toprak işleme sırasında fazla kuru olması toprak işlemeyi güçleştirerek enerji girdisini artırdığını, Ic değerinin 0.75'ten daha düşük olduğu durumlarda ise, toprak işlemenin yapılmasının toprak strüktürünün bozulmasına neden olarak, hidrolik iletkenlik, havalanma, bitki besin elementlerinin alınmasını azaltarak, bitki gelişimini ve mikrobiyal aktiviteyi olumsuz şekilde etkilediğini ifade etmektedir. Çalışma alanı toprakları için Ic ile ilgili sonuçlar dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonrasında, Ic'nin 0.75-1.0 aralığındaki değerlerini karşılayacak nem aralıklarının toprak işleme uygulamaları için en uygun nem aralığı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Çalışma alanında kıvam indeksinin dağılım haritası

#### 4. Sonuç

Çalışmanın yürütüldüğü Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresi, hem sebze üretiminin hem de tahıl bitkileri ile çeltik üretiminin yoğun olarak yapıldığı bir bölge olması nedeniyle, topraklar yöre çiftçilerinin yılın hemen hemen her mevsimi yapmış oldukları toprak işleme uygulamalarına maruz kalmaktadır. Ayrıca bölge topraklarının, alüvyal toprak özelliklerinden kaynaklı tekstür bileşenlerindeki değişkenliklerinin yüksek olması, toprakların hem zamana hem de mesafeye bağlı nem değişkenliklerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bunların yanı sıra, çalışma alanının kil içeriği yüksek olan bazı bölgelerinde, toprakların

yetersiz drenaj özellikleri nedeniyle, yürütülen sulu tarım uygulamalarından kaynaklanan yer yer taban suyu yükselmelerine maruz kalarak nem içeriklerinde artışlar olabildiği de görülmektedir. Hem nem içeriği değişkenlik kaynaklarının hem de üretim faaliyetlerinin yoğun olduğu bölge arazilerinde toprakların işlenebilirlik zamanlarının bilinmesi, toprakların sürdürülebilir tarımsal verimliliklerinin korunmasını sağlanmasının yanında bölge çiftçilerinin ekonomik karlılığının artırılması için de kullanılabilir önemli bir bilgidir. Ayrıca toprakların işlenebilirlik zamanlarının belirlenmesi amacıyla toprakların kıvam özelliklerinin alana ait detaylı toprak etüd ve haritalarının kullanıldığı ve jeostatistiksel yöntemle değerlendirildiği bu çalışma ile, toprakların özelliklerine göre kullanılmasının ve sürdürülebilirliklerinin sağlanmasının yanı sıra bölge çiftçilerinin tarımsal üretim süreçlerinde kolaylıkla pratik edebilecekleri değerli analitik ve görsel sonuçların ortaya konulduğu düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Atterberg, A., 1911. Dieplastizitat der Tone. Internationale mitteilungenfür bodenkunde, 1:10-43.
- Baumgartl, T., 2002. Atterberg limits. Encyc.of Soil Sci. Marcel Dekker Inc. pp. 89-93.
- Brady, N. C., 1990. The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Co., New York, NY. 639 pp
- Baver, L.D., Gardner, W. H., Gardner, W. R., 1972. Soil Physics. Wiley, New York, New York, USA
- Canbolat, M, Y., Barik, K., Özgül, M., 1999. Erzurum yöresinde farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş üç toprak profilinin kıvam limitleri ve şişme-büzülme karakteristikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30: 121-129.
- Canbolat, M, Y., Öztaş, T., 1997. Toprağın kıvam limitleri üzerine etki eden bazı faktörler ve kıvam limitlerinin tarımsal yönden değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28: 120-129.
- Demiralay, İ., Güresinli, Y.Z., 1979. Erzurum Ovası topraklarının kıvam limitleri ve sıkışabilirliği üzerinde bir araştırma. Atatürk Ün. Zir. Fak., Der. 10: 77-93.
- Denef, K., Six, J., Merck, R., Paustian, K., 2004. Carbon sequestration micro aggregates of no-tillage soils with different clay mineralogy. Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 1935-1944.
- Dexter, A, R., 1988. Advances in characterization of soil structure. SoilTill. Res. 11: 199-238
- Dexter, A.R., Bird, N.R.A., 2001. Methods for predicting the optimal and the range of water contents for tillage based on the water retention curve. Soil Tillage & Research, 57: 203-212.
- Earl, R., 1997. Prediction of trafficability and workability from soil moisture deficit. Soil & Tillage Research, 40: 155-168.
- Gee, G. W., Bauder, J, W., 1986. Particle-Size Analysis. In: A Klute (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part I, (2nd ed.), Agronomy Monograph, no 9, ASA and SSSA, Madison, WI, pp: 388-409.
- Gülser, C., Candemir, F., 2006. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit kampüs topraklarının bazı mekaniksel özellikleri ve işlenebilirlikleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 21: 213-217
- Jackson, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Keller, T., Arvidsson, J., Dexter, A.R., 2007. Soils structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. Soil Tillage & Research, 92: 45-52.
- Klute, A., 1986. Water Retention: Laboratory methods. In Methods of Soil Analysis, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph No: 9, Madison, WI.
- Larney, F. J., Fortune, R.A., Collins, J.F., 1988. Intrinsic soil physical parameters for sugarbeet seed bed preparation. Soil Till Res. 12: 253-267.
- Marshall, T.J., Holmes, J., Rose, C, V., 1996. SoilPhysics. Cambridge University Press ISBN 0-521- 45151-5.
- Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H., Froud-Williams, R.J., 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soils, crops and the environment-A review. Soil & Tillage Research, 108: 1-15.
- Mueller, L., Shindler, U., Fausey, N.R., Lal, R., 2003. Comparison of methods forest imating maximum soil water content for optimum workability. Soiland Tillage Research, 72: 9-20.
- Mueller, W., 1985. Standart kundliche Voraussetzungen fuer die Gefuegemellioration durch Tieflockerung im humiden Klima. In: Die Gefuegemellioration durch Tieflockerung – Bisherige Erfahrungen und Ergebnisse Schriftenreihedes Deutschen Verbandes fuer Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK) Heft70. Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin, pp. 1-34.
- Mueller, L., Schindler, U., 1998. Soil moisture and workability of heavyarable soils. Arch. Agron. Soil Sci. 44: 161-174.
- Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziyi. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı, No:30. Samsun.
- Rounsevell M.D.A., 1993. A review of soil workability models and their limitations in temperature regions. Soil Use and Management, 9(1): 15-21.
- Sarioğlu, F.E., Dengiz, O., 2012. Soil survey and mapping of soils formed on two different physiographic units and their classification. 8th international soil science congress on "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management". In: Uysal, H, Kurucu, Y, Yönter, G. (Eds.), pp. 581-586, May 15-17, Çeşme-İzmir,

- Turkey.
- Schafer, W.M., Singer, M.J., 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. *Soil Science Society of America Journal*, 40: 805-806.
- Smedema, L.K., 1993. Drainage performance and soil management. *Soil Technol.* 6(2): 183-189.
- Soil Survey Staff, 1975. *Soil Taxonomy. A basic of soil classification for making and interpreting soil survey.* U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sowers, G.F., 1965. Consistency method of soil analysis. Part I. *American Society of Agronomy*, Madison, Wisconsin USA, pp. 394-397.
- Terzaghi, A., Hoogmoed, W.B., Miedema, R., 1988. The use of the 'wet workability limit' to predict the land quality 'workability' for some Uruguayan soils. *Neth. J. Agric. Sci.*, 36: 91-103.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.289027



Çelikli Havzası arazisinin detaylı toprak etüt, haritalama ve sınıflandırılması

Ertuğrul Karas<sup>a\*</sup>, İrfan Oğuz<sup>b</sup>, Rasim Koçyiğit<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

<sup>b</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, Türkiye

\*Sorumlu yazar/corresponding author: ekaras@ogu.edu.tr

Geliş/Received 06/05/2016

Kabul/Accepted 17/06/2016

ÖZET

Bu çalışmada Tokat – Çelikli Havzası Topraklarının önemli fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri incelenmiş, CBS ve uzaktan algılama olanakları da kullanılarak, detaylı toprak haritası oluşturulmuştur. Toprak etüt el kitabında belirtilen tanımlayıcı kriterlerin yardımı ile yapılan arazi çalışmalarında, seri kategorisinde Göçyolu, Yedikır, Kurtlutepeönü, Yayla, Yelten, Uluyol, Kevenli, Akardere ve Alıçlı serileri olmak üzere dokuz toprak serisi ayrımı yapılmıştır. Havzada Entisol, Mollisol ve Alfisol toprak ordoları tanımlanmış ve ayrımı yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler:  
Çelikli Havzası  
Tokat  
Toprak Etüt  
Toprak Haritalama  
Toprak Sınıflama  
CBS

Soil surveying, mapping and classification of The Çelikli Basin soils

ABSTRACT

Physical, chemical and morphological properties of Çelikli Basin soils were determined and detailed soil map was prepared by using GIS and remote sensing possibilities. Field study was performed based on the criteria of Soil Survey Manual and nine soil series have been, described and mapped as Göçyolu, Yedikır, Kurtlutepeönü, Yayla, Yelten, Uluyol, Kevenli, Akardere ve Alıçlı soil series. In the catchment Entisol, Mollisol and Alfisol ordos were defined and classified.

Keywords:  
Çelikli Basin  
Tokat  
Soil Survey  
Soil Mapping  
Soil Classification  
GIS

© OMU ANAJAS 2017

1. Giriş

Toprak etüt ve haritalama çalışmaları doğal kaynakların korunumu ile ekonomik ve sosyal gelişimi desteklerken, arazi kullanımı ve çevresel etkileri dengeleyecek en uygun arazi kullanımını sağlamada hayati öneme sahip bir araçtır. Sınırlı amaçlar için veri seti oluşturmak ve her farklı çalışma için farklı arazi çalışmaları yürütmek zaman, para ve emek sarfı olarak görülmektedir. Genellikle dünyanın çoğu ülkesinde kaynakları hızlı, etkin ve ekonomik kullanımı için birçok amaca aynı anda hizmet edebilecek toprak haritaları üretilmekte, güncellenmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak topraklar, ekosistemde esas rol oynayan yenilenemeyen temel doğal kaynak olarak görülmekte (Arnold ve ark., 1990) ve insanlara değerli katkılar sağlamaktadır (Barrios, 2007; Fisher ve ark.,

2009). Küresel ölçekte toprak bozulması toprak oluşumundan daha hızlı cereyan ettiği için bu kaynak sürdürülebilirliğe yönetime ihtiyaç duymaktadır.

Kırsal, eğimli arazilerde toprak oluşturan koşullar kısa mesafeler boyunca dahi toprak özelliklerini ve humus formlarını karmaşıklığa yol açarak oldukça değişken olabilmektedir (Hagedorn ve ark., 2010). Böylelikle topografik farklılıkların yaygın olduğu yerlerde toprak etüt ve haritalama çalışmaları daha fazla emek gerektirir.

Türkiye'de toprak sınıflandırma ile ilgili ilk çalışmalar Çağlar tarafından yapılmış ve morfolojik yöntemle Türkiye Toprak Haritası hazırlanmıştır (Dinç ve ark., 1987). Takip eden yıllarda çeşitli etüt çalışmaları gerek tarla düzeyinde, gerek havza düzeyinde ve gerekse de ülkesel düzeyde farklı yöntemlerle yapılmıştır.

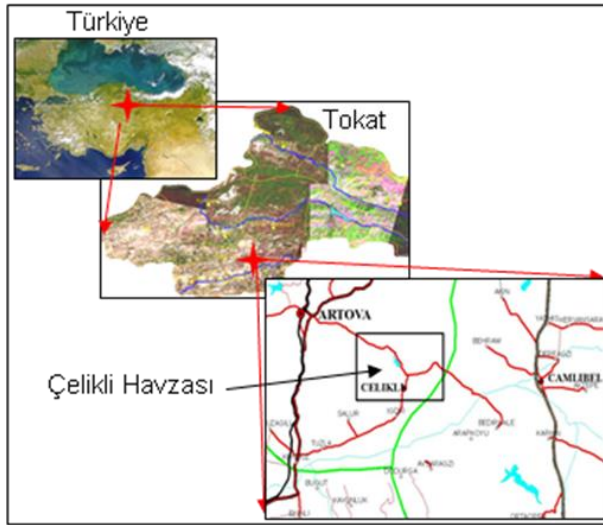
Günümüzde toprak sınıflandırmasında toprakların ölçülebilen ve gözlenebilen özellikleri (morfometrik) öne çıkarılarak sınıflamada mümkün olduğu kadar kişisel algılara dayalı değerlendirmeler yerine evrensel kabuller ön plana çıkarılmıştır.

Güncel yaklaşımları ön planda tutan, ülkesel düzeyde ve seri esaslı toprak etüt ve haritalama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada seçilen Çelikli Havzası, sulama amaçlı olarak inşa edilen Çelikli Göleti' ne su sağlayan bir su toplama havzasıdır. Havzanın eğimli ve erozyona maruz oluşu ve oluşan sedimantasyonla göletin su depolama kapasitesinin gittikçe azalması sonucunu doğurmuştur. Bu sorunun önüne geçmek ve havzayı yeniden planlayabilmek için detaylı toprak etütlerine ihtiyaç duyulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanının Tanımı

Çelikli Havzası Tokat iline 35 km mesafede, Çelikli Beldesi hudutlarında 1987 yılında inşa edilmiş Çelikli Göleti' nin su toplama havzasıdır. Çalışma alanının coğrafi konumu Şekil 1'de verilmiştir. Çelikli Gölet Havzasının kuzeyinde Göçyolu, doğusunda Kurtlutepe, güneyinde Soğankayatepe, Boztepe ve batısında Avarekırantepe bulunmaktadır. Çelikli Gölet Havzası toplam 10.412 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Çelikli Havzasının en fazla yüksekliği 1430 m, en düşük yüksekliği ise 1200 m' dir. Havza topoğrafyası yukarı arazi fizyografik ünitesinde yer almaktadır. Havzada çok sayıda tepeler yer almaktadır. Çelikli köyünde işlenen arazilerin bir kısmında hububat, az miktarda nohut, mercimek ve yem bitkileri yetiştirilmektedir. Sulanır alanlarda patates ve şekerpancarı tarımı yapılmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer buldur haritası

### 2.2. İklim Özellikleri

Çelikli Havzası, İç Anadolu Bölgesi ile Karadeniz Bölgesi arasında yer alması nedeniyle, yarı kurak karakterli geçit bölgesi iklimi özelliklerini taşımaktadır. Havzada, yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Ortalama yıllık yağış 535.9 mm, ortalama sıcaklık 8.1 °C ve donlu gün sayısı 130.5 gündür (Anonim, 2016). Tokat iklim verileri dikkate alındığında çalışma bölgesi nem rejimi ustic ve toprak sıcaklık rejimi ise mesic' tir.

### 2.3. Kartoğrafik Materyaller

Çalışmada, araştırma havzasına ait 1/5.000 ölçekli topografik haritalardan ve uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, 1/5.000 ölçekli topografik harita paftaları sayısallaştırılarak arazi yükseklik modeli oluşturulmuştur. Ayrıca geometrik düzeltmesi yapılmış olan, 5.8 metre çözünürlüklü IRS-1C uydu görüntüsü ile 20 m çözünürlükteki LANDSAT-TM uydu görüntülerinin birleşiminden oluşan kompozit uydu görüntüsünden yararlanılmıştır (Anonim, 2010).

### 2.4. Büro ve Arazi Çalışmaları

Havzanın toprak haritasını hazırlamak amacıyla geometrik düzeltmesi yapılmış olan, 5.8 metre çözünürlüklü, 15.10.1997 tarihli ve 053/041B0 çerçeve numaralı IRS-1C uydu görüntüsü ile 30 m çözünürlükteki, 16.08.1997 tarih ve 175/32 çerçeve numaralı LANDSAT-TM uydu görüntülerinin birleşiminden oluşan kompozit uydu görüntüsü ve 1:5 000 ölçekli kadastro paftalarından yararlanılmıştır. Büro çalışmalarında havzanın 1/5000 ölçekli topografik haritaları sayısallaştırılarak arazi yükseklik modeli oluşturulmuş ve havza çalışma sınırı belirlenmiştir. Çalışma havzası eğim grupları sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak belirlenmiş, arazi fizyografyasına göre muhtemel profil çukur yerleri tasarlanmıştır. Tasarlanan profil çukur yerleri arazide kontrol edilmiş ve uygun bulunan 21 noktada profil çukuru açılmıştır. Bu profil çukurlarından farklılık gösteren 9 profil çukuru horizon esasına göre örneklenmiştir. Böylelikle toprak haritalama lejantı için gerekli ilk bilgiler elde edilmiştir. Toprak sınırlarını kesinleştirmek ve haritalama üniteleri oluşturmak için arazide 144 noktada burgu atılarak, toprak derinliği, horizonların dağılımı, renk, kireç ve tekstür gibi profil özelliklerindeki değişimler kontrol edilmiştir. Belirlenen farklılıklar seri ayırımında dikkate alınmış, farklı toprak çeşitleri seri düzeyinde tanımlanarak isimlendirilmiş, serilerin var olan ve olabilecek fazlarını da içeren "arazi haritalama lejantı" geliştirilmiştir. Belirlenen serileri simgeleyecek tipik profillerden horizon esasına göre alınan toprak örneklerinde gerekli analizler laboratuvarında yapılmıştır. Daha sonra toprak sınırları uydu görüntüsünden de yararlanılarak haritaya işlenmiştir. Topografik harita üzerine çizilen toprak

sınırları arazide yapılan son kontrollerle kesinleştirilmiştir. Etüt ve haritalamada temel haritalama ünitesi olarak toprak serileri kullanılmıştır.

### 2.5. Toprak Analizleri ve Sınıflandırma

Çalışma alanında belirlenen farklı toprak serilerinin morfolojik özelliklerinin tanımı ve sınıflandırılması amacıyla her toprak serisini en iyi şekilde karakterize edebilecek örnek toprak profilleri tanımlanmıştır. Arazide topraklar morfolojik olarak incelenirken renk belirlenmesinde Munsell renk skalası, CaCO<sub>3</sub> kontrolünde % 10'luk HCl kullanılmıştır. Toprak serilerinin sınıflandırılması ise, Toprak Etüd El Kitabı (Anonymous,1999) esasları dikkate alınarak yapılmıştır. Toprak serilerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve arazide tespit edilen değerlerin doğrulanması amacıyla her tipik toprak profilinden horizon esasına göre alınan toprak örneklerinde aşağıdaki analizler yapılmıştır;

Tekstür, Bouyoucos hidrometre metodu ile; % kireç, Scheibler kalsimetresi metodu ile; pH, doyunluk çamurundan Beckman Zerometrik pH metresi ile, organik madde; Walkley-Black metodu ile, toplam tuz (%); kondaktivite aleti ile saturasyon macununda, elektriksel geçirgenlikten yararlanılarak, KDK; amonyum asetat ve Na-asetat ekstraksiyon yöntemi ile ve değişebilir Na ve K amonyum asetat ekstraksiyonu yöntemi ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Arazi çalışmaları sonucunda belirlenen havza topraklarına ait morfolojik özellikler ile laboratuvar bulguları sonucu belirlenen toprak fiziksel ve kimyasal

özellikleri birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda Çelikli Havzasında yapılan detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmasında 9 adet toprak serisi ayırt edilerek tanımlanmıştır. Her bir toprak serisinin çevresel özellikleri, profil tanımlamaları ve örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### Kevenli Serisi (Kv)

Koordinat: 274 510 E, 4 442 370 N

Yükseklik: 1261 mt

Konum: Yukarı arazi

Topoğrafya: Hafif ondüleli

Eğim: % 2-6

Drenaj: iyi

Bitki Örtüsü: Kuru Tarım

Ana materyal: Serpantin

#### Profil Tanımlaması

Horizon	Derinlik	Tanımı
Ap	(cm) 0 – 26	Sarımsı kahverengi (10YR 5/4) kuru, kahverengi (10 YR 4/3) yaş; kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, zayıf, küçük, granüler; kesin düz horizon sınırı.
C	26 – 67	Kuru iken 10YR 5/3, yaş iken 10 YR 4/4, kuru iken yumuşak, yaş iken yapışkan, plastik, masif, kesin düz sınır.
R	67 +	Serpantin

Çizelge 1. Kevenli Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar, cmol kg <sup>-1</sup>			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0-26	0.024	7.79	3.2	1.16	48.76	26.28	24.95	SCL	33.52	31.73	0.66	0.03	32.42
C	26-67	0.026	7.88	6.4	1.03	52.91	28.37	18.72	SCL	31.54	30.65	0.47	0.04	31.16
R	67+								Serpantin					

#### Yelten Serisi (Yt)

Koordinat: 275 440 E, 4 442 966 N

Yükseklik: 1275 mt

Konum: Yukarı arazi

Topoğrafya: Hafif ondüleli

Eğim: 0-2

Drenaj: İyi

Bitki Örtüsü: Kuru Tarım

Ana materyal: Diabaz

#### Profil Tanımlaması

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0 – 31	Kuru iken 10 YR 5/3, yaş iken 10 YR 4/3, kuru iken dağılgan, yaş iken yapışkan, az plastik, zayıf küçük granüler, kesin düz horizon sınırı.
R	31 +	Diabaz

Çizelge 2. Yelten Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	PH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	Değişebilir Katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0-31	0.019	7.37	1.1	1.63	46.93	28.32	24.84	SCL	30.57	28.28	0.49	0.02	28.79
R	31+								Diabaz					

*Göçyolu Serisi (Gy)*

Koordinat: 274 892 E, 4 444 478 N  
 Yükseklik: 1282 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Hafif ondüleli  
 Eğim: % 2-6  
 Drenaj: İyi  
 Bitki Örtüsü: Kuru Tarım

*Profil Tanımlaması*

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımlama
Ap	0 – 24	Kuru iken 10YR 5/4, yaş iken 10 YR 4/3, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, plastik, orta büyük granüller, düz horizon sınırı.
C	24 +	Kuru iken 10YR 5/5, yaş iken 10 YR 4/3, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, masif.

Çizelge 3. Göçyolu Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	PH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK (meq/100 g)	Değişebilir Katyonlar (meq/100g)			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0-24	0.018	6.78	0	2.21	60.74	18.20	21.06	SL	26.95	26.14	0.51	0.01	26.66
C	24+	0.020	6.97	0	1.57	51.14	21.99	26.87	SCL	41.34	39.44	0.41	0.06	39.91

*Yedikır Serisi (Yt)*

Koordinat: 275 792 E, 4 444 453 N  
 Yükseklik: 1288 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Hafif ondüleli  
 Eğim: % 2-6  
 Drenaj: İyi  
 Bitki Örtüsü: Kuru Tarım

*Profil Tanımlaması*

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımlama
Ap	0 – 28	Kuru iken 10 YR 4/2, yaş iken 10 YR 3/3, kuru iken sert, yaş iken yapışkan, çok plastik, orta orta granüller, kesin düz horizon sınırı
A2	27 – 40	Kuru iken 10 YR 4/2, yaş iken 10 YR 3/3, kuru iken sert, yaş iken yapışkan, çok plastik, orta orta yarıköşeli blok, kesin düz horizon sınırı
Bw	40 – 66	Kuru iken 10 YR 3/2, yaş iken 10 YR 3/2, kuru iken sert, yaş iken yapışkan, çok plastik, orta büyük köşeli blok, kesin düz horizon sınırı
C	66 +	Kuru iken 2.5 Y 4/2, yaş iken 2.5 Y 4/2, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, masif.



Çizelge 4. Yedikir Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			KDK (meq 100 g <sup>-1</sup> )	Değişebilir Katyonlar (meq 100g <sup>-1</sup> )				
						Kum	Kil	Silt		Sınıf	Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0 – 27	0.033	7.14	1.1	1.30	33.56	41.24	25.20	C	44.68	40.03	0.77	0.01	40.81
A2	27 – 40	0.031	7.35	1.1	1.14	33.32	41.39	25.29	C	43.89	39.86	0.64	0.02	40.52
Bw	40 – 66	0.032	7.32	1.5	1.22	35.97	43.13	20.90	C	43.44	41.33	0.63	0.08	42.04
C	66 +	0.031	7.62	5.1	1.20	42.42	24.25	33.33	L	43.10	41.94	0.56	0.01	42.51

## Profil Tanımlaması

## Yayla Serisi (Ya)

Koordinat: 275 051 N, 4 443 197 E  
 Yükseklik: 1241 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Hafif ondüleli  
 Eğim: % 2-6  
 Drenaj: İyi  
 Bitki Örtüsü:  
 Ana materyal: Konglomera

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0 – 25	Kuru iken 10YR 6/3, yaş iken 10 YR 4/4, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, orta orta granüler, kesin düz horizon sınırı.
C	25 – 51	Kuru iken 10YR 7/3, yaş iken 10 YR 5/6, kuru iken dağılğan, yaş iken az yapışkan, masif, kesin düz horizon sınırı.
R	51 +	Konglomera

Çizelge 5. Yayla Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			KDK, (cmol Kg <sup>-1</sup> )	Değişebilir Katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )				
						Kum	Kil	Silt		Sınıf	Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0-25	0.019	7.91	7.7	1.18	45.98	28.74	25.28	SCL	21.75	20.89	0.63	0.02	21.54
C	25-51	0.017	8.02	10.0	0.86	63.05	24.38	12.57	SCL	19.99	19.39	0.41	0.08	19.88
R	51+	Konglomera												

## Alıçlı Serisi (Aç)

Koordinat: 276 591 N, 4 443 188 E  
 Yükseklik: 1310 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Hafif ondüleli  
 Eğim: % 6-12  
 Drenaj: İyi  
 Bitki Örtüsü: Kuru Tarım  
 Ana materyal: Tüfit

## Profil Tanımlaması

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0 – 28	Kuru iken 10 YR 5/3, yaş iken 10 YR 4/3, kuru iken sert, yaş iken yapışkan, az plastik, zayıf orta granüler, kesin düz horizon sınırı.
AC	28 – 42	Kuru iken 7.5 YR 5/3, yaş iken 7.5 YR 4/3, kuru iken sert, yaş iken yapışkan, plastik, orta orta yarıköşeli blok, profilde orta kireç benekleri, kesin dalgalı horizon sınırı.
Ck	42 – 51	Kuru iken 10 YR 6/2, yaş iken 10 YR 5/3, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, masif, kesin düz horizon sınırı.
R	51 +	Tüfit

Çizelge 6. Alıçlı Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar (cmol kg <sup>-1</sup> )			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0 - 28	0.034	7.69	8.9	1.96	53.10	26.19	20.72	SCL	40.81	38.71	0.70	0.01	39.42
AC	28 - 42	0.038	7.73	12.1	1.52	39.87	34.94	25.19	CL	30.05	29.45	0.42	0.01	29.88
Ck	42 - 51	0.022	7.88	42.3	1.43	51.18	24.04	24.78	SCL	29.52	28.81	0.16	0.08	29.05
R	51+	Tufit												

*Uluyol Serisi (Ul)*

Koordinat: 275 724 E, 4 442 680 N  
 Yükseklik: 1266 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Hafif ondüleli  
 Eğim: % 2 - 6  
 Drenaj: İyi  
 Bitki Örtüsü: Kuru Tarım

*Profil Tanımlaması*

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımlama
A	0 - 38	Kuru iken 7.5 YR 6/4, yaş iken 7.5 YR 5/4, kuru iken yumuşak, yaş iken az yapışkan, orta orta granüler, kesin düz horizon sınırı, profilde küçük köşeli taşlar.
C1	38 - 65	Kuru iken 7.5 YR 5/4, yaş iken 7.5 YR 4/4, kuru iken yumuşak, yaş iken az yapışkan, masif, düz horizon sınırı, profilde küçük köşeli taşlar.
C2	65 +	Kuru iken 7.5 YR 6/4, yaş iken 7.5 YR 5/4, kuru iken yumuşak, yaş iken az yapışkan, masif, profilde küçük köşeli taşlar.

Çizelge 7. Uluyol Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar cmol kg <sup>-1</sup>			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
A	0 - 38	0.017	7.89	12.1	0.91	59.50	21.94	18.56	SCL	21.58	20.28	0.47	0.01	20.76
C1	38 - 65	0.015	7.87	13.6	0.50	61.45	22.01	16.55	SCL	25.88	25.26	0.40	0.01	25.67
C2	65 +	0.017	7.99	12.5	0.52	59.12	20.07	20.82	SCL	25.00	22.24	0.30	0.01	22.55

*Kurtlutepeönü Serisi (Kt)*

Koordinat: 276 343 N, 4 444 133 E  
 Yükseklik: 1342 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Hafif ondüleli  
 Eğim: % 6-12  
 Drenaj: İyi  
 Bitki Örtüsü: Kuru Tarım

*Profil Tanımlaması*

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımlama
Ap	0 – 26	Kuru iken 5 YR 4/2, yaş iken 5 YR 3/2, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, zayıf küçük granüler, kesin düz horizon sınırı
A2	26 – 44	Kuru iken 5 YR 3/2, yaş iken 5 YR 3/3, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, orta yarıköşeli blok, kesin düz horizon sınırı
Bw	44 – 67	Kuru iken 5 YR 3/2, yaş iken 5 YR 3/2, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, az plastik, büyük yarıköşeli blok, kesin düz horizon sınırı
C	67 +	Kuru iken 5 YR 4/2, yaş iken 5 YR 3/3, kuru iken sert, yaş iken az yapışkan, masif.

Çizelge 8. Kurtlu tepe önü Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK cmol kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar cmol kg <sup>-1</sup>			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0 - 26	0.012	6.91	0.0	0.71	51.57	21.80	26.63	SCL	22.39	21.80	0.40	0.02	22.22
A2	26 - 44	0.013	6.89	0.0	0.73	55.50	21.88	22.62	SCL	23.98	23.59	0.34	0.04	23.97
Bw	44 - 67	0.012	6.88	0.0	0.71	48.69	26.32	24.99	SCL	28.33	23.33	0.36	0.02	23.71
C	67 +	0.016	7.25	1.1	0.98	46.95	24.08	28.97	L	33.95	32.51	0.35	0.07	32.93

*Akardere Serisi (Ak)*

Koordinat: 276 041 N, 4 444 626 E  
 Yükseklik: 1323 mt  
 Konum: Yukarı arazi  
 Topoğrafya: Ondüleli  
 Eğim: % 0-2  
 Drenaj: Yetersiz  
 Bitki Örtüsü: Kuru tarım

*Profil Tanımlaması*

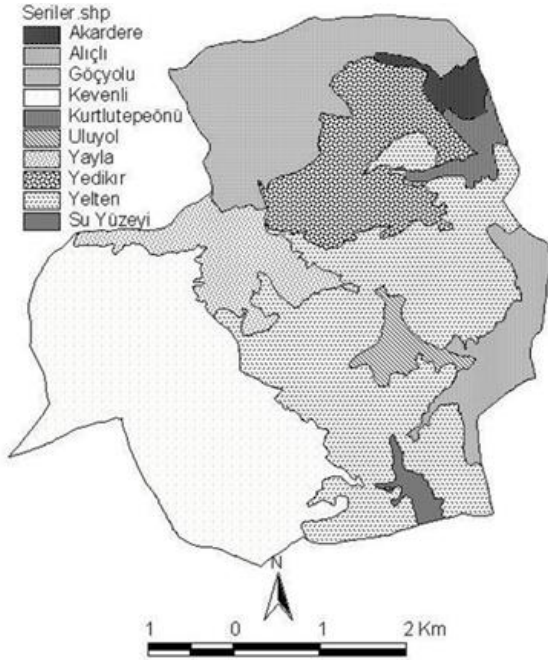
Horizon	Derinlik (cm)	Tanımlama
Ap	0 – 22	Nemli iken 10 YR 2/2, kuru iken çok sert, yaş iken yapışkan, plastik, orta büyük granüler, kesin düz horizon sınırı.
Bt1	22 – 54	Yaş iken 10 YR 4/2, yaş iken çok yapışkan, plastik, orta orta yarı köşeli blok, kil zarlari, kesin düz horizon sınırı.
Bt2	54 – 90	Yaş iken 5 Y 4/2, yaş iken çok yapışkan, plastik, orta orta yarı köşeli blok, kil zarlari, kesin düz horizon sınırı.
C	90 +	Yaş iken 5 YR 3/2, yaş iken çok yapışkan, plastik, masif, kireç cepleri ve benekleri.

Çizelge 9. Akardere Serisi örnek toprak profilinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik cm	Tuz, %	pH	Kireç, %	Organik Madde, %	Bünye, %			Sınıf	KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar cmol kg <sup>-1</sup>			
						Kum	Kil	Silt			Ca + Mg	K	Na	Toplam
Ap	0 - 22	0.040	7.64	3.0	2.05	23.48	57.04	19.48	C	57.55	52.25	0.72	0.44	53.41
Bt1	22 - 54	0.024	7.79	7.6	1.31	18.89	63.74	17.37	C	64.32	53.44	0.56	0.61	54.61
Bt2	54 - 90	0.046	7.82	9.5	1.31	16.66	68.13	15.21	C	60.78	53.35	0.48	0.66	54.49
C	90 +	0.045	7.85	10.8	1.10	16.52	66.07	17.41	C	58.33	52.78	0.52	0.65	53.95

Çelikli Havzasında Kevenli Serisi alansal olarak en fazla dağılım göstermiştir. Bu seriyi sırasıyla Yelten, Göçyolu, Yedikır, Yayla, Alıçlı, Uluyol, Kurtlutepeönü ve Akardere serileri takip etmiştir (Çizelge 10). Arazi çalışmaları sonucunda tanımlanmış toprak serileri toprak taksonomisi esaslarına göre Çizelge 11’ de sınıflandırılmıştır. Çelikli Havzası toprakları 3 ordo (Entisol, Mollisol, Alfisol), 3 alt ordo (Orthent, Ustoll,

Ustalf), 4 büyük grup (Ustorthent, Haplustoll, Haplustalf, Argiustoll) olarak sınıflandırılmıştır. Alt grup düzeyinde yapılan sınıflamada ise ayırt edici özelliklerden Akardere Serisi vertic, Yayla ve Yelten serileri ana kaya üzerinde A horizonu gelişimi göstermesi nedeniyle lithic diğer seriler ise typic olarak tanımlanmışlardır.



Şekil 2. Çelikli Havzası toprak serileri

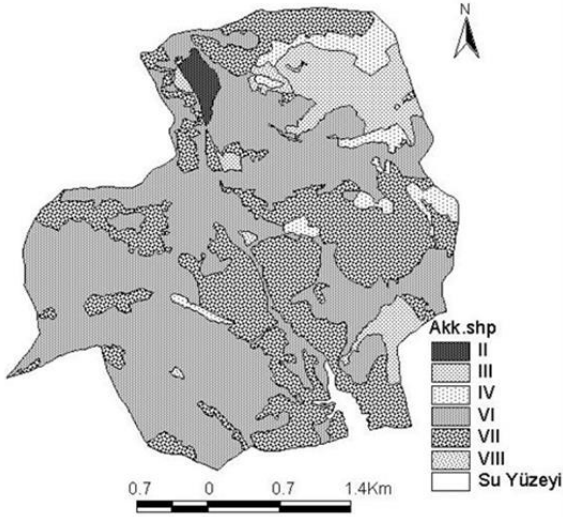
Çizelge 10. Çelikli Havzası toprak serileri ve kapladığı alan

Toprak Serisi	Alanı km <sup>2</sup>	Alanı, %
Kevenli	3.052	29.30
Yelten	2.950	28.33
Göçyolu	1.415	13.59
Yedikır	1.095	10.52
Yayla	0.698	6.70
Alıçlı	0.547	5.26
Uluyol	0.208	1.99
Kurtlutepeönü	0.180	1.72
Akardere	0.166	1.60
Su yüzeyi	0.102	1.98
Toplam	10.412	100.00

Çizelge 11. Çelikli Havzası toprak serilerinin toprak sınıflaması

Toprak Serisi.	Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup
Göçyolu	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typicustorthent
Yedikır	Mollisol	Ustoll	Haplustoll	Typichaplustoll
Kurtlutepeönü	Alfisol	Ustalf	Haplustalf	Typichaplustalf
Yayla	Entisol	Orthent	Ustorthent	Lithicustorthent
Yelten	Entisol	Orthent	Ustorthent	Lithicustorthent
Uluyol	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typicustorthent
Kevenli	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typicustorthent
Akardere	Mollisol	Ustoll	Argiustoll	Verticargiustoll
Alıçlı	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typicustorthent

Çelikli Havzası topraklarının arazi kabiliyet sınıfları (AKK), yapılan detaylı toprak haritalaması çalışmaları sonucunda belirlenmiş ve Şekil 3 ve Çizelge 12’ de verilmiştir. Çelikli Havzasında I ve V. Sınıf arazi bulunmayıp, II, III, IV, VI, VII ve VIII. Sınıf araziler bulunmaktadır. Çelikli Havzasında tarımsal potansiyeli yüksek olan II ve III. Sınıf araziler, alan olarak, ancak



Şekil 3. Çelikli Havzası arazi kabiliyet sınıfları

Çelikli Havzasının sürdürülebilir kullanımı için, II ve III. Sınıf arazilerde işlemeli tarım uygulamaları, IV. sınıf arazilerde uygun ekipmanlarla toprak işlemeli tarım, VI. Sınıf arazilerde yem bitkisi tarımı ve VII. sınıf arazilerde ise mera tesisi veya mevcut meraların korunması gerekliliktir. IV. sınıf arazilerde minimum toprak işleme uygulamaları, VI ve VII. sınıf işlemeli tarım altındaki arazilerde ise arazi kullanım türü değişiklikleri gerekmektedir. İşlemeli tarım potansiyeli olan II ve III. sınıf arazilerde olmak üzere tüm havzada toprak koruma önlemleri içeren tarımsal uygulamalar gerekmektedir.

#### 4. Sonuç

Çelikli Havzası topraklarının toprak taksonomisi esaslarına göre detaylı etüt ve haritalanması amacıyla yürütülen bu çalışmada, seri düzeyinde Göçyolu, Yedikır, Kurtlutepedönü, Yayla, Yelten, Uluyol, Kevenli, Akardere ve Alıçlı serileri ayrımı yapılmıştır. Gölet havzasında ordo düzeyinde Entisol, Mollisol ve Alfisol topraklar tanımlanmış ve ayrımı yapılmıştır. Havza toprakları orta, dik ve çok dik meyilde olup, II, III, IV, VI, VII ve VIII. sınıf araziler bulunmaktadır. Havzada tarım, mera ve orman arazi kullanım türleri belirlenmiştir. Havzada % 12’ yi aşan eğime sahip ve

havzanın % 9.17 (0.95 km<sup>2</sup>)’ ni kaplamaktadır. Çok dikkatli olarak idare edilmesi gereken IV ve VI. Sınıf araziler ise oransal olarak % 57.02 (5.94 km<sup>2</sup>)’ dir. Mera olarak değerlendirilebilecek VII. Sınıf arazi oranı ise % 32.02 (3.33 km<sup>2</sup>) dir. Tarımsal amaçlara uygun olmayan ve çıplak kayalardan oluşmuş VIII. Sınıf arazi ise % 0.82 (0.08 km<sup>2</sup>) oranındadır.

Çizelge 12. Çelikli Havzası arazi kabiliyet sınıfları dağılımı

Arazi Kabiliyet Sınıfı	Alanı, km <sup>2</sup>	Alanı, %
II	0.111	1.07
III	0.843	8.10
IV	0.521	5.00
VI	5.416	52.02
VII	3.334	32.02
VIII	0.085	0.82
Su Yüzeyi	0.102	0.98
Toplam	10.412	100.00

erozyon riski taşıyan % 12.31’ lik kısmı oluşturan işlemeli tarım alanları bulunmaktadır. Mera alanlarında % 12 eğimi aşan alanlar havza alanının % 39.08’ ini, orman alanlarda ise % 57.68’ ini oluşturmaktadır. Çelikli Havzası oldukça eğimli bir yapıda oluşu toprak bozulma süreçlerinden fiziksel bozulmanın aktif olarak etkisinde olmasına neden olmaktadır. Aktif fiziksel etkiler havzada derin profilli ve yaşça olgun toprak oluşumunu engellemektedir.

#### Kaynaklar

- Anonim 2016. DMI Uzun yıllar iklim kayıtları (yazılı görüşme).
- Anonymous, 1999. Soil Taxonomy a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA Agr. Handbook, No: 436, USA.
- Anonymous, 2010. ArcMap 10.0, ESRI Inc., USA.
- Arnold, R.W., Szabolcs, I., Tasgolian, V.O., (Eds.), 1990. Global soil change Report of an IIASA-ISSS-UNEP Task Force on the Role of Soil in Global Change. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg
- Barrios, E., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecol. Econ. 64(2): 269–285
- Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., Şenol, S., 1987. Toprak Genesisi ve Sınıflandırma. Ç.Ü. Yayınları, Ders Kitabı, No 7.1.3. Çukurova Üniversitesi Basımevi
- Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecol. Econological economics, 68(3): 643–653
- Hagedorn, F., Mulder, J., Jandl, R., 2010. Mountain soils under a changing climate and landuse. Biogeochemistry 97(1): 1–5. Harlfinger, O., 2002. Klimahandbuch
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve su analizi el kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara



Research/Araştırma

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.289586



## Effects of organic conditioner applications on soil loss under simulated rainfall conditioner

Nutullah Özdemir<sup>a</sup>, Elif Öztürk<sup>b</sup>, Ömrüm Tebessüm Kop Durmuş<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, 5200 Atakum, Samsun

<sup>b</sup>Black Sea Agricultural Research Institute

\*Corresponding author/sorumlu yazar: tebessum.kopdurmus@omu.edu.tr

Received/Geliş 27/09/2016

Accepted/Kabul 09/11/2016

### ABSTRACT

This study was conducted to determine effects of farmyard manure, rice husk and municipal waste compost on soil loss caused by runoff in two different soil groups under greenhouse conditions. Soils used in the study were classified as Lithic Ustorthent and Typic Calcustept located in Minöz Basin of Samsun province. Organic conditioners were applied to the soils of basin according to dry weight basis at four different doses (0, 2, 4 and 6 %) under greenhouse conditions. Experiment was planned in a randomized factorial plot design with two replications. After a 12-week incubation period, 15 % slope was given to erosion pans and 55 mm h<sup>-1</sup> and 70 mm h<sup>-1</sup> artificial rainfall intensities were applied for one hour and soil loss values caused by runoff were measured. At the end of the experiment, it was determined that organic conditioners applied to the soils reduced soil losses. Municipal waste compost was determined to be more effective than rice husk compost and farmyard manure in reducing soil losses occurred in runoff pans. Effectiveness of organic conditioners showed differences depend on application doses and the lowest soil loss in each obtained at the maximum dose. The results suggest that using organic conditioners in the agricultural fields reduces soil degradation and loss.

Keywords:

Erosion

Organic conditioner

Rainfall simulation

Organik düzenleyici uygulamalarının yapay yağış koşulları altında toprak kaybı üzerine etkileri

### ÖZET

Bu çalışma sera koşullarında iki farklı toprak grubunda çeltik kavuzu kompostu, ahır gübresi ve çöp kompostu uygulamalarının yüzey akışla meydana gelen toprak kayıpları üzerine etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür. Bu amaçla çalışmada Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Minoz Havzası'nda yayılım gösteren Lithic Ustorthent ve Typic Calcustept olarak sınıflandırılan topraklar kullanılmıştır. Bozulmuş toprak örneklerine (8 mm'den küçük agregatlar) organik düzenleyiciler kuru ağırlık esasına göre farklı dozlarda (% 0, 2, 4 ve 6) uygulanarak simülasyon ünitesi altında ve sera koşullarında uygulamalar yapılmıştır. Denemeler tesadüf parselleri deneme deseninde, faktöriyel düzende ve iki tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. 12 haftalık inkübasyon periyodunun ardından erozyon tavalarına % 15 eğim verilerek 55 mm h<sup>-1</sup> ve 70 mm h<sup>-1</sup> intensiteli yapay yağışlar 1 saat süre ile uygulanmış ve yüzey akışla kaybolan toprak miktarı ölçülmüştür. Deneme sonucunda topraklara uygulanan organik düzenleyicilerin toprak kayıplarını azalttığı belirlenmiştir. Erozyon ve yüzey akış miktarlarını azaltmada çöp kompostu, çeltik kavuzu kompostu ve ahır gübresine oranla daha etkili olarak belirlenmiştir. Organik düzenleyicilerin etkinlikleri uygulama dozlarına bağlı olarak farklılıklar göstermiştir ve en düşük kayıplar max doz uygulamalarından elde edilmiştir. Sonuçlara göre, çeltik kavuzu kompostu, çöp kompostu ve organik düzenleyicilerin tarımsal alanlarda toprak bozulmasını ve kaybını azalttığı gerekçesiyle kullanımı önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler:

Erozyon

Organik düzenleyici

Yapay yağmurlama

© OMU ANAJAS 2017

### 1. Introduction

Soil is as vital as water and air, and a resource that is

benefited from for thousands of years. However rapid increase in world population and the growth of emerging economy has led to greater use of soil. As a result, more intensive use of soil for different purposes

and its negative impact on the environment brought about some important issues such as erosion. Erosion, defined as degradation and removal of soil from one location, followed by its transport to and deposit at another location one of the main factors restricts multifunctional function of soil (Özdemir, 2002). When erosion continued as a natural process and event till people began to the activities on the earth, it lost property of natural process after people started to use of nature and soils and has gained a different dimension (Çepel et al., 2006). Erosion is seen as a major problem all over the world and it requires conservation measures to counteract its negative impact on soil productivity (Tunç and Schröder, 2010).

Despite erosion studies in natural conditions give the most accurate results, conducting these studies in very large areas is difficult and very expensive. Obtaining results may take as long as 15-20 years. Therefore, researchers prefer to conduct erosion studies based on rainfall simulators and laboratory experiments to obtain results in shorter time (Young and Burwell, 1972; Meyer and Harmon, 1979; Taysun, 1981). Thus, various soil samples taken from wide agricultural areas are subjected to erosion tests with rainfall simulators in laboratory conditions and this can provide an idea about susceptibility to degradation in a short time.

One of the most effective measures to be taken in order to improve degraded physical, chemical and biological properties of soils, ensure the continuity of productivity, protect them from negative effects of destructive processes such as erosion is associated with supplying organic matter in the soil above a certain level, constantly. Evaluation of organic wastes as a conditioner is very important in terms of reducing erosion, improving water quality, continuity of healthy products in sustainability of soil quality. Organic matter is effective on many soil properties and processes occurring in soil (Doran and Parkin, 1994; Gregorich et

al., 1994; Lal and Kimble, 1997). Especially having an adequate level of organic matter in surface soil improves the soil quality and its physical, chemical and biological properties (Sojka and Upchurch, 1999).

This study aims to evaluate the effects of organic waste conditioners on soil property degradation and soil loss caused under different simulated rainfall intensities. Specifically, farmyard manure, rice husk and municipal waste composts are considered as soil conditioners. Two different soil groups located in Minöz Basin of Samsun province and different rainfall intensities are investigated with rainfall simulator.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Material

This study was conducted by using degraded surface soil samples classified as Lithic Ustorthent and Typic Calcicustept taken from Minöz Basin located within the boundaries of Samsun province. This study was conducted by using degraded surface soil samples classified as Lithic Ustorthent and Typic Calcicustept taken from Minöz Basin located within the boundaries of Samsun province. The soils were classified according to the criteria proposed by the Soil Taxonomy (1999) based on their morphological, physical and chemical characteristics. Physical and chemical analysis results of surface soil samples were taken from Yakupoğlu (2010) and given in Table 1 and Table 2. Water passed through a purification unit was used to create simulated rainfall in the study. Some anion and cation contents and chemical properties of this water were given in Table 3 (Yakupoğlu, 2010). Farmyard manure, rice husk and municipal waste compost were the organic conditioners used in this study. Analysis results of these conditioners are given in Table 4.

Table 1. Chemical analysis results of experiment soils

Soils	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	Total Salt %	CaCO <sub>3</sub> %	OM %	CEC cmol kg <sup>-1</sup>	Exchangeable cations cmokg <sup>-1</sup>			
							Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Lithic Ustorthent	7.18	0.221	0.006	3.98	1.68	7.39	0.59	0.21	5.12	1.83
Typic Calcicustept	7.08	0.439	0.013	0.81	1.97	33.29	0.19	0.42	20.24	12.34

Table 2. Physical analysis results of experiment soils

Soils	Texture			Class	Color (Dry, Wet)	Hyd. cond. cm h <sup>-1</sup>	FC %	WP %	Available water %
	Sand %	Silt %	Clay %						
Lithic Ustorthent	67.68	22.46	9.86	SL	2.5Y 5/3 2.5Y 4/3	56.57	16.1	7.4	8.7
Typic Calcicustept	34.6	33.9	31.5	CL	2.5Y 5/3 2.5Y 4/4	9.56	33.6	20.1	13.5

Table 3. Some chemical properties of simulated rainfall water

Cations (me L <sup>-1</sup> )				Anions (me L <sup>-1</sup> )				pH	EC dS m <sup>-1</sup>	B mg L <sup>-1</sup>	SAR
Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				
0.7	0.1	0.95	1.90	0.2	1.25	0.8	1.35	7.41	0.336	0	0.42

Table 4. Contents of organic conditioners used in the study

Analysis	Organic conditioners		
	Farmyard manure	Municipal waste compost	Rice husk compost
pH	7.48	8.07	7.81
EC, dS m <sup>-1</sup>	4.29	3.10	0.51
OM, %	28.32	35.71	19.82
OC, %	14.16	17.86	9.91
N, %	1.74	1.55	0.88
C / N	8.14	11.52	11.26
P, %	1.706	0.202	0.357
K, %	0.130	0.638	0.401
Na, %	0.290	0.432	0.115
Ca, %	2.959	9.919	0.460
Mg, %	0.588	0.345	0.364
Fe, %	0.230	0.467	1.060
Cu, %	0.003	0.012	0.001
Zn, %	0.025	0.025	0.008
Mn, %	0.074	0.034	0.085

EC: Electrical conductivity; OM: Organic matter; OC: Organic carbon

## 2.2. Method

### 2.2.1. The establishment and execution of greenhouse experiment

Degraded soil samples of the basin were dried indoors and then passed through a sieve with diameter of 8 mm. Before the experiment, all organic conditioners were passed through a sieve with a diameter of 4.75 mm in order to have a uniform particle size distribution. The erosion pans used in this surface flow study had the dimensions 30x29.5x15 cm (length-width-depth), and had drainage outlets. The bases of the pans were covered with paper filters (Karaoğlu ve Çanga, 2002) and filled with 10cm thick sea-sand. Surface of sea sand was leveled carefully and then cheesecloth was laid on the sand. The remaining 5 cm of the pans were filled with the mixture of soil+organic conditioners. Organic conditioners were applied to the soils in order to increase organic matter contents of soils up to the 0, 2, 4 and 6 %, according to dry weight basis. Experiment was planned in a randomized factorial plot design with two replications. After the addition of organic conditioners, pans were incubated for 12 weeks under greenhouse conditions. Water was added by

measuring weights of pans until the moisture content reached up to the field capacity, during this period. After the 12-weeks incubation period, artificial rainfall with 55 mm h<sup>-1</sup> and 70 mm h<sup>-1</sup> intensities were applied to the pans by the simulator and soil losses caused by runoff were determined at 15 % slope. This slope was preferred because of it being the limit value in terms of soil cultivation (Özdemir, 2002)

### 2.2.2. The methods used to determine rainfall characteristics and soil losses

A laboratory type simulator modified from Erpul and Çanga (2001) was used to create simulated rainfalls in the study (Figure 1).

Christiansen uniformity coefficient (Cv), rainfall intensity (I, mm h<sup>-1</sup>) and kinetic energy (KE, J m<sup>-2</sup>-mm) were taken into account to define these simulated rainfall characteristics. Cv values in the rainfall basin were determined by Equation 2.1 (Erpul and Çanga, 2001). Intensities of rainfall were measured with Vantage PRO2 type air station kit. Kinetic energy values of rainfalls were determined by Equation 2.2 (Hudson, 1995).





Figure 1. General view of rainfall simulator

$$Cv = 1 - s / I_{ort} \quad (2.1)$$

Where; s = standard deviation, (mm h<sup>-1</sup>)

$$KE = 11.9 + 8.7 \log I \quad (2.2)$$

Characteristics of simulated rainfall were determined by using the said kit and equations as follows: rainfall intensities of 55 mm h<sup>-1</sup> and 70 mm h<sup>-1</sup>, Cv values of 0.82 and 0.86 and kinetic energy values of 27.04 J m<sup>-2</sup>-mm and 27.95 J m<sup>-2</sup>-mm. Two fans were incorporated into the system to form wind effects seen in natural conditions. This ensured that the rain drops were falling onto the soil surface at a certain angle. Samples were taken into the containers placed under the discharge opening of the pans with the start of runoff for 1 hour. Soils in the containers were dried in the oven at 105°C and weighed to calculate amount of soil lost by runoff (Yönter and Geren, 2006). Soil loss occurred from the pans of each application was expressed by calculation as kg da<sup>-1</sup>, at the end of the experiment. TARIST (1994) software was used for statistical analysis.

### 3. Results and Discussion

Simulated rainfalls with two different intensities were applied to the erosion pans in the laboratory and the amounts of soil loss occurred by runoff were determined after the incubation experiment conducted under greenhouse conditions. Amounts of soil losses observed by this way in both soil groups are given in Table 5. The maximum loss in Lithic Ustorthent soil during the rainfall with the intensity of 55 mm h<sup>-1</sup> was observed as 953 kg da<sup>-1</sup> in the control treatment and the minimum loss was observed as 241 kg da<sup>-1</sup> in 6 % dose application of rice husk compost. In the maximum dose applications of rice husk compost (RHC), municipal waste compost (MWC) and farmyard manure (FM) under this rainfall, a decreases in soil loss of 712 kg da<sup>-1</sup>, 658 kg da<sup>-1</sup> and 587 kg da<sup>-1</sup> occurred compared to the control treatment, respectively. The maximum soil loss was determined as 1304 kg da<sup>-1</sup> in the control treatment in this soil group during the rainfall with the intensity of

70 mm h<sup>-1</sup>. The minimum soil loss was observed as being 902 kg da<sup>-1</sup> in the 6 % dose application of RHC. Soil losses by runoff varied depending on organic conditioners types and decreased with increasing application dose. Losses were observed as 1231 kg da<sup>-1</sup> for RHC, 1139 kg da<sup>-1</sup> for MWC and 1254 kg da<sup>-1</sup> for FM, in the minimum dose applications. In the maximum dose applications, a decreases in soil loss of 402 kg da<sup>-1</sup> (RHC), 366 kg da<sup>-1</sup> (MWC) and 141 kg da<sup>-1</sup> (FM) were observed compared to the control treatment. Generally, 4 % dose of applications was between maximum and minimum doses in terms of efficiency. The maximum soil loss was observed as 1663 kg da<sup>-1</sup> in the control treatment and the minimum soil loss was observed as 699 kg da<sup>-1</sup> in the 6 % dose of MWC application in Typic Calciustept soil group during the rainfall with the intensity of 55 mm h<sup>-1</sup> (Table 5). Soil losses occurred in the maximum dose applications of conditioners determined as 821 kg da<sup>-1</sup>, 699 kg da<sup>-1</sup> and 950 kg da<sup>-1</sup> for RHC, MWC and FM, respectively. Soil losses in minimum conditioner applications were defined as 1236 kg da<sup>-1</sup> (RHC), 1299 kg da<sup>-1</sup> (FM) and 1096 kg da<sup>-1</sup> (MWC). In this soil group, the maximum loss occurred in the control treatment as 3559 kg da<sup>-1</sup> during the rainfall with the intensity of 70 mm h<sup>-1</sup>. The minimum loss in this intensity was determined in the 6 % dose of MWC as 2185 kg da<sup>-1</sup>. Soil losses were observed as 3215 kg da<sup>-1</sup> for RHC, 2650 kg da<sup>-1</sup> for MWC and 3063 kg da<sup>-1</sup> for FM in the minimum dose applications of conditioners. In 4 % dose applications, losses were determined as 2832 kg da<sup>-1</sup>, 2804 kg da<sup>-1</sup> and 2337 kg da<sup>-1</sup> for RHC, FM and MWC, respectively. Variance analysis was used to assess the effects of the organic conditioner application and the on soil losses caused by runoff in the simulation experiment planned in a randomized plot design as a factorial arrangement. Effects of organic conditioner type and dose, soil type and rainfall intensity on this parameter were found significant ( $P < 0.001$ ). LSD<sub>0.05</sub> test was used in the comparison of average variable measurement valuables of applications after determination of significance of issues and interactions between these issues. Results of LSD<sub>0.05</sub> test for variable of soil losses caused by runoff determined in two different soil groups in the simulation application performed for 1 hour under two different rainfall intensities are given Table 6. As seen in the table, soil losses showed differences for both rainfall intensities statistically and the maximum losses occurred in Typic Calciustept. Comparison of the efficiency of organic conditioners used in the experiment on the losses caused by runoff in each soil is given in Table 7. Effects of the organic conditioners on the variables were statistically different. Municipal waste compost was determined as the most effective application in terms of reducing the soil loss in both soil types when the efficiency of organic conditioners was evaluated. Rice husk compost was the second best and farm yard manure was determined as the least effective as it showed the least reduction in soil loss.

Table 5. Soil losses occurred by runoff in Lithic Ustorthent and Typic Calcicustept

Rainfall intensity mm h <sup>-1</sup>	Application	Soil losses, kg da <sup>-1</sup>	
		Lithic Ustorthent	Typic Calcicustept
55	Control	953	1663
	RHC-2	654	1236
	RHC-4	261	893
	RHC-6	241	821
	MWC-2	449	1096
	MWC-4	394	979
	MWC-6	295	699
	FM-2	495	1299
	FM-4	493	1205
	FM-6	366	950
70	Control	1304	3559
	RHC-2	1231	3215
	RHC-4	1111	2832
	RHC-6	902	2208
	MWC-2	1139	2650
	MWC-4	1045	2337
	MWC-6	938	2185
	FM-2	1254	3063
	FM-4	1204	2804
	FM-6	1163	2533

Table 6. Comprasion of soil losses caused by runoff in two different soils under rainfall intensity with LSD<sub>0.05</sub>

Rainfall intensity	Soil	Soil loss kg da <sup>-1</sup>
55 mm h <sup>-1</sup>	Lithic Ustorthent	542.250 <sup>b</sup>
	Typic Calcicustept	1180.583 <sup>a</sup>
70 mm h <sup>-1</sup>	Lithic Ustorthent	1158.250 <sup>b</sup>
	Typic Calcicustept	2875.333 <sup>a</sup>

LSD<sub>0.05</sub> = 13.681

When the results of the research examined, differences were determined between two soil groups in terms of the total losses caused by runoff under both rainfall intensities at the end of the simulation period (Table 5). Soils ranged as Typic Calcicustept > Lithic Ustorthent in terms of the soil loss. One of the factors effective in this arrangement is probably the common effects of the specific physical and chemical properties of each soil. The difference in soil properties leads to different sensitivity to forces generated by various erosion vausing factors.

Even if all the factors are the same, reactions of the soils to erosion is very different depending on their characteristics and one of them can suffer from the erosion 30 times more than other (Lal, 1990).

When all soil losses under the rainfalls are compared, it is seen that the maximum losses were observed under the higher rainfall intensity of 70

mm h<sup>-1</sup>, in both soil groups. Intensity is one of the most important physical rainfall properties that effects erosion. It is generally thought that there is a close relationship between rainfall intensity and erosion. The consensus is that more rainfall leads to more erosion. When the rainfall intensity increases, its kinetic energy and accordingly the forces of that lead to erosion increase (Özdemir, 2002).

Table 7. Comprasion of soil losses occurred by runoff in two different soils under organic conditioner type with LSD<sub>0.05</sub>

Soil	Conditioner	Soil loss kg da <sup>-1</sup>
Lithic Ustorthent	RHC	832.125 <sup>b</sup>
	MWC	814.625 <sup>c</sup>
	FM	904.000 <sup>a</sup>
Typic Calcicustept	RHC	2053.375 <sup>b</sup>
	MWC	1896.000 <sup>c</sup>
	FM	2134.500 <sup>a</sup>

LSD<sub>0.05</sub> = 16.756

Simulation was carried out by giving 15 % slope to the erosion pans added organic matter in the experiment. When classified, the area represented by the study is expressed as more slopped because of the owned slope level. Therefore, effect of degree of the slope is present on the large amounts of soil losses occurred. Amorim et al. (2001) stated that, soil losses

increased with increasing slope and kinetic energy, in a study conducted with simulator. When the total losses are examined (Table 5), it was determined that the obtained data showed differences depending on the applied conditioner type and doses. Many studies regarding the application of organic conditioners show a significant decrease in soil loss and an improvement in degraded physiochemical soil properties. When the effectiveness of the conditioner application doses are evaluated, the maximum losses are observed in the control treatments that do not contain any conditioners. The decrease in soil loss were parallel to the increase in dose. The highest dose of 6 % was determined as the most effective application in terms of soil losses. These positive effects of doses are derived from the organic matter content. Increases occurred in the organic matter content generally led to diminishing soil loss in the experiment.

Contents of farmyard manure, rice husk and municipal waste compost were effective in the positive effects of organic conditioners on the losses. When the contents of these conditioners shown in Table 4 are examined, it is seen that municipal waste compost has the highest organic matter content at 35.71 %. Farmyard manure and rice husk compost contain 28.32 % and 19.82 % organic matter, respectively. Organic matter prevents erosion by affecting soil aggregation, aeration, water holding capacity and permeability positively (Schnitzer, 1978). Organic matter reduces the susceptibility to the erosion by improving soil's physical, chemical and biological properties (Özdemir, 2002). Decreases in the losses with the organic conditioners can be attributed to the positive effects of organic matter at the end of the experiment.

#### 4. Conclusions

Positive effects of organic conditioners in reducing soil loss were observed in both soil groups with this study. Applications of organic materials and organic wastes to the susceptible soils in reducing soil losses caused by erosion can be an effective method. Usage of municipal waste compost, rice husk compost and similar organic conditioners in this study in the agricultural areas reduce both the losses originated from degradation and the negative effects in terms of human health and environmental pollution. This is a significant contribution to the economy of the country. Organic materials are added to the soils in order to increase the amount of water stable aggregates. In this way with being aggregates in the soil stable it is possible to prevent both soil loss and soil pollution occurred as a result of intensive use of chemical inputs. While we apply organic waste in order to reduce erosion related soil losses in our country, we must also prevent losses caused by soil misuse and protect this asset that has such a great importance at every stage of our lives.

#### References

- Amorim, R.S.S., Silva, D.D., Pruski, F.F., Matos, A.T., 2001. Influence of the soil slope and kinetic energy of simulated precipitation in the interrill erosion process, International Symposium of Soil Erosion Research for the 21 st Century, Honolulu-Hawaii, USA, 3-5 January, Eds: J.C. Ascough, D.C. Flanagan, pp:155-158..
- Çepel, N., Yüksel, M., Işık, K., Altın, M., Orak, A., Neyişçi, T., Sarı, M., Ergün, C., 2006. Erozyon, doğa ve çevre, I. Basım, Tema Vakfı Yayını, İstanbul.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and Assessing Soil Quality, Editors: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A., Defining soil quality for a sustainable environment, SSSA Special Publication No: 35, Madison, 3-21.
- Eaton, D.A., Cleascerri, L.S., Greenberg, A.E., 1995. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 20th ed., APHA, Washington DC.
- Erpul, G., Çanga, M.R., 2001. Toprak erozyon çalışmaları için bir yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ve yapay yağış karakteristikleri, Tarım Bilimleri Dergisi, 7(1): 75-83.
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., Ellert B.H., 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils, Canadian Journal of Soil Science, 74: 367-385.
- Hudson N., 1995. Soil Conservation, B.T. Batsford Limited, London, UK.
- Karaoğlu, M., Çanga, M.R., 2002. The consecutive simulated rainfall, slope and phosphogypsum's effects on runoff and erosion, International Conference on Sustainable Land Use Management, Sharing Experiences for Sustainable Use of Natural Sources., Proceeding Book, 282-289. 10-13 June Çanakkale, Turkey.
- Lal, R., 1990. Soil properties and erodibility, Editor: Lal, R., Soil erosion in the Tropics; principles and management, McGraw-Hill, New York, 60-99.
- Lal, R., Kimble J.M., 1997. Conservation tillage for carbon sequestration, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 49: 243-253.
- Meyer, L.D., Harmon, W.C., 1979. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes, ASAABE, 22(1): 100-103.
- Özdemir, N., 2002. Toprak ve Su Koruma, OMÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 22, 2. Baskı, Samsun.
- Schnitzer, M., 1978. Soil Organic Matter, Ed.: M. Schnitzer, S.U. Khan. ESPC, New York.
- Soil Taxonomy, 1999. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey, 2nd ed., USDA Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sojka, R.E., Upchurch, D.R., 1999. Reservations regarding the soil quality concept, SSSAJ, 63: 1039-1054.
- TARİST, 1994. İstatistik Program. EÜ Tarım ve Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, İzmir.
- Taysun, A., 1981. Gediz Havzası'nın rendzina tarım topraklarında yapay yağmurlayıcı yardımıyla taşlar, bitki artıkları ve polivinilalkolün (PVA) toprak özellikleri ile birlikte erozyona etkileri üzerinde araştırmalar, Doçentlik Tezi, EÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Bornova (Yayınlanmamış).
- Tunç, E., Schröder, D., 2010. Ankara'nın batısındaki tarım topraklarında USLE ile erozyon boyutunun tespiti, Ekoloji, 19(75): 58-63.

- Yakupoğlu, T., 2010. Samsun İli Minoz ve Gölet Havzalarında Yaygınlık Gösteren Toprakların Su Erozyonuna Duyarlılıklarının Laboratuar Koşullarında Belirlenmesi. Doktora Tezi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 126 s, Samsun.
- Young, R.A., Burwell, R.E., 1972. Prediction of runoff and erosion from natural rainfall using a rainfall simulator, SSSAJ, 36: 827-830.
- Yönter, G., Geren, H., 2006. Farklı mera karışımlarının laboratuar koşullarında su erozyonuna etkisi üzerinde ön araştırmalar, EÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(1): 121-131.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.289038



## Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri

Atilla Levent Tuna\*, Büşra Eroğlu

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kötekli/Menteşe/Muğla  
\*Sorumlu yazar/corresponding author: tuna@mu.edu.tr

Geliş/Received 14/10/2016 Kabul/Accepted 22/11/2016

### ÖZET

Laboratuvar şartlarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüş olan bu çalışmada, biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisine NaCl (100 mM) yanı sıra, organik bileşiklerden: askorbik asit (0.5 mM), salisilik asit (0.1 mM), nitrik oksit (Sodium nitropruzit; 100 µM), prolin (10 mM) ve inorganik bileşiklerden: silisyum (2 mM), kalsiyum (10 mM) ve potasyum (10 mM) yaprak yoluyla uygulanmıştır. Tuz stresi altındaki biber bitkisinde genel vejetatif gelişme durumu ile bu organik ve inorganik bileşiklerin biber bitkisinin lipit peroksidasyon düzeyleri ve antioksidatif savunma sistemi üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemede yapılan analizler sonucunda; yapraklarda membran geçirgenliği (% EC), prolin, klorofil ve karotenoid kapsamları, antioksidatif enzimlerden SOD, POX, CAT aktiviteleri tayini yapılmış, ayrıca bazı bitki gelişim parametreleri saptanmıştır. Aynı zamanda, yapraklarda bazı makro elementlerin (Na, Ca, K ve P ) içeriği belirlenmiştir. Araştırma sonunda elde edilen verilere göre; artan tuz stresi altında biber bitkisi yapraklarında elektriksel geçirgenlik, lipid peroksidasyonu, prolin içeriği ve antioksidatif enzim aktivitelerinde artış, bazı organik ve inorganik bileşiklerin tuzlu ortama ilavesiyle bu parametrelerde düşüş gözlenmiştir. Bunun yanı sıra tuzlulukla beraber azalma göstermiş olan yaprak makro element içeriği ve ayrıca bitki uzunluğu, gövde çapı, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlığı ortama bazı organik ve inorganik bileşiklerin eklenmesiyle olumlu olarak değişim göstermiştir. Bu bileşikler arasında lipit peroksidasyonun regülasyonunda en iyi etkiyi AsA, enzimatik antioksidatif sistemin regülasyonunda NO ve yaprak kuru ağırlığında ise K göstermiştir. Kontrollü şartlarda ve tuz stresi altında yetiştirilen biber bitkisinde etkinlikleri karşılaştırılmış olan organik ve inorganik bileşiklerden antioksidatif sistemi destekleyerek, bitki metabolizmasını düzenleyici ve tuz stresini hafifletmede en fazla etkiye sahip olan bileşiklerin tuzlu şartlarda kullanılabilceği ön yargısına varılmıştır.

Anahtar Sözcükler:  
Tuzluluk  
Biber  
Dışsal uygulamalar  
Antioksidantlar

### Effects of some organic and inorganic compounds on antioxidative system in pepper (*Capsicum annuum* L.) plant under salt stress

#### ABSTRACT

In this study conducted as a pot experiment under laboratory conditions, in addition to NaCl (100 mM), some organic compounds, ascorbic acid (0.5 mM), salicylic acid (0.1 mM), nitric oxide (as SNP; 100 µM), proline (10 mM) and some inorganic compounds such as silicon (2 mM), calcium (10 mM) and potassium (10 mM) were applied to pepper plant foliarly. Thus, general development situation in pepper plants under salt stress as well as comparative effects of these organic and inorganic compounds on lipid peroxidation and antioxidative defense system of pepper plant were investigated. At the end of analyses made during the study, membrane permeability (EC %), proline, chlorophyll and carotenoid contents, some antioxidative enzyme activities (SOD, POX, CAT) were revealed, furthermore some plant growth parameters were determined. At the same time, the content of some macro elements (Na, Ca, K and P) in leaves were analyzed. It was observed that membrane permeability, lipid peroxidation, proline content and antioxidative enzyme activities increased in pepper leaves under ascending salinity stress, however, these parameters decreased with the addition of some organic and inorganic compounds. Additionally, the content of leaf macro element, which showed a decline with salinity, and also plant length, stem diameter, stem-root fresh and dry weights changed positively with the addition of some organic and inorganic compounds to the growth media. It was observed that among these

Keywords:  
Salinity  
Pepper  
Exogenous applications  
Antioxidants

compounds AsA, NO and K were the most effective ones for suppression of lipid peroxidation, the regulation of enzymatic antioxidative system and leaf dry weight, respectively. Consequently, it was thought that the ones having the greatest effect on diminishing salinity stress and the ability of regulating plant metabolism by supporting antioxidative system among organic and inorganic compounds, of which activities were compared in pepper plant grown under salinity stress and controlled conditions, could be used under salinity.

## 1. Giriş

Optimum çevre koşullarında meydana gelen her türlü artış ya da azalış bitkide büyüme ve gelişmeyi sınırlamaktadır. Bu istenmeyen olumsuz koşullar stres olarak adlandırılmaktadır. Bitkide verim düşüklüğü ile sonuçlanan birçok gerilemeye sebep olan stres faktörleri abiyotik ve biyotik olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmaya konu edilen tuzluluk stresi tüm dünyada bitki verimliliğini oldukça sınırlayan önemli abiyotik stres faktörlerinden birisidir (Yağmur, 2008). Birleşmiş Milletler Çevre Programının tahminlerine göre, dünyadaki verimli alanların yaklaşık % 50'si ile tarım arazilerinin % 20'si tuzluluk tehdidi altındadır (Flowers ve Yeo, 1995). Yurdumuzda yaklaşık 1.5 milyon hektarlık toprak alanı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır ve bunun da % 32.5'ini sulanabilir alanlar oluşturmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Gelecek 20 yıl içerisinde dünya genelinde bu oranın % 50 oranında artış gösterebileceği ön görülmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2013). Yüksek tuz konsantrasyonları bitki hücresinde birçok olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzluklar üç aşamada sıralanabilir; 1-Ozmotik basıncın yükselmesiyle beraber bitki su alınımında sıkıntı yaşar ve dolayısıyla bitki beslenemez hale gelir. 2-Tuzluluğun etkisi sonucunda Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonları yüksek konsantrasyonlara ulaştığı için bitki besin elementlerinin hücreye alınımını zorlaştırıp bitki metabolizmasını bozar. 3-İyon taşınımı sırasında ortaya çıkan dengesizlik nedeniyle hücre içindeki sıvının mineral yapısı ve Ca<sup>+2</sup> dengesi bozulur (Ertekin, 2010). Tarımı yapılan kültür bitkilerinin tuzluluğu karşı gösterdikleri tepkiler değişmektedir. Bazı bitkiler tuzluluğa karşı hassas iken bazı bitkiler daha dayanıklı olabilmektedirler. Ortam tuzluluğu arttıkça kültür bitkilerinden elde edilen ürün miktarı bitkinin dayanıklılık düzeyine göre azalmaktadır. Örneğin bu çalışmaya konu olan biber bitkisinin eşik EC (Elektriksel geçirgenlik) değeri 1.5 dS m<sup>-1</sup> olup, EC değeri 5.1 dS m<sup>-1</sup>'ye yükseldiğinde verimdeki göreceli azalma % 50'ye ulaşmaktadır (Chinnusamy ve ark., 2005)

Bitkiler fotosentez, solunum ve büyüme-gelişme süreçlerinde karşılaştıkları tüm metabolik aktiviteler sonucunda hücredeki moleküler oksijenin indirgenerek çeşitli reaktif oksijen türlerinin (ROT) sentezlenmesi olgusuyla karşı karşıya gelirler (Çulha ve Çakırlar, 2012). Bu reaktif oksijen türleri olan hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), süperoksit radikali (O<sub>2</sub>•<sup>-</sup>) ve hidroksil radikali (OH•) gibi aktif radikaller bitki hücrelerinde kloroplastlarda, mitokondri ve peroksizomlarda

meydana gelen oksidatif reaksiyon sonucu üretilmektedir. Bu oksijen türevlerinin etkisi ile lipitler, proteinler ve nükleik asitler oksidatif zarara uğramakta ve bunun sonucunda metabolizmada ciddi sorunlar meydana gelmektedir (Demiral, 2003). Herhangi bir abiyotik stres altındaki bitkiler yaşamlarını devam ettirebilmek ve stresle başa çıkabilmek için oksidatif strese cevap olarak ROT'un kontrolünü ve detoksifikasyonunu sağlayan çeşitli antioksidatif savunma mekanizmaları geliştirmektedirler. Bu koruma sistemi çalışmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda ise bitki hücrelerinde ölüm meydana gelmektedir (Büyük ve ark., 2012). İşte stres koşullarında canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerine karşı geliştirdikleri antioksidanları iki grupta toplamak mümkündür. Bunlar; enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlardır. Bitki hücresinde temel koruyucu enzimatik antioksidanlar: süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz ve glutasyon redüktaz vd.'dir. Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi, süperoksit radikalının hidrojen peroksit ve oksijene dönüşümünü katalizleyen bir enzimdir (Alscher ve ark., 2002). Katalaz (CAT), bir elektron yakalayıcı olarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i kullanarak substratı okside etmekte ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi O<sub>2</sub>'e ve H<sub>2</sub>O'ya dönüştürmektedir. Bu enzim yüksek bitkilerde yoğunlukla peroksizomda bulunur (Jamei ve ark., 2009). Katalaz stres koşulları altında oluşan zararlı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin H<sub>2</sub>O ve O<sub>2</sub>'ye direkt olarak dönüşümünü sağlayarak hücreleri, strese karşı korumada görevli en önemli enzimatik antioksidanlardan biridir. Katalaz büyük çoğunlukta peroksizomlarda, çok az miktarda da mitokondri matriksinde bulunmaktadır (Foyer ve ark., 1994).

Çalışmamıza konu olan biber bitkisi ülkemiz ve tüm dünyada yaygın olarak ve çok fazla tüketilen bir sebzedir. Vitaminler yönünden zengin olup, özellikle C vitamini bakımından oldukça değerli olan biberin 100 g'ında 160 mg C vitamini bulunmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2015 verilerine göre Türkiye'de farklı tüketim amaçlarına yönelik çok çeşitli biber tiplerinin üretimi yapılmaktadır. Üretim bakımından en fazla sivri biberlerin, ardından da salçalık ve dolmalık tüketime yönelik biberlerin üretimi yapılmaktadır. 2015 yılı verilerine göre ülkemizde sivri, salçalık ve dolmalık olmak üzere toplam 2.2 milyon ton biber üretilmiştir.

Bu çalışmada biber bitkisinin tuzlu koşullarda direncini arttırabileceği düşünülen bir takım organik ve inorganik bileşikler dışsal olarak bitkiye verilmiştir. Bunlardan Askorbik asit'in, bitkilerde yüksek miktarda bulunup stres fizyolojisinin yanı sıra bitki büyüme ve

gelişmesinde rol oynayan önemli bir metabolit olduğu ileri sürülmüştür (Conklin, 2001). Hücre çeperi büyümesi, hücre bölünmesi, çevresel streslere karşı direnç, fotosentez ve etilen, gibberellin, antosiyanin, hidrokisprolin sentezlerinde önemli rol oynadığı belirlenmiştir (Smirnof ve Wheeler, 2000). Bunun yanı sıra askorbik asit (AsA), reaktif oksijen türleri içerisinde detoksifikasyon özelliği olan önemli antioksidandır (Conklin, 2001). Salisilik asit (SA) stres koşulları altında büyüme, gelişme ve savunma cevaplarında önemli rol oynayan bitki sinyal molekülüdür. SA, bitkilerde birçok metabolik ve fizyolojik cevabı oluşturan ve dolayısıyla bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen içsel bir bitki büyüme düzenleyicisidir (Hayat ve ark., 2010). Nitrik oksit (NO) ise önemli bir sinyal molekülüdür. Bitkide patojen enfeksiyona karşı bir savunma sinyali olarak NO'nun bitkiler üzerinde düzenleyici rol oynadığı da tespit edilmiştir (Delledonne ve ark., 2001). NO'nun bitkide strese yanıt olarak reaktif oksijen türleri ile birlikte bitki savunmasına katılarak, ölü hücrelerin indüklenmesi için sinyaller göndererek savunma mekanizmaları oluşturduğu ortaya konulmuştur (Neill ve ark., 2003). Bir imino asit olan prolin, NaCl stresi altında ozmotik regülasyonda rol oynadığı gibi, sitozolik pH ayarlanması, hücreler arası yapının ve proteinlerin bütünlüğünün korunması ve stres durumunda enzim aktivitelerinin harekete geçirilmesinde de rol oynamaktadır (Büyük ve ark., 2012). Önemli bir makro besin element olan kalsiyum (Ca), bitki büyüme ve gelişimi merkez düzenleyicisi görevini üstlenmektedir. Hücre membranlarının değişim bölgelerinde kalsiyum, potasyum (K) ve sodyum (Na) arasında değişim ve rekabet söz konusudur. Hücre duvarında pektinler şeklinde bulunan Ca, hücre duvarlarının ve dokularının güçlenmesinde temel görev üstlenmiştir (Kacar ve Katkat, 2006). Tuz stresi altındaki bitkilerde, potasyumun birçok enzim için kofaktör olduğu ve Ca'un dışsal uygulanmasıyla NaCl'un zararlı etkisini azaltabileceği de bildirilmiştir (Hasegawa ve ark., 2000). Potasyum bitkiler açısından alınması zorunlu makro besin elementlerinden biri ve bitkide en fazla bulunan katyondur. Potasyum, bitki beslenmesinde önemli bir iyon olmakla birlikte, bitki su tüketiminde, CO<sub>2</sub> özümlemesinde, enerji metabolizmasında ve yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin sentezlenmesindeki özel görevli sebebiyle bitkinin öncelikle tuz ve su stresi ile beraber çevresel stres türlerine karşı hayatta kalabilme yeteneğini ve

toleransını arttırmaktadır. Tuzlu koşullarda ozmotik basınçtan dolayı bozulan su alım mekanizması, dışardan ilave K verilmesi durumunda, sodyum ile rekabet edecek K miktarını arttırmakta ve bozulmuş olan hücre içi Na/K dengesini yeniden ayarlayarak metabolik düzenlemeyi yeniden sağlamaktadır (Kaya ve Tuna, 2005). Silisyum yüksek organizmalar için temel element olduğu görüşü öne sürülmektedir. Tuzlu topraklara uygulanan silisyum, tuzları sodyum silikat şeklinde bağlayarak bitki tarafından alınan Na miktarını ve bitkilerde oluşacak tuz hasarını yani tuz stresini azalmaktadır. Bu etki fotosentetik aktivitenin K/Na oranının, enzim aktivitesinin ve ksilemde çözünabilir madde konsantrasyonunun artmasıyla gerçekleşir.

Tarımda hızla artan tuzluluk probleminin çözümüne küçüğe olsa bir katkı sağlamak amacıyla düzenlenen bu çalışmada, tuz stresinden etkilenme potansiyeli yüksek hassas bir bitki olan biberin tuzluluğa direncini arttırabileceğini düşündüğümüz hem organik hem de inorganik bazı bileşikleri test ederek biber bitkisinin verdiği karşı yanıt araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Bitki Fizyolojisi Laboratuvarı'nda saksı denemesi şeklinde 3 tekerrürlü olarak 27 adet saksı ile yürütülmüştür. Uygulanan maddelerin konsantrasyonları belirlenirken geniş çaplı literatür taraması yapılmış olup, bunun sonucunda çalışma için en uygun konsantrasyonlar belirlenmiştir. Kontrol (KO) grubuna sadece sulama suyu verilmiş, tuz (NaCl/Sodyum klörür olarak, 100 mM), AsA (Askorbik Asit/C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> L-Ascorbic acid olarak, 0.5 mM), SA (Salisilik Asit/C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>S×2H<sub>2</sub>O 5-sülfo salisilik asit dihidrat olarak, 0.2 mM), NO (Nitrik Oksit/Na<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>5</sub>NO×2H<sub>2</sub>O Sodyum Nitroprusside olarak, 100 µM), PRO (Prolin/C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>2</sub> L-Proline olarak, 10 mM), Ca (Kalsiyum/Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>×4H<sub>2</sub>O olarak, 10 mM), K (Potasyum/KNO<sub>3</sub> olarak, 10 mM) ve Si (Silisyum/Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> olarak, 2 mM); konsantrasyonlarında uygulanmıştır. Başlangıç deneme deseni Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme deseninde her bir grubun tekerrürünü oluşturan saksılar tesadüf parsellerine göre rastgele yerleştirilmiş ve saksıların laboratuvar şartlarında ışıktan optimum ve eşit oranda yararlanmaları için periyodik olarak yerleri değiştirilmiştir.

Çizelge 1. Deneme deseni

NaCl+Ca <sub>2</sub>	NaCl <sub>1</sub>	NaCl+AsA <sub>1</sub>	NaCl+PRO <sub>2</sub>	NaCl+K <sub>1</sub>	NaCl+PRO <sub>1</sub>	NaCl+Si <sub>3</sub>	NaCl+AsA <sub>2</sub>	NaCl+SA <sub>1</sub>
NaCl+SA <sub>2</sub>	NaCl+K <sub>3</sub>	KO <sub>3</sub>	NaCl+Si <sub>1</sub>	NaCl+NO <sub>2</sub>	KO <sub>2</sub>	NaCl <sub>2</sub>	NaCl+K <sub>2</sub>	NaCl+Si <sub>2</sub>
NaCl+NO <sub>1</sub>	NaCl+NO <sub>3</sub>	NaCl+Ca <sub>1</sub>	NaCl+SA <sub>3</sub>	NaCl <sub>3</sub>	NaCl+AsA <sub>3</sub>	NaCl+Ca <sub>3</sub>	NaCl+PRO <sub>3</sub>	KO <sub>1</sub>

KO:Kontrol, NaCl: Sodyum Klorür, AsA: Askorbik Asit, SA: Salisilik Asit, NO: Nitrik Oksit, PRO: Prolin, Ca: Kalsiyum, K: Potasyum, Si: Silisyum

Çalışmada 2 L'lik saksıların her birine 1:1 oranlarında dere kumu ve torf doldurulmuş ve her saksıya temel gübre olarak 5'er gram katı formda 18:18:18 NPK+mikro element suda tam çözünebilir damlama sulama gübresi (gübrenin kapsamı: toplamı % 18 olmak üzere suda çözünür formda % 5.5 nitrat azotu, % 8.5 amonyum azotu, % 4 üre azotu, % 18 potasyum oksit, % 18 fosfor pentaoksit, % 0.01 suda çözünür mangan ve % 0.14 suda çözünür çinko) ilave edilmiştir. Homojenliği sağlamak için yetiştirme ortamı harcıyla gübre çok iyi bir şekilde karıştırılmıştır. Aynı gün içinde her bir saksıya 3'er tane yeşil sivri biber (*Capsicum annuum* L. cv. Yalova Çarliston) fidesi dikilerek çalışma başlatılmıştır. 4 gün ara ile ortalama 250 mL su verilmiş, iki sulamada bir yapılan besin çözeltisi takviyesinde ise, 2000 ppm konsantrasyonunda hazırlanan 18:18:18 NPK gübresi her saksıya 250'şer mL verilerek bitkilerin tüm gelişme dönemleri süresince besin maddesi gereksinimleri sağlanmıştır. Mikro besin ihtiyacını karşılamak için Fetrlon Combi besin çözeltisi (% 0.3'lük) olarak hazırlanmış ve yaprak yoluyla verilmiştir. Fetrlon Combi'nin kapsamı: suda tam çözünür formda % 0.5 Bor (B), % 1.5 Bakır (Cu), % 4 Demir (Fe), % 4 Mangan, % 0.1 Molibden (Mo) ve % 1.5 Çinko (Zn)'dur. Gelişme süresince yapılan makro ve mikro element uygulamaları sonucunda hasat dönemine kadar bitkilerde herhangi bir noksanlık veya toksite belirtisi görülmemiştir.

Bitkilerin ortama adaptasyonlarını sağlamak amacıyla ilk uygulama, fide dikiminden 20 gün sonra başlatılmış ve kontrol grubu saksılarına sadece sulama suyu, tuz grubu saksılara sadece NaCl çözeltisi olmak üzere, kontrol hariç tüm grup saksılara toprak yoluyla NaCl çözeltisi ve diğer uygulama gruplarına yukarıda formülasyonları ile konsantrasyonları verilen organik ve inorganik çözeltiler etkinliğin ve adaptasyonun sağlanmasına yönelik olarak bir kereye mahsus olmak üzere ilk önce toprak yoluyla verilmiş ve daha sonra her 10 günde bir hasata kadar yapraktan uygulama yapılmıştır. Yapraktan uygulanan organik ve inorganik bileşikler su içerisinde çözüldüğünden dolayı, sadece NaCl (tuz) grubu saksılara ayrıca eşdeğer miktarda yapraktan sulama suyu takviyesi yapılmıştır.

Bitkiler vejetatif evreyi tamamlayıp generatif evreye geçiş aşamasında 70 günün sonunda hasat edilmişlerdir. Kök ve yapraklar (sapları hariç olmak üzere) ayrı ayrı alınıp yıkandıktan sonra önce hasas terazide yaş ağırlıkları (Y.A.) belirlenmiş, daha sonra etüve alınarak 70 °C'de 72 saat kurutulmuş ve hassas terzide tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. % EC yaş yaprak örneklerinde Lutts ve ark. (1996) göre, makro besin elementleri fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve sodyum (Na) yaş yakma yöntemiyle ICP – OES cihazında yaprak örneklerinde kuru maddede % olarak Kacar ve İnal (2010)'e göre, lipit peroksidasyonu Rao ve Sresty (2000)'e göre malondialdehit (MDA) ölçümü yapılarak, klorofil ve karotenoid kapsamı Strain ve Svec (1966)'e göre, prolin kapsamı Bates ve ark. (1973)'e göre, süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi

Beauchamp ve Fridovich'in (1971) belirlediği NBT (nitroblue tetrazoliumun) fotokimyasal azalmayı inhibe etme yeteneğinin ölçümüyle, peroksidaz (POX) aktivitesi Chance ve Maehly (1955) metoduna göre guaiacol oksidasyonu kullanılarak, katalaz (CAT) aktivitesi ise Bergmeyer (1970) metoduna göre hasattan hemen önce alınan yaş yaprak örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada IBM SPSS Statistics 20 programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi ve LSD testiyle ortalamaların karşılaştırılması ve standart sapma hesaplaması yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada elde edilen yaprak ve kökün yaş ve kuru ağırlık verileri Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelgede görüldüğü üzere, yaprak kuru ve yaş ağırlıkları, kök kuru ve yaş ağırlıklarının sadece sulama suyu verilen kontrol grubunda en yüksek, sadece tuz uygulaması yapılan NaCl grubunda en düşük olduğu ve tuza dışarıdan ilave edilen organik ve inorganik bileşiklerin etkisiyle bu parametrelerde NaCl grubuna göre artış olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubuna bakıldığında kök kuru ağırlığı 1.54 iken tuz grubu ile kıyaslandığında 0.73'e düşerek % 86 civarında bir azalma görülmüştür. Bunun yanında tuz uygulaması tuza ilave olarak uygulanan silisyum ile kıyaslandığında kök kuru ağırlığı 0.73'den 1.25'e çıkararak yaklaşık % 71 civarında bir artış göstermiştir. Yaprak kuru ağırlığı değerlendirildiğinde, kontrol grubu 5.79 iken, NaCl uygulaması sonucu yaprak kuru ağırlığı 2.55'e düşmüş olup, bu azalış % 56 civarındadır. Uygulanan tuzun etkisiyle kontrole göre yaklaşık 1.7 kat azalış gösteren yaprak kuru ağırlığı potasyum uygulamasıyla beraber sadece tuz stresine kıyasla 2.55'ten 4.08'e yükselerek % 60 oranında artış göstermiştir. Aynı zamanda tuz uygulaması ile nitrik oksit uygulaması ile kıyaslandığında yaprak kuru ağırlığı 2.55'ten 3.11'e yükselmiş olup, bu artış % 21 civarındadır. Buna göre tuz stresi altındaki biber bitkisinin kök ve yaprak kuru ağırlığında meydana gelen olumsuzlukların hafifletilmesinde bitkiye uygulanan organik ve inorganik bileşikler arasında en fazla etkiyi silisyum, en az etkiyi nitrik oksitin gösterdiği anlaşılmaktadır.

Stres altındaki birçok bitkide kök yaş ağırlık ve kuru ağırlıkları ile yaprak yaş ağırlık ve kuru ağırlıklarında önemli ölçüde azalmalar olduğu başka araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir. Erkılıç (2005), tuz stresi altındaki biber bitkisinde (*Capsicum annuum* L.) dışarıdan uygulanan dışsal salisilik asitin yaş ve kuru ağırlık gibi bazı fizyolojik parametreler üzerine olumlu etki yaptığını bildirmiştir. Kausar ve ark., (2013), tuz stresine maruz kalan buğday (*Triticum aestivum*) bitkisine nitrik oksit uygulamasının bitki büyümesini ve verimi olumlu yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Yağmur ve ark., (2006), ise tuza maruz kalan bitkinin toprak altı ve toprak üstü kuru ağırlığında meydana gelen azalmaların potasyum uygulaması ile artış gösterdiğini ve potasyumun bitki gelişimini önemli



Çizelge 2. Tuz stresi altındaki biber bitkisine uygulanan organik ve inorganik bileşiklerin yaprak ve kökün yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri

Uygulamalar	Kök yaş ağırlığı(g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yaprak yaş ağırlığı(g)	Yaprak kuru ağırlığı(g)
Kontrol	6.11±0.28a	1.54±0.21a	40.96±0.35a	5.79±0.80a
NaCl	3.67±0.28f	0.73±0.08c	22.04±0.39e	2.55±0.08e
NaCl+AsA	4.57±0.21cde	1.11±0.15b	29.77±0.24c	3.53±0.11cd
NaCl+SA	4.39±0.24de	1.08±0.06b	29.19±0.59c	3.33±0.10d
NaCl+NO	4.21±0.06e	1.05±0.06b	26.85±0.26d	3.11±0.12d
NaCl+PRO	4.53±0.31cde	1.16±0.25b	30.94±0.54b	3.86±0.11bc
NaCl+Ca	4.87±0.55bcd	1.18±0.16b	30.96±0.25b	3.95±0.06bc
NaCl+K	5.01±0.08bc	1.22±0.05b	31.31±0.44b	4.08±0.11b
NaCl+Si	5.36±0.16b	1.25±0.09b	31.69±0.50b	3.96±0.19bc

Çizelgedeki her bir veri üç tekrarın ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık p<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

derecede etkileyerek tuzun negatif etkisini azalttığını bildirmiştir.

Çalışmada araştırılan bir diğer parametre fotosentetik pigment içeriği olup, tuz stresi altındaki bitkiye uygulanan bileşiklerin klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid içeriklerine ait bulgular Çizelge 3.'de sunulmuştur.

Kontrol grubunda toplam klorofil içeriği 12.51 iken, NaCl uygulaması sonucu klorofil içeriği 5.41'e düşmüş olup, bu azalış yaklaşık olarak % 56 civarındadır. Uygulanan tuzun etkisiyle kontrole göre yaklaşık 2.5 kat azalış gösteren toplam klorofil içeriği Na+AsA uygulamasıyla beraber sadece NaCl uygulamasıyla

kıyaslandığında 5.41'den 10.35'e yükselmiş olup, artış oranı yaklaşık % 91'dir. Bununla beraber NaCl+NO uygulamasını sadece NaCl uygulaması ile kıyasladığımızda toplam klorofil içeriğinde 5.41'den 7.30'a artış görülmüş ve bu artış % 34 civarındadır. Buna göre tuz stresi altındaki biber bitkisinde klorofil içeriğini iyileştirmede en fazla AsA, en az ise NO etkili olmuştur. Klorofil a ve b parametrelerinde de benzeri durum gözlenmiştir. Karotenoid içeriğine bakıldığında kontrol grubunda toplam karotenoid içeriği 3.05 iken NaCl uygulaması ile beraber 1.81'e düşmüş olup, bu düşüş % 40 civarındadır. Uygulanan tuzun etkisiyle kontrole göre yaklaşık 1.5 kat azalış gösteren karotenoid

Çizelge 3. Tuz stresi altındaki biber bitkisine uygulanan organik ve inorganik bileşiklerin yapraklardaki klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid içerikleri (mg/g Y.A.) üzerine etkisi

Uygulamalar	Klorofil a	Klorofil b	Toplam Klorofil	Toplam Karotenoid
Kontrol	6.56±0.35a	4.72±0.30a	12.51±0.65a	3.05±0.03a
NaCl	3.34±0.15f	2.78±0.23c	5.41±0.28d	1.81±0.07e
NaCl+AsA	5.47±0.28bc	4.23±0.07b	10.35±0.02ab	2.54±0.07b
NaCl+SA	5.41±0.30c	4.31±0.12b	8.72±1.45c	2.34±0.11c
NaCl+NO	4.47±0.45e	3.00±0.14c	7.30±0.88c	2.20±0.12cd
NaCl+PRO	6.38±0.30f	4.26±0.26b	9.54±1.70b	2.24±0.08cd
NaCl+Ca	6.05±0.62f	4.39±0.28ab	10.11±0.29b	2.30±0.07c
NaCl+K	5.20±0.16cd	4.04±0.22b	9.47±0.81b	2.21±0.10cd
NaCl+Si	4.73±0.38de	4.00±0.04b	9.13±0.20b	2.11±0.08d

Çizelgedeki her bir veri üç tekrarın ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık p<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

içeriği NaCl+AsA uygulaması sonucunda 1.81'den 2.54'e yükselmiş, bu yükselme yaklaşık olarak % 38 civarındadır. Aynı zamanda NaCl uygulaması sadece NaCl+Si uygulaması ile kıyaslandığında toplam karotenoid içeriği 1.81'den 2.11'e yükselerek yaklaşık % 16 civarında artış göstermiştir. Buna göre tuz stresi altındaki biber bitkisinde toplam karotenoid içeriğini iyileştirmede en fazla AsA, en az ise Si etkili olmuştur.

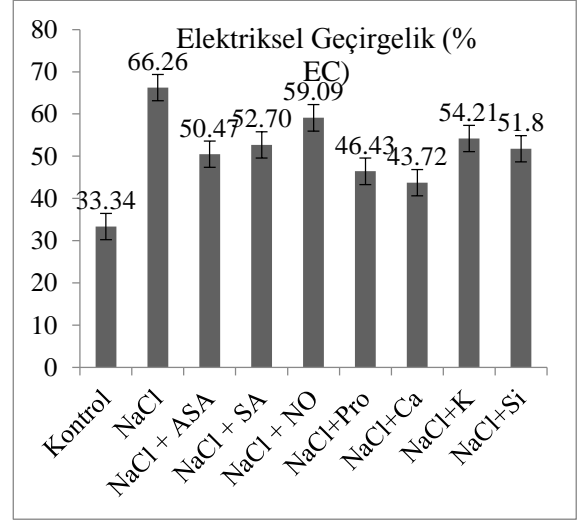
Fotosentetik dokularda tuzluluğun artışı, bitişik grana membranlarında yığılmaya, tilakoidlerin büzülmesine ve klorofillerin parçalanmasına sebep olmaktadır (Ashraf ve Harris, 2004). Tilakoidlerdeki elektron taşıma sisteminin aktivitesi yüksek tuzlulukta azalmaktadır. Yüksek tuzluluk klorofillerin moleküler yapısını bozmakta ve miktarını azaltmaktadır. Klorofil içeriğindeki azalma, klorofil sentezinin azalmasından ya da klorofil pigmentlerinin parçalanmasının artmasından kaynaklanabilmektedir. Özellikle klorofil parçalanması, klorofilaz enzim aktivitesindeki artış sonucunda ortaya çıkmaktadır (Yıldız ve ark., 2010).

Torun (2012), SA uygulamasının arpa çeşitlerinde tuz stresinin büyüme parametreleri ve fotosentetik pigment içeriklerinde oluşturduğu azalmayı iyileştirdiğini bildirmiştir. Tuna ve ark. (2008), ise silisyum uygulamasının, tuzluluğun buğday bitkisi yaprak klorofil içeriği üzerindeki negatif etkilerini kaldırdığını ifade etmişlerdir.

Araştırılan bir diğer parametre olan membran permeabilitesi veya elektriksel geçirgenlik (% EC), özellikle tuz stresi altındaki bitkilerde hücre içi ve hücre dışı ozmotik uyumsuzluğa bağlı olarak gelişen bir iyon dengesizliği olarak tanımlanabilmektedir. EC değerinin artmasıyla birlikte hücre içi elektrolitlerinden başta Ca ve K olmak üzere bazı iyonlar bitki dışına çıkmaktadır. Bu durum hücrede Na/K ve Na/Ca dengesizliklerine ve genel iyon dengesinde düzensizliklere yol açmaktadır (Ghoulam ve ark., 2002).

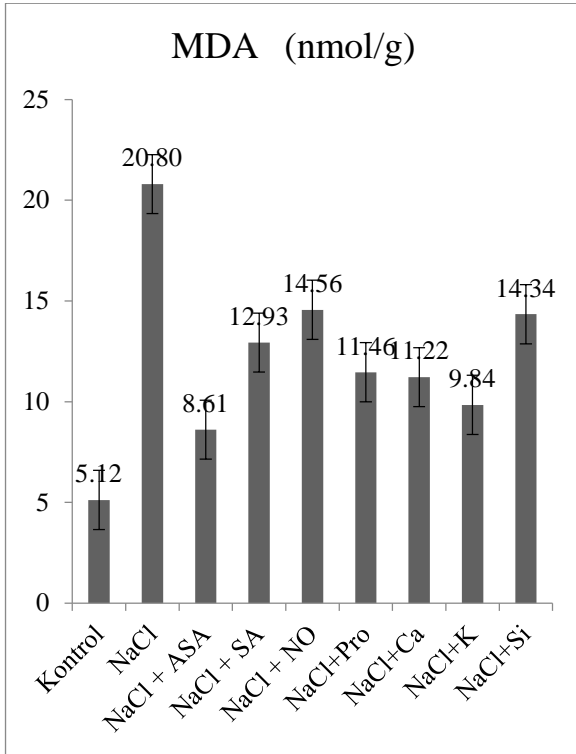
Şekil 1'de görüldüğü üzere tuzun etkisi ile % EC değeri artış göstermiş ve bu etkinin azaltılmasında organik ve inorganik bileşikler önemli rol oynamıştır. Kontrol grubunda % EC değeri 33.34 iken sadece NaCl grubu ile karşılaştırıldığında 66.26'ya çıkmış olup yaklaşık % 98 civarında artış gözlenmiştir. Tuzluluğun etkisi ile yaklaşık 2 kat artış gösteren % EC değerinin iyileştirilmesine yönelik en fazla etkiyi gösteren kalsiyum uygulamasına bakıldığında, NaCl uygulamasıyla % EC değeri 66.26 iken NaCl+Ca uygulaması ile 43.72'ye kadar düşmüş olup, bu azalma % 34 civarındadır. Aynı zamanda % EC değeri üzerine en az etki göstermiş olan nitrik oksit NaCl ile kıyaslandığında % EC değeri 66.26'dan 59.09'a gerileyerek yaklaşık % 10 civarında azalma göstermiştir (Şekil 1). Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresi altındaki mısır bitkisine uyguladıkları kalsiyum ve potasyumun % EC değerini düşürdüğünü ve tuzun zararlı etkisini hafiflettiklerini rapor etmişlerdir. Çelik (2014), tuz stresi altında yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde artan membran geçirgenliğinin (% EC) dışsal olarak

uygulanan nitrik oksit ile azaldığını bildirmiştir. Tuna ve ark., (2008), tuz stresi altındaki makarnalık buğday (*Triticum durum* cv. Gediz-75) ve ekmeclik buğday (*Triticum aestivum* cv. İzmir-85) bitkilerine uygulanan silikonun etkilerini araştırmışlar ve tuz ilavesiyle yapraklardaki membran geçirgenliğinde artış olduğu, bu artışların Si muamelesiyle azaldığını gözlemlenmişlerdir.



Şekil 1. Tuz stresi altındaki biber bitkisine uygulanan organik ve inorganik bileşiklerin elektriksel geçirgenlik (% EC) üzerine etkileri

Reaktif oksijen türlerinin oluşumu stres koşullarına karşı bitkilerin meydana getirmiş olduğu genel bir tepkidir. Bu reaktif oksijen türleri bitki hücrelerinde membranların yapısında bulunan lipitleri oksitleyerek membran yapılarının bozulmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda membran seçici geçirgenlik özelliği kaybolmakta ya da azalmaktadır. Hücre membran lipitlerinin oksitlenmesi reaksiyonlarında ara ürün olarak ortaya çıkan MDA, tuz stresi çalışmalarında stresin ne derece zarar verdiğini belirlemede önemlidir (Gossett ve ark., 1994). MDA kapsamındaki değişimlerin sunulduğu Şekil 2'de, NaCl grubunda kontrol grubuna göre MDA etkinliğinin yüksek seviyelere ulaşması, tuzluluğun etkisiyle hücre membranının hasara uğramış olduğunun göstergesidir. Tuzun zararı sonucunda artış gösteren MDA, bitkiye harici uygulanmış olan tüm bileşiklerin desteği ile azalma göstermiştir. Böylece hücre membranına zarar veren ROT'ların kısmen de olsa temizlenmesi sağlanmıştır. Kontrol grubunda MDA kapsamı 5.12 iken sadece NaCl grubuna baktığımızda 20.80'e yükselmiş olup bu artış yaklaşık % 307 civarındadır. Uygulanan tuzun etkisiyle kontrole göre yaklaşık 4 kat artış gösteren MDA kapsamı Na+AsA uygulaması ile beraber sadece NaCl uygulamasıyla kıyaslandığında 20.80'den 8.61'e düşmüş olup, azalış oranı yaklaşık % 58'dir.



Şekil 2. Tuz stresi altındaki biber bitkisine uygulanan organik ve inorganik bileşiklerin yaprakta lipid peroksidasyonu üzerine etkileri

Aynı zamanda NaCl+ NO uygulaması sadece NaCl ile kıyaslandığında MDA kapsamında 20.80'den 14.56'ya düşüş saptanmış olup bu gerileme yaklaşık % 30'dur. Buna göre tuz stresi altındaki biber bitkisinin hücre membranında lipid peroksidasyonu sonucu açığa çıkan MDA içeriği üzerine en fazla olumlu etkiyi AsA, en az ise NO yaratmıştır (Şekil 2).

Bu çalışmada elde edilen bulgulara destek niteliğinde literatürde de bazı çalışmalar mevcuttur. Dolatabadian ve ark., (2008), tuz stresi altındaki kanola (*Brassica napus* L.) bitkisine AsA uygulaması sonucu tuzlulukla artan MDA içeriğini azalttığını, böylece AsA'nın stres koşullarında bitkide hücre zarında meydana gelen hasarı onardığını bildirmişlerdir. Bak (2009), kabak bitkisinde salisilik asidin hücre membranının oksidatif hasardan etkilenme derecesi üzerine etkilerini araştırmış ve tuzun etkisiyle lipid peroksidasyonu sonucu ortaya çıkan MDA'nın salisilik asit uygulaması sonucu iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Esim ve Atıcı (2012), stres koşulları altında mısır (*Zea mays* L.) yapraklarına uygulanan nitrik oksit'in (NO) lipid peroksidasyon seviyelerini önemli oranda düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Tuzluluk koşulları altındaki biber bitkisinde, bir diğer parametre olan prolin içeriğinin de artış gösterdiği gözlenmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tuz stresi altındaki biber bitkisine uygulanan organik ve inorganik bileşiklerin yapraklardaki prolin kapsamı ve enzim aktiviteleri üzerine etkisi

Uygulamalar	Prolin ( $\mu\text{mol/g Y.A.}$ )	POX ( $\Delta\text{A470}/\text{min}/\text{mg protein}$ )	CAT ( $\mu\text{mol}/\text{dak}/\text{mg Y.A.}$ )	SOD (Unit/mg protein)
Kontrol	0.64 $\pm$ 0.06e	3.51 $\pm$ 0.11 e	16.96 $\pm$ 0.62e	8.75 $\pm$ 0.09e
NaCl	4.56 $\pm$ 0.71a	12.70 $\pm$ 0.45 a	37.55 $\pm$ 4.62a	21.68 $\pm$ 0.95a
NaCl+AsA	2.81 $\pm$ 0.37b	6.76 $\pm$ 0.53 c	21.16 $\pm$ 0.94cd	12.15 $\pm$ 0.67d
NaCl+SA	2.41 $\pm$ 0.23bcd	7.07 $\pm$ 0.20 c	24.64 $\pm$ 1.38bc	16.66 $\pm$ 0.75b
NaCl+NO	2.87 $\pm$ 0.27b	9.59 $\pm$ 0.45 b	27.40 $\pm$ 2.16b	17.49 $\pm$ 0.28b
NaCl+PRO	2.08 $\pm$ 0.19cd	6.79 $\pm$ 0.16 c	22.65 $\pm$ 1.01cd	14.02 $\pm$ 0.85c
NaCl+Ca	1.84 $\pm$ 0.46d	5.44 $\pm$ 0.36 d	21.32 $\pm$ 1.98cd	13.20 $\pm$ 0.31cd
NaCl+K	2.73 $\pm$ 0.38b	7.16 $\pm$ 0.28 c	22.19 $\pm$ 1.27cd	13.18 $\pm$ 0.59d
NaCl+Si	1.81 $\pm$ 0.30d	6.68 $\pm$ 0.21 c	20.64 $\pm$ 0.88d	13.81 $\pm$ 0.44c

Çizelgedeki her bir veri üç tekrarın ortalaması  $\pm$  standart hata olarak verilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Kontrol grubunda prolin içeriği 0.64 iken NaCl grubunda 4.56'ya yükselerek yaklaşık 7 kat artış göstermiştir. Tuzun etkisiyle artan prolin kapsamı, dışarıdan uygulanan organik ve inorganik bileşiklerin etkisi ile azalmıştır. NaCl grubu sadece NaCl+Si ile kıyaslandığında prolin içeriği 4.56 iken 1.81'e düşerek yaklaşık % 60 civarında bir azalma göstermiştir. NaCl grubu sadece NaCl+NO ile kıyaslandığında ise prolin içeriği 4.56 iken 2.87'ye azalma göstererek % 37 civarında bir iyileştirme görülmüştür. Buna göre prolin içeriğine en fazla etkiyi silisyum, en az etkiyi ise potasyumun yaptığı anlaşılmaktadır. Prolin içeriğinde

meydana gelen azalmalar, uygulanan bileşiklerin tuzun zararlı etkisini hafifletmede katkıda bulunduğunun göstergesidir.

Stres altındaki bitkiler hücrede sentezlenen ve yine hücre içerisinde sitoplazma ve organellerde bulunan organik maddeler biriktirmektedirler. Bu maddelerden bir tanesi olan prolin, membran bütünlüğünün sağlanarak ozmotik dengenin korunmasında önemli rol oynamaktadır.

Stres koşullarında serbest oksijen radikallerinin oluşumundaki en önemli faktör, NADP<sup>+</sup>'nin kısıtlı duruma gelmesi nedeniyle, ferrodoksin'in NADP<sup>+</sup>

yerine oksijeni indirgemesidir. Böylece membran bütünlüğüne zarar veren reaktif  $O_2^{\bullet-}$  radikalleri oluşmaktadır. Stres süresince kloroplastlardaki prolin biyosentez oranındaki artış, daha düşük NADPH/NADP<sup>+</sup> oranı sağlayarak, hücre bütünlüğüne zarar veren reaktif  $O_2^{\bullet-}$  radikallerinin oluşumunu azaltmaktadır (Miller ve ark., 2010). Özden ve ark., (2011), tuza maruz kalmış üzüm (*Vitis vinifera*) bitkisinde tuz varlığında artış gösteren prolin içeriğinin prolin uygulaması ile azaldığını, stres koşullarına karşı toleranslı bitki yetiştirilmede prolin uygulamalarının etkili olacağını bildirmişlerdir. Baran ve Doğan (2014), tuz stresi uygulanan arpada (*Hordeum vulgare* L.) strese cevap olarak prolin düzeyinin arttığını buna bağlı olarak salisilik asit uygulaması ile prolin içeriğinin azaldığını belirtmişler ve salisilik asidin tuz stresine karşı koruyucu özellik gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Serbest radikaller, özellikle aktif oksijen türlerinin süperoksit molekülü ( $O_2^{\bullet-}$ ) singlet oksijen, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil radikallerini ( $OH^{\bullet}$ ) oluşumunu içerir. Serbest radikaller, eşleşmemiş elektron içeren moleküller olup oldukça reaktiftirler. Bu radikaller; plazma membranı, mitokondri, endoplazmik retikulum (ER) membranlarında da oluşabilir. Bitkiler kendilerini toksik  $O_2$  türevlerine karşı koruyan değişen miktarlarda antioksidanlara ve antioksidatif enzimlere sahiptirler (Ye ve ark., 2000). Bu çalışmada tüm parametrelere ilave olarak antioksidan enzimler SOD, POX ve CAT aktiviteleri de belirlenmiştir. Bu üç antioksidatif enzim de reaktif oksijen türevlerinin zararlarını yok etmek veya en aza indirmek amacıyla bitkiler tarafından geliştirilen antioksidatif savunma mekanizmalarının önemli elemanları olup tuz stresi koşulları ile oluşan antioksidatif zararın giderilmesinde etkilidirler (Köşkeröğlu, 2006).

Araştırmada da tuz stresi sonucu biber bitkisinde bu üç enzimin de aktivitelerinde artışlar gözlenmiş, dışsal uygulanan bileşikler ile enzim aktivitelerinde azalmalar meydana gelmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4'de verilmiştir.

Kontrol grubunda POX enzim aktivitesi 3.51 iken NaCl uygulanmasıyla 12.70'e yükselmiş olup, bu artış yaklaşık olarak % 270 civarındadır. Çalışmamızdaki hedefimiz tuz stresi altındaki biber bitkisinde antioksidatif sistemin dışarıdan verilen bileşikler ile desteklenip uyarılması ve serbest oksijen radikallerinin detoksifikasyonu olduğundan, bu bileşiklerin verilen tuz ile uyarılan antioksidatif sistemi ne derece etkilediği araştırılmıştır. Uygulanan NaCl nedeniyle kontrole göre yaklaşık 3 kat artış gösteren POX enzim aktivitesi, NaCl+NO uygulamasıyla beraber, sadece NaCl uygulamasına kıyasla 12.70'ten 9.59'a düşmüş olup düşüş oranı yaklaşık olarak % 25 civarındadır. Aynı zamanda, NaCl+Ca uygulamasıyla beraber bu oran 12.70'ten 5.44'e gerilemiş olup, bu seviyede düşüş oranı yaklaşık olarak % 57 civarındadır (Çizelge 4). Buna göre POX enzim aktivitesini en az NO en çok ise Ca uygulamasının düşürdüğü anlaşılmaktadır.

Kausar ve ark., (2013), nitrik oksit, tuz etkisi

altındaki buğdayda antioksidan enzim aktivitesi üzerine olumlu etki yaparak, tuzun açtığı oksidatif hasara karşı koruyucu bir rol oynadığını, bitki büyümesini ve verimi olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, iki çeşit (duyarlı ve toleranslı) buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinin yapraklarına 250 mM veya 500 mM NaCl ile birlikte 0.01 mM veya 0.10 mM salisilik asit uygulanmıştır. Tuza duyarlı olan türde POX aktivitesinde önemli düzeyde düşüş gözlemlenmiştir (Mutlu ve ark., 2009). Akat (2012), tuz stresi koşullarında örtü altı ve açık alanda yetiştirilen Deniz Lavantası (*Limonium sinuatum*) bitkisinde tuzluluktan dolayı bitkide meydana gelen hücresel hasarın olumsuz etkilerinin giderilmesinde kalsiyumun önemli bir rol oynadığını bildirmiştir. El-Lethy ve ark., (2013), tuzluluk stresi altında bitki metabolizmasında artış gösteren POX aktivitesinin potasyum varlığında azaldığı ve potasyumun stres kaynaklı meydana gelen oksidatif hasarı onardığını bildirmişlerdir.

Araştırmada incelenen diğer bir parametre olan CAT aktivitesine bakıldığında Çizelge 4' te görüldüğü üzere kontrol grubunda CAT enzim aktivitesi 16.96 iken, tuz uygulamasıyla beraber 37.55'e yükselmiş olup, yaklaşık olarak % 124 oranında bir artış görülmüştür. Tuz stresinin etkisini azaltmak için uyguladığımız organik ve inorganik bileşiklerin ilave edilmesiyle CAT aktivitesinde bir azalış meydana gelmiş, en fazla azalış silisyum en az azalış ise nitrik oksitte görülmüştür. NaCl+Si uygulamasıyla beraber NaCl uygulamasına kıyasla CAT aktivitesi 37.55'ten 20.64'e, yaklaşık olarak % 45 oranında düşüş göstermiştir. NaCl+NO uygulamasına bakıldığında NaCl uygulamasına kıyasla CAT aktivitesi 37.55'ten 27.40'a düşmüş olup bu düşüş yaklaşık olarak % 27 oranındadır. Nejadalimoradi ve ark., (2014), tuz stresine maruz kalan Ayciçeği (*Heliantus annuus* L.) bitkisine dışsal nitrik oksit (NO) uygulamalarının bitkide bazı fizyolojik parametreler ve antioksidan enzimler üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda kontrole kıyasla tuzlu ortama NO uygulaması ile CAT enzim aktivitesinde bir artış olduğu ve NO'nun tuzluluğu hafifletici etkisinden dolayı bir antioksidatif cevap olarak görüldüğünü bildirmişlerdir. Torun (2012), arpada tuz stresinde artış gösteren CAT aktivitesinin salisilik asit uygulamasıyla azalış gösterdiğini, buna bağlı olarak salisilik asitin fizyolojik ve biyokimyasal olarak olumlu değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4'te kontrol grubunda SOD enzim aktivitesi 8.75 iken NaCl grubunda 21.68'e yükselmiş olup, bu yükseliş % 147 oranındadır. Uygulanan tuzlulukla beraber yaklaşık 2.5 kat artış gösteren SOD aktivitesi, NaCl+AsA uygulamasıyla beraber NaCl uygulamasına kıyasla 21.68'ten 12.15'e düşmüş ve düşüş oranı yaklaşık % 43 'tür. Aynı zamanda NaCl+NO uygulamasına bakıldığında NaCl uygulamasına kıyasla SOD aktivitesi 21.68'ten 17.49'a gerilemiş ve düşüş oranı yaklaşık olarak % 19 olarak görülmüştür. Sonuç olarak SOD enzim aktivitesinin tuzluluk ortamına ilavesiyle en fazla AsA, en az NO uygulamasının

düşürdüğünü söylemek mümkündür. Dolatabadian ve ark., (2008), kanola bitkisinde tuz uygulaması ile SOD enzim aktivitesi artarken, askorbik asit uygulaması ile yapraklarda SOD enzim aktivitesinde düşüş olduğunu bildirmişlerdir. El-Lethy ve ark., (2013), buğdayda tuzluluk stresi altında bitki metabolizmasında artış gösteren SOD aktivitesinin potasyum varlığında

azaldığı ve potasyumun stres kaynaklı meydana gelen oksidatif hasarı onardığını bildirmişlerdir. Özden ve ark., (2011), ise üzümde prolin uygulamasıyla POX, CAT, SOD enzim aktivitelerinde azalma olduğunu, tuz stresinin iyileştirilmesinde prolinin önemli bir rolü olduğunu bildirmişlerdir. Yaprak örneklerinin makro element kapsamının sunulduğu Çizelge 5'te

Çizelge 5. Tuz stresi altındaki biber bitkisine uygulanan bazı organik ve inorganik bileşiklerin yaprak % makro element (Na, Ca, K, P) kapsamı üzerine etkisi

Uygulamalar	Na	Ca	K	P
Kontrol	0.08±0.01d	1.83±0.11cd	8.06±0.09a	0.54±0.02a
NaCl	2.31±0.42a	1.75±0.02d	6.71±0.14c	0.45±0.01c
NaCl+AsA	0.66±0.28bc	1.90±0.14cd	7.51±0.05b	0.48±0.03bc
NaCl+SA	0.71±0.15bc	1.84±0.20cd	7.68±0.28ab	0.51±0.02ab
NaCl+NO	0.39±0.04cd	1.94±0.06cd	7.56±0.44ab	0.51±0.03ab
NaCl+PRO	0.57±0.21bcd	1.98±0.10cd	7.46±0.65b	0.52±0.01ab
NaCl+Ca	0.98±0.50b	2.58±0.12a	7.68±0.57ab	0.53±0.02ab
NaCl+K	0.71±0.31bc	2.24±0.05b	7.91±0.09ab	0.51±0.05ab
NaCl+Si	0.47±0.05bcd	2.06±0.17bc	6.87±0.19c	0.48±0.02bc

Çizelgedeki her bir veri üç tekrarın ortalaması ± standart hata olarak verilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

görüldüğü üzere Na, kontrol grubunda % 0.08 iken NaCl grubunda % 2.31'e yükselerek yaklaşık 29 kat artış göstermiştir. NaCl grubu NaCl+Ca ile kıyaslandığında 2.31'den 0.98'e düşmüş olup, bu azalış % 57 civarındadır. NaCl grubu NaCl+NO ile kıyaslandığında ise 2.31'den 0.39'a azalarak bu azalma % 83 civarındadır. Buna göre tuzluluğun etkisini en fazla Ca, en az ise NO hafifletmiştir. Kalsiyum kontrol grubunda 1.83 iken NaCl grubunda 1.75'e düşmüş olup, bu azalma % 4 civarındadır. Ca içeriği üzerine en olumlu etkiyi NaCl+Ca grubu göstermiş olup, NaCl ile kıyaslandığında Ca içeriği yaklaşık olarak % 47 civarında artış göstermiştir. En az etkiyi gösteren NaCl+SA grubu ise NaCl grubu ile kıyaslandığında Ca içeriği % 5 artış göstermiştir. Potasyum ise kontrol grubunda 8.06 iken NaCl grubunda 6.71'e düşerek % 16 civarında azalma görülmüştür. NaCl+K grubunu NaCl grubu ile kıyasladığımızda K içeriğinde yaklaşık olarak % 17 civarında artış görülmüştür. NaCl+Si grubunu NaCl ile kıyasladığımızda K içeriğinde yaklaşık % 2 civarında artış görülmüştür. Buna göre tuzun zararlı etkisine karşı K içeriğinde en olumlu etkiyi K, en az etkiyi ise Si göstermiştir. Başka bir makro element olan fosforun yapraklardaki içeriğine bakıldığında kontrol uygulaması ile 0.54 iken NaCl uygulaması ile 0.45'e düşmüş olup, bu azalma yaklaşık % 16'dır. P içeriğinde en olumlu etki NaCl+Ca uygulamasında olup, NaCl ile kıyaslandığında P içeriği 0.45'ten 0.53'e artarak, yaklaşık % 17 oranında artma görülmüştür. Aynı zamanda P içeriği üzerine en az etkiyi NaCl+Si uygulaması göstermiş ve NaCl uygulaması ile

kıyaslandığında P içeriği 0.45'ten 0.48'e artmış olup, bu artış % 4 civarındadır.

Tuzlu ortamlarda, bitkiler K ve Ca'un zararına neden olacak şekilde Na'un aşırı miktarlarını adsorbe etmektedir. Tuzlu yetiştirme ortamında yüksek Na/Ca ve Na/K oranları, kök membranlarının seçiciliğini bozarak Na'un köklerde ve gövdede pasif akümülyasyonuna neden olabilmektedir. Bitki köklerinde Na'un yüksek oranlı akümülyasyonu, kök içerisinde bulunan bazı özel yörelerin düzenleyici mekanizmalarına bağlı olabilmekte, bu da örneğin Na'un köklerden toprak üstü organlara taşınımının önlenmesine ve dolayısıyla köklerde Na birikimine neden olmaktadır. Na miktarındaki artış, genellikle ozmotik regülyasyonu ve besin dengesini bozarak spesifik iyon toksitesine neden olmaktadır (Köşkeröğlu, 2006). Sadak ve ark. (2014), tuz stresi altındaki keten bitkisine uygulanan askorbik asidin Na konsantrasyonu düşürürken, K, Ca ve P içeriklerinde artışa neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Abdelhamid ve ark., (2013), tuz stresi altında fasulye bitkisine (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan püskürtme yoluyla uyguladıkları prolinin, P ve K konsantrasyonlarını arttırırken Na iyon konsantrasyonunu azalttığını rapor etmişlerdir. Karlıdağ ve ark., (2009), tuz stresinin çilek bitkisinin mineral alınımını ve büyümesini olumsuz yönde etkilemiş olduğunu ve SA uygulaması ile yaprak makro element içeriklerinde artma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Zheng ve ark. (2009), ise dışsal NO uygulamasının buğdayda Na<sup>+</sup> konsantrasyonunu düşürürken K<sup>+</sup> konsantrasyonunu arttırdığını bildirmişlerdir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Tuzun bitkide meydana getirdiği olumsuz etkileri hafifletmek ve sağlıklı bitki gelişimi için dışsal olarak uygulanabilen bazı bileşikler tedavi edici olarak kullanılabilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; tuzun özellikle hücre membran lipitleri üzerindeki hasar göstergesi sayılan lipit peroksidasyonunu önlemede AsA etkili bulunurken, yaprak kuru madde üretiminde potasyum, tuz etkisi altında enzimatik antioksidatif sistemin desteklenmesi ve regülasyonunda ise NO etkili olmuştur. Sonuç olarak; bu bileşiklerin tuz stresi altındaki bitkilerde ıslah edici rolü olduğunu düşünerek diğer kültür bitkilerinde de önerilebilir. Bunun pratiğe uygulaması zor olsa da geniş çaplı tarla denemelerine ihtiyaç duyulabilir. Bu tip kısa süreli ve dar kapsamlı çalışmalar yaptıktan sonra bu çalışmaların bilime, ekonomiye ve insanoğluna getireceği faydalar göz önüne alınmalı ve daha fazla bitki çeşidi ile daha geniş kapsamlı saksı-tarla denemeleri kurularak, elde olunan verilerin pratikte vermiş olduğu veya vereceği katkılar ayrıntılı olarak analiz edilmelidir.

#### Kaynaklar

- Abdelhamid, M.T., Rady, M.M., Osman, A.S., Abdalla, M.A., 2013. Exogenous application of proline alleviates salt-induced oxidative stress in *Phaseolus vulgaris* L. *Plants. J. Hortic. Sci. Biotech.* 88(4): 439-446.
- Akat, H., 2012. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen *Limonium sinuatum* bitkisinde kalsiyum uygulamalarının verim ve gelişim kriterleri üzerine etkisi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 184s.
- Alscher R. G., Ertürk N., Heath L. S., 2002. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *J. Exp. Bot.* 372: 1331-1341.
- Ashraf, M., Harris, P. J. C., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.* 166: 3-16.
- Bak, Z.D., 2009. Tuz stresine maruz bırakılan iki kabak çeşidinde (*Cucurbita pepo* L.) salisilik asit uygulamasıyla gelişen fizyolojik ve biyokimyasal değişimler. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 89s.
- Baran, A., Doğan M., 2014. Tuz stresi uygulanan soyada (*Glycine max* L.) Salisilik asidin fizyolojik etkisi. *S.D.Ü. Fen Bil. Enst. Der.* 18(1): 78-84.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39: 205-207.
- Beauchamp, C., Fridovich, I., 1971. Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels. *Anal. Biochem.* 44: 276-287.
- Bergmeyer, N., 1970. *Methoden der enzymatischen Analyse*, Akademie-Verlag, 1: 636-647.
- Büyük, İ., Aydın, S. S., Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarında verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen Dened. Biyol. Der.* 69(2): 97-110.
- Chance. B., Maehly, A. C., 1955. Assay of catalase and peroxidases, *Methods Enzymol.* 2: 764-775.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., Zhu, J., 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.* 45: 437-448.

- Conklin, P.L., 2001. Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. *Plant Cell Environ.* 24: 383-394.
- Çelik, A., 2014. Nitrik oksit uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen mısır bitkisinin mineral beslenmesi ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 76s.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2012. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11: 11-34.
- Delledonne, M., Zeier, J., Marocco, A., Lamb, C., 2001. Signal interactions between Nitric oxide and reactive oxygen intermediates in the plant hypersensitive disease resistance response. *Proc. Nation. Acad. Sci.* 98(23): 13454-13459.
- Demiral, T., 2003. Genç pirinç fidelerine dışarıdan glisinbetain uygulanmasıyla tuza (NaCl) toleransının arttırılmasında antioksidan enzim aktivitesinin rolünün araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 72s.
- Dolatabadian, A., Sanavy, S.A., Chashmi, N.A., 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 206-213.
- El-Lethy, S.R., Abdelhamid, M.T., Reda, F., 2013. Effect of Potassium application on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars grown under salinity stress. *World Appl. Sci. J.* 26(7): 840-850.
- Erkılıç, E.G., 2005. Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum* L.) fidelerinde salisilik asitin prolin birikimi ve bazı fizyolojik özelliklere etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 120 s.
- Ertekin F., 2010. Kabakta (*Cucurbita* spp.) yeşil aksam ve kök bölgesindeki iyon dağılımının tuz stresine toleransın belirlenmesinde kullanım olanakları üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 109s.
- Esim, N., Atıcı, Ö., 2012. Nitrik oksit (NO) düşük sıcaklık stresi altındaki mısırdaki (*Zea mays* L.) antioksidatif sistemi düzenler. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-7 Eylül, İzmir.
- Flowers, T.J., Yeo, A.R., 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants where next. *Australian J. Plant Physiol.* 22: 875-884.
- Foyer, C.H., Lelandais, M., Kunert, K.J. 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiol. Plant.* 92(4): 696-717.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fores, K., 2002. Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.* 47: 39-50.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt tolerant and salt sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.* 34: 706-714.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate saltinduced damages. P.Ahmad, M.M. Azooz, M.M.VProsod (Eds.), in: *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*, pp: 25-87.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Plant Mol.Biol.* 51: 463-499.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A., 2010. Effect of

- exogenous salicylic acid under changing environment: A review, *Environ. Exp. Bot.* 68: 14–25.
- Jamei, R., Heidari, R., Khara, J., Zare, S., 2009. Hypoxia induced changes in the MDA, membrane permeability, reactive oxygen species generation and antioxidative response systems in *Zea mays* leaves. *Turk. J. Biol.* 33: 45-52.
- Kacar, B., Katkat, A.V., 2006. Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849, Fen ve Biyoloji Yayın Dizisi:29, Ankara, 589 s.
- Kacar, B., İnal, A., 2010. Bitki Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, 912s. Ankara.
- Karlıdağ, H., Yıldırım, E., Turan, M., 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Sci Agric.* 66(2): 180-187.
- Kausar, F., Shahbaz, M., Ashraf, M., 2013. Protective role of foliar applied Nitric oxide in *Triticum aestivum* under saline stress. *Turk. J. Bot.*, 37: 1155-1165.
- Kaya, C., Tuna, A. L., 2005. Potasyum'un tuz stresi altındaki bitkilerde rolü ve önemi. Tarımda Potasyum Sempozyumu. 3-4 Ekim 2005, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Köşkeroğlu, S., 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays*) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 106 s.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmon, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.* 78: 389-398.
- Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yılmaz, S., Mittler, R. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant Cell Environ.* 33: 453–467.
- Mutlu, S., Atici, O., Nalbantoglu, B., 2009. Effects of Salicylic acid and salinity on apoplastic antioxidant enzymes in two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Biol. Plantarum*, 53: 334-338
- Neill, S.J., Desikan, R., Hancock, J.T., 2003. Nitric oxide signalling in plants. *New Phytolol.*, 159:11–35.
- Nejadalmoradi, H., Nasibi, F., Kalantari, K.M., Zangahe, R., 2014. Effect of seed priming with L-arginine and Sodium nitroprusside on some physiological parameters and antioxidant enzymes of sunflower plants exposed to salt stress. *Agric. Commun.*, 2(1): 23-30.
- Özden, M., Dikilitaş, M., Gürsöz, S., Ak, B.E., 2011. 110r anacı üzerine aşılı şiraz üzüm (*Vitis Vinifera* L.) çeşidinin NaCl ve prolin uygulamalarına karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri. *Harran. Ü.Z.F. Der.* 15(1): 1-9.
- Rao, K.V.M., Sresty, T.V.S., 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) in response to Zn and Ni stresses. *Plant Sci.* 157: 113–128.
- Sadak, M.S., Dawood, M.G., 2014. Role of Ascorbic acid and Tocopherol in alleviating salinity stress on Flax plant (*Linum usitatissimum* L.). *J. Stress Physiol. Biochem.* 10(1): 93-111.
- Smirnoff, N., Wheeler, G. L., 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* 35(4): 291-314.
- Strain, H.H., Svec, W.A., 1966. Extraction, separation, estimation and isolation of chlorophylls. 21-66, Bernon, V.P., Seely, G.R. (eds.), In the chlorophylls Academic Press, New York.
- Torun, H., 2012. Tuz stresine maruz bırakılan arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde Salisilik asit muamelesinin içsel fitohormonlar düzeyinde fizyolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 104s
- Tuna, A.L., Kaya, C., Higss, D., Morillo-Amador, B., Aydemir, S., Girgin, A.R., 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environ. Exp. Bot.* 62(1): 10-16.
- Yağmur, M., Kaydan, D., Okut, N., 2006. Potasyum uygulamasının tuz stresindeki arpanın fotosentetik pigment içeriği, ozmotik potansiyel, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> oranı ile bitki büyümesindeki etkileri. *Tarım Bil. Der.* 12(2): 188–194.
- Yağmur, Y., 2008. Farklı asma (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 108s.
- Yakıt, S., Tuna, A.L., 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniv. Der.* 19(1): 59-67.
- Ye, Z., Rodriguez, R., Tran, A., Hoang, H., Los Santos, D.D., Brown, S., 2000. The developmental transition to flowering represses ascorbate peroxidase activity and induced enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Sci.* 158: 115-127.
- Yıldız, M., Terzi, H., Ceneci, S., Arıkan, E. S., Uruşak, B., 2010. Bitkilerde tuzluluğa toleransın fizyolojik ve biyokimyasal markörleri. *Anadolu Üniv. Bilim Tekn. Derg.* 1(1): 1-33.
- Yılmaz E., Tuna A. L., Bürün B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 47-66.
- Zheng, C., Jiang, D., Liu, F., Dai, T., Jing, Q., Cao, W., 2009. Effects of salt and waterlogging stresses and their combination on leaf photosynthesis, chloroplast ATP synthesis, and antioxidant capacity in wheat. *Plant Sci.* 176: 575–582.



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.289400



## Pestisit klorprifosun rat (wistar albino) karaciğerinde oluşturduğu hasar üzerine kurkuminin antioksidan etkisinin incelenmesi

Sevcan Mercan\*, Banu Eren, Nazan Dinç

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Atakum, Samsun*

\*Sorumlu yazar/corresponding author: sevcant@omu.edu.tr

Geliş/Received 15/10/2016

Kabul/Accepted 04/11/2016

### ÖZET

Bu çalışmada dünyada yaygın olarak kullanılan geniş spektrumlu pestisit olan klorprifosun (CPF) ratların (Wistar albino) karaciğerinde oluşturduğu hasarın miktarı ve bu hasarın giderilmesinde antioksidan özelliği bilinen kurkuminin koruyucu rolünün incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, bir kontrol grubu ile sırasıyla sadece CPF, sadece kurkumin ve CPF+kurkumin verilen 3 muamele grubu olmak üzere toplam dört grup oluşturulmuştur. Her bir grupta 12 adet 90 günlük erkek rat kullanılmıştır. 5 mg/kg/gün CPF ve 100 mg/kg/gün kurkumin gavaj yoluyla hayvanlara verilmiştir. 15. ve 30. günlerde gruplardaki 6'şar hayvan kurban edilmiştir. Histolojik takip işlemlerinden sonra ışık mikroskobu ile yapılan değerlendirmede CPF grubunda kontrol grubuyla karşılaştırıldığında karaciğerde hidropik dejenerasyon, inflamasyon odakları, sinüzoidlerde genişlemeler, hepatositlerde sitoplazmik değişiklikler, glikojen yoğunluğunda farklılıklar gözlenmiştir. CPF ile birlikte kurkumin verilen grupta, CPF grubuna göre daha az oranda histopatolojik değişiklik gözlenmiştir. Elde edilen bulgular kurkuminin, CPF'nin neden olduğu histopatolojik hasarı indirdiğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:**  
Histolojik değişiklikler  
Karaciğer  
Klorprifos  
Kurkumin

### Investigation of curcumin's antioxidant effect on pesticide chlorpyrifos caused damage in rat (Wistar albino) liver

#### ABSTRACT

In this study, broad-spectrum pesticide chlorpyrifos (CPF) caused damage on rat (Wistar albino) liver and protective role of curcumin, a well known antioxidant were investigated. For this purpose, 4 groups were created, including a control group with 3 treatment groups; only CPF, only curcumin and CPF + curcumin, respectively. Each group was consisted of 12 male rats. 5 mg/kg/day CPF and 100 mg/kg/day curcumin were given to the animals via gavage. 6 animals in each group were sacrificed in 15th and 30th days. Following histologic examinations, when the CPF group compared with the control group; hydropic degenerations, focal inflammatory cell infiltration, expansion in the sinusoidal, cytoplasmic changes in hepatocytes and glycogen concentration differences were observed by light microscopic evaluations. It was observed that CPF + curcumin-treated group had histological changes than CPF group. The results showed that curcumin has a reduction effects on CPF induced histopathological damage.

**Keywords:**  
Histological changes  
Liver  
Chlorpyrifos  
Curcumin

© OMU ANAJAS 2017

### 1. Giriş

Pestisitlerin hedef olmayan organizmalar üzerine olan olumsuz etkilerinin varlığı son yıllarda zirai mücadelede kullanımlarının sınırlandırılmasına yönelik çalışmaların artmasına neden olmuştur. Pestisitlerin; suda, toprakta, çeşitli bitki dokularında uzun süre bozulmadan kalabilmeleri tarımsal üretim alanlarında kirliliğe neden olmakta, bitkisel ürünlerden, bunlarla beslenen çiftlik hayvanlarına ve çiftlik hayvanlarından elde edilen et, süt, yumurta gibi ürünlere geçerek insan

sağlığı üzerine olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Genel olarak yaygın kullanılan insektisitlerin etkin maddeleri insan ve hayvan sağlığı üzerine herbisitlere göre daha ciddi olumsuz etkilere sahiptir (Kurutaş ve Kılınc, 2003). Özellikle model hayvanların belirli dokuları üzerine olan histopatolojik etkilerinin belirlenmesi bu kimyasalların çiftlik hayvanlarında ve insanlarda meydana getireceği olumsuzlukların irdelenmesi açısından önemli bulunmaktadır.

Klorprifos (CPF), tarım zararlılarıyla mücadelede sıklıkla kullanılan organofosfat insektisitlerdendir.



Organofosfat insektisitler sebze ve meyvelerdeki emici böceklerin kontrolünde yaygın olarak kullanılan kimyasallardır (Nishi ve Hundal, 2013). Bu grup insektisit toksisitesinin başlıca mekanizması asetil kolin esteraz inhibisyonu üzerinedir (Baconi ve ark., 2013; Ventura ve ark., 2016). Asetilkolin esteraz inhibisyonu sonucu sinaptik kavşaklarda nörotransmitter olarak görev yapan asetilkolinin birikimi sonucu post sinaptik hücrelerin aşırı uyarımına neden olarak kolinerjik toksisiteye yol açmaktadır (Türkmen, 2013). CPF'nin asetilkolin esteraz inhibisyonundan başka farklı hücrel ve moleküler mekanizmalar yoluyla normal gelişimi engellediğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Gupta ve ark., 2010). Bu etkilerinin yanı sıra son yıllarda yapılan çalışmalar, CPF gibi bazı organofosfatlı insektisitlerin serbest oksijen radikallerinin üretimini artırarak oksidatif doku hasarlarına neden olduğunu ortaya çıkarmıştır (Kurutaş ve Kılınç, 2003; Aly ve ark., 2010; Mansour ve Mossa, 2010; Heikal ve ark., 2012).

Serbest oksijen radikalleri birçok fizyolojik veya patolojik tepkimeler esnasında oluşabilen eşleşmemiş bir elektronu bulunan reaktif moleküllerdir. Eşleşmemiş elektron bu molekülleri oldukça reaktif hale getirir ve protein, lipid ve nükleik asitler gibi önemli molekülleri tahrip edecek tepkimeleri başlatır (Mercan, 2010). Bu serbest oksijen radikallerinin en büyük özelliği ortamda bulunan başka moleküllerle reaksiyona girerek yeni radikaller oluşmasıyla oksidatif hasara neden olmalarıdır (Halliwell, 1994). Radikaller, lipitler, proteinler ve DNA gibi makro moleküllere zarar verici reaksiyonları başlatırlar (Reiter, 1997).

Organizmalarda, serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerini sınırlayan veya ortadan kaldıran güçlü savunma sistemleri bulunmaktadır. Antioksidan sistemler olarak adlandırılan bu sistemler ile serbest oksijen radikalleri arasında bir denge söz konusudur (Gutteridge, 1995). Serbest oksijen radikallerinin oluşum hızı, antioksidan sistemlerin bu radikalleri ortadan kaldırma hızı ile dengede olduğu sürece organizma oluşan radikallerden etkilenmemektedir. Denge bozulup, zararlı bileşiklerin oluşum hızı sistemin savunma gücünü aştığında ya da sistemin savunma gücü azaldığında serbest radikaller zararlı etkilerini göstermeye başlar ve oksidatif hasar ortaya çıkar (Mercan, 2010).

Kurkumin, Zingiberaceae familyasına ait rizomlu bir bitki olan *Curcuma longa* bitkisinin köklerinden elde edilen turmeriğin (zerdeçal) etken maddesidir (Chattopadhyay ve ark., 2004; Akpolat ve ark., 2008). Baharat olarak mutfaklarda, kozmetik sektöründe ve tıpta ilaç olarak kullanılmakta olan kurkumin, antioksidan, anti-inflamatuar, antikarsinojenik ve antikoagulant, antidiyabetik, antifungal gibi çok sayıda biyolojik ve farmakolojik aktivitelere sahiptir (Uslu, 2002; Goel ve ark., 2005; Yousef ve ark., 2010).

Güçlü bir antioksidan olan kurkuminin; böbrek, testis, kalp, beyin dokusu ve karaciğerde oluşan hasarlarda oksidatif stresi ve doku hasarlarını azalttığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Yalnızca

antioksidan ve serbest radikal süpürme özellikleri ile değil süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon peroksidaz enzimlerinin aktivitelerini artırarak koruyucu etki sağladığı bilinmektedir (Thiyagarajan ve Sharma, 2004; Yousef ve ark., 2010; Ghosh ve ark., 2015; Salahshoor ve ark., 2016).

Bu çalışmada zirai mücadele uygulamalarında kullanılan ve hayvanlar üzerinde çeşitli toksik etkilere neden olduğu bilinen CPF ile güçlü bir antioksidan olarak bilinen kurkuminin karaciğerde oluşturduğu histolojik değişikliklerin ışık mikroskobu düzeyinde belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma, O.M.Ü Hayvan Denepleri Yerel Etik Kurulu'nun; B.30.2.O.D.M.O.20.09.00-050.04-116 sayılı izniyle başlamıştır. Çalışmada kullanılan Wistar albino ratlar Ondokuz Mayıs Üniversitesi Deneysel Hayvanları Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEHAM)'nden temin edilmiştir. Ratlar plastik kafeslerde 18-22 °C oda sıcaklığında 12 saat aydınlık/karanlık sağlanarak Samsun Yem Fabrikası tarafından üretilen % 20-22 ham protein, % 4-5 ham yağ, % 5-7 düzeyinde ham selüloz içeren pelet sıçan yemi ile beslenmiştir. Aynı jenerasyondan 250-300 gr ağırlığında erkek ratlar kullanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

Çalışmada, kontrol (K), klorprifos (CPF), kurkumin (KUR), klorprifos+kurkumin (CPF+KUR) olmak üzere 4 grup oluşturulmuştur. Her grupta 12 erkek rat (Wistar albino) kullanılmıştır. Ratlara 5 mg/kg/gün klorprifos (Farag ve ark., 2010), 100 mg/kg/gün kurkumin (Madhavi ve ark., 2012) gavaj yoluyla verilmiştir. 15. ve 30. günlerde gruplardaki 6'şar hayvana kardiyak perfüzyon işlemi uygulanmış bu işlem sonrasında karaciğer dokusu çıkarılarak ışık mikroskobu ile inceleme için %10'lük tamponlanmış nötral formalin solüsyonuna konulmuştur. Rutin histolojik takip işlemleri yapıldıktan sonra dokular parafin içerisinde bloklanmıştır. Elde edilen parafin bloklardan 5 µm kalınlığında kesitler alınmıştır. Doku örneklerinin ışık mikroskopik incelemeleri için hematoksilin-eozin (H-E), Periyodik asit-Schiff (PAS) (AFIP, 1992) boyaması yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kontrol grubuyla (Şekil 1A-1B) kurkumin grubu (Şekil 1C) karşılaştırıldığında belirgin histopatolojik değişikliklerin meydana gelmediği görülmüştür. CPF gruplarında ve CPF+KUR gruplarında karaciğerde hidropik dejenerasyon, inflamasyon odakları, sinüzoidlerde genişlemeler, hepatositlerde sitoplazmik değişiklikler,

Çizelge 1. Çalışma gruplarının rat karaciğeri için histolojik derecelendirmeleri

Belirlenen değişiklikler	Kontrol		CPF		KUR		CPF+KUR	
	15.Gün	30.Gün	15.Gün	30.Gün	15.Gün	30.Gün	15.Gün	30.Gün
Hidropik dejenerasyon	-	-	+++	++++	+	+	++	++
İnflamasyon odakları	-	-	++	+++	-	-	+	++
Sinüzoidlerde genişleme	-	-	++	++	+	+	+	++
Hepatositlerdeki sitoplazmik değişiklikler	-	-	+++	++++	+	+	++	++
Hepatositlerdeki glikojen yoğunluğu	+++	+++	+	+	+++	+++	++	++

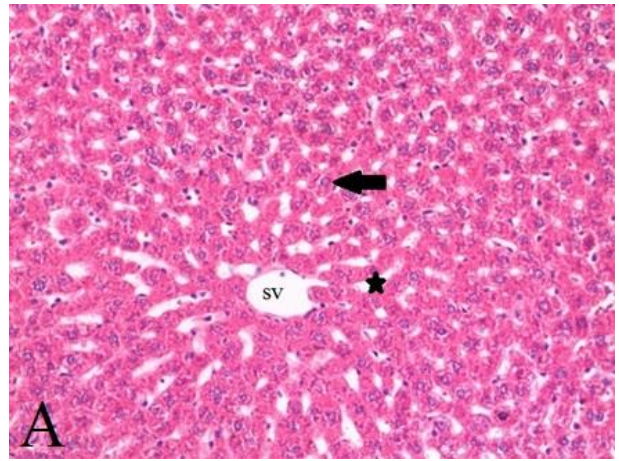
Santral ven ve portal bölge etrafındaki alanlarda (+), Santral ven ile portal bölge etrafındaki ve yakınındaki alanlarda (++)  
Santral ven ile portal bölge etrafındaki ve daha uzaktaki alanlarda (+++), Tüm karaciğerde (++++), Hiçbir değişiklik yok (-)

glikojen yoğunluğunda farklılıklar gibi histopatolojik değişiklikler gözlenmiştir (Çizelge 1). CPF 15. gün grubunda neredeyse tüm karaciğerde hidropik dejenerasyon, sentral ven ve portal alanlarda inflamasyon odakları, yine sentral ven ile birlikte portal alan etrafındaki ve yakınındaki alanlarda sinüzoidlerde genişleme ve hepatositlerde sitoplazmik değişiklikler, glikojen yoğunluğunda azalma gözlenmiştir (Şekil 1D). CPF 30. gün gruplarında tüm karaciğerde hidropik dejenerasyon, tüm karaciğere dağılmış inflamasyon odakları, sentral ven ve portal alan çevresinde sinüzoidlerde genişlemeler, neredeyse tüm hepatositlerde sitoplazmik değişiklikler ve glikojen miktarında azalma gözlenmiştir (Şekil 1E).

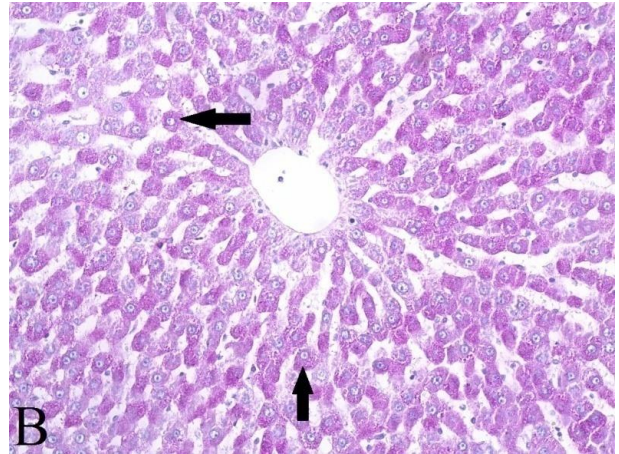
CPF+KUR 15. gün grubunda sentral ven, portal alan çevresi ve yakınındaki alanlarda hidropik dejenerasyon ve hepatositlerde sitoplazmik değişiklikler, sentral ven ile portal alan çevresinde inflamasyon odakları ve sinüzoidlerde genişlemeler ve hepatositlerdeki glikojen miktarında azalma gözlenmiştir (Şekil 1F). CPF+KUR 30. gün grubunda sentral ven ve portal alan çevresinde hidropik dejenerasyon, inflamasyon odakları, sinüzoidlerde genişlemeler, hepatositlerde sitoplazmik değişiklikler ve glikojen miktarında azalma belirlenmiştir (Şekil 1G-1H).

CPF+KUR gruplarında histopatolojik değişiklikler belirlenmiş fakat CPF gruplara göre daha az şiddette gözlenmiştir (Çizelge 1). Kurkumin CPF'nin etkilerine karşı koruyuculuk sağlamış CPF'nin sebep olduğu histolojik değişiklikleri indirmişdir. CPF verilen gruplardan 15. gün ve 30. gün grupları arasında yapılan değerlendirmede ilaç uygulamasının devam etmesiyle hasarın derecesinin arttığı gözlenmiştir. Değerlendirme yarı kantitatif olarak her bir gruptaki değişikliklerin modu alınarak yapılmıştır.

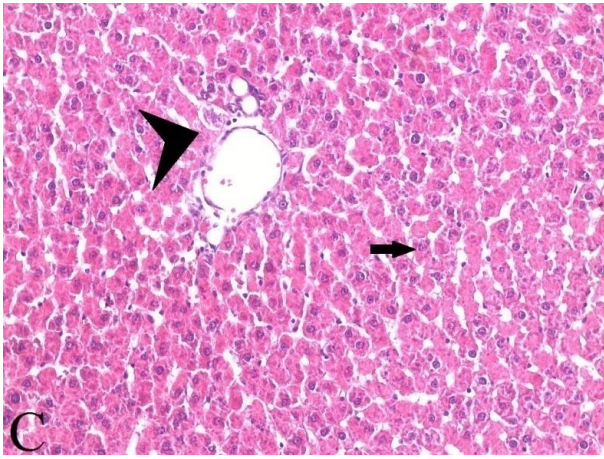
Serbest oksijen radikalleri aracılığıyla gelişen hücre hasarında membran lipid peroksidasyonu, DNA parçalanması, proteinlerin çapraz bağlanması olmak üzere üç reaksiyon rol oynamaktadır (Karahan ve ark., 2006). Hücre, fizyolojik stresler ve patolojik uyarılarla karşılaştığında duruma adapte olabilmekte ve hücresel homeostazı koruyarak canlılığını devam ettirebilmektedir.



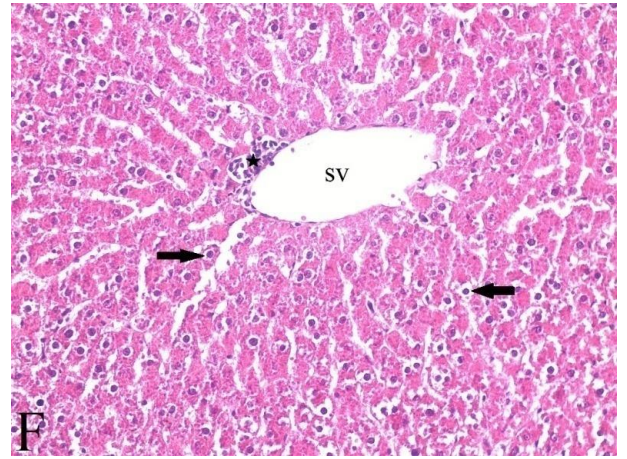
Şekil 1A. Kontrol grubunda karaciğerin histolojik görüntüsü. Sentral ven (sv), hepatosit (→), sinüzoid (\*), H-E X200



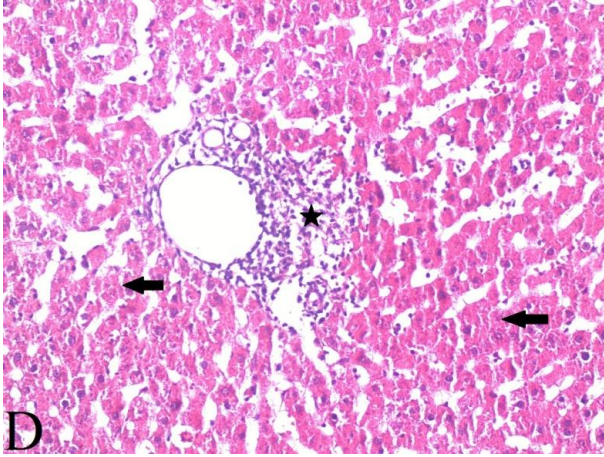
Şekil 1B. Kontrol grubunda karaciğerde hepatositlerdeki glikojen taneçiklerinin görünümü (→), PAS X200



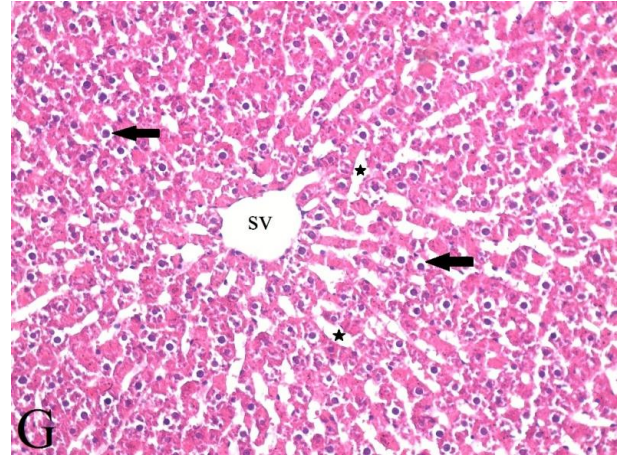
Şekil 1C . KUR 15. gün grubunda karaciğerin histolojik görünümü. Hepatositler (→), portal alan (>), H-E X200



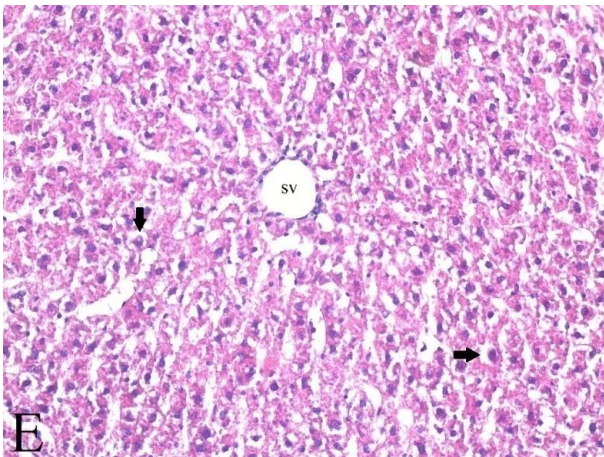
Şekil 1F. CPF+KUR 15.gün grubunda karaciğerin histolojik görünümü. Hepatositlerde hidropik dejenerasyon (→), sentral ven çevresinde infiltrate hücre topluluğu (\*), H-E X200



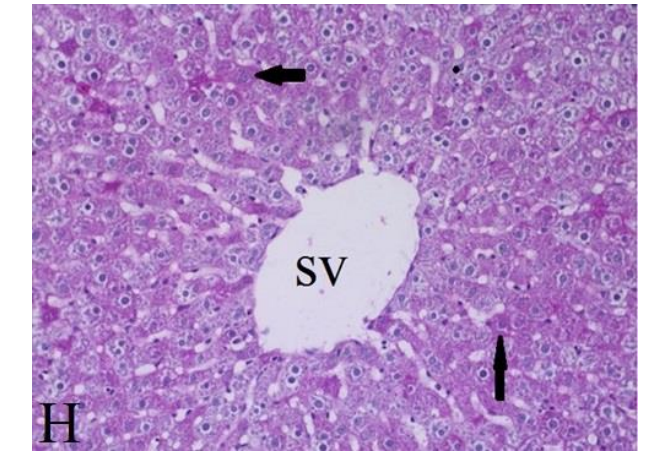
Şekil 1D. CPF 15. gün grubunda karaciğerin histolojik görünümü. Portal alanda inflamasyon odakları (\*), hepatositlerin ışınal dizilimlerinde değişiklikler (→), dejenere olmuş hücreler, sitoplazma ve çekirdek durumları, H-E X200



Şekil 1G. CPF+KUR 30.gün grubunda karaciğerin histolojik görünümü. Hepatositlerde hidropik dejenerasyon (→), sentral ven (sv), sinüzoid (\*), H-E X200



Şekil 1E. CPF 30. gün grubunda karaciğerin histolojik görünümü. Hepatositlerdeki yoğun hidropik dejenerasyon (→), sentral ven (sv), H-E X200



Şekil 1H. CPF+KUR 30.gün grubunda karaciğerde hepatositlerdeki glikojen dağılımı (→), sentral ven (sv), PAS X200

Eğer hücre adaptasyon yeteneğinin üzerinde bir strese maruz kalırsa geri dönüşümlü ya da geri dönüşümsüz olarak zedelenebilir, hatta ölebilmektedir (Kumar ve ark., 1999).

Hücre membranında enerji bağımlı sodyum pompaları ATP üretimindeki azalmaya bağlı olarak işlev görememektedir. Bunun sonucunda hücreye kontrolsüz sodyum ve su girişi meydana gelmekte, sonuçta hücre zedelenmelerinde ilk belirti olan hidropik değişiklikler ortaya çıkmaktadır (Chandrasoma ve Taylor, 1995; Mercan ve Eren, 2012). Gruplarda, glikojen miktarındaki azalma CPF'nin glikojen metabolizması esnasındaki tepkimeler üzerinde de etkili olabildiğini düşündürmektedir.

Karaciğer pestisitler, ilaçlar ve metaller gibi dış kaynaklı toksik maddelerin atılımı ve detoksifikasyonunda görevli ve aynı zamanda toksinlerin ilk hedefi olan bir organdır (Mercan, 2010). Harici olarak vücuda alınan toksik maddelerin, organizmada metabolize edilememesi sonucu hücrelerde açığa çıkan serbest oksijen radikalleri karaciğer hasarına neden olmaktadır (Mercan ve Eren, 2012). Alınan doza bağlı olarak toksik etki gösteren bir organofosfat olan CPF'nin teratojenik, mutajenik ve karsinojenik etkiler gösterdiği bilinmektedir (Farag ve ark., 2003; Ma ve ark., 2013). Diğer yandan oksidatif hasarın varlığının tespitinde önemli parametreler olan antioksidan enzim aktivitelerinin belirlendiği çalışmalarla CPF'nin karaciğerde oluşturduğu hepatotoksosite ortaya çıkarılmıştır (Aly ve ark., 2010; Mansour ve Mossa, 2010). Heikal ve ark. (2012) yaptıkları biyokimyasal ve histolojik çalışma ile rat karaciğerinde CPF'nin oksidatif hasara neden olduğu bunun sonucunda karaciğerde histolojik değişikliklerin meydana geldiğini göstermişlerdir. Mansour ve Mossa (2010) rat karaciğer ve böbreği ile yaptıkları çalışmada CPF'nin bu dokular üzerinde histopatolojik değişikliklere neden olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan literatür araştırmaları ile CPF'nin farklı zaman aralıkları boyunca sürekli uygulandığında hücrede değişen derecelerde hasara yol açtığı görülmüştür (Chiappa ve ark., 1995, Rowsey ve Gordon, 1995; Gordon, 1997; Hossary ve ark., 2009). Bu çalışmamızda CPF uyguladığımız gruplarda histopatolojik değişiklikler gözlenmiştir. CPF 15. gün grubunda gözlenen hasara göre CPF 30. gün grubunda gözlenen hasar derecesinin arttığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz bulgular literatür bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Canlı vücudu, serbest oksijen radikallerinin neden olduğu hasara enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemleriyle karşı koymaktadır. Antioksidan enzimler serbest oksijen radikallerini etkisizleştirmede ilk savunma hattı olarak rol oynarlar (Halliwell, 1994). Vitamin E, vitamin C,  $\beta$ -karoten gibi antioksidan vitaminler, kurkumin, selenyum, melatonin gibi antioksidan özelliğe sahip maddeler de ikinci savunma sistemini oluşturur ve vücudu oksidatif stres sonucu oluşan hasara karşı korurlar. Antioksidan enzimler

serbest oksijen radikallerini kontrol altında tutar fakat oksidatif stres bu savunma sisteminin kapasitesini aştığında enzim olmayan diğer antioksidan maddeler devreye girerek serbest oksijen radikallerine karşı işlev görürler (Türkmen, 2013). Yapılan birçok araştırma sonucunda kurkuminin antioksidan etkisi kanıtlanmıştır. Yousef ve ark. (2010) karaciğer ve böbrek üzerinde parasetamolün sebep olduğu oksidatif hasar ve histolojik değişiklikler üzerinde kurkuminin iyileştirici etkisi olduğunu göstermiştir. Yao ve ark. (2013) ratlarla yaptıkları çalışmada 200 ml/kg kurkumini oral yolla vererek  $CCl_4$ 'ün karaciğer üzerinde oluşturduğu hasara karşı kurkuminin koruyuculuğunu ışık mikroskopik, immünohistokimyasal ve elektron mikroskopik incelemelerle ortaya koymuştur. Yapılan başka bir çalışmada kurkuminin koruyuculuğu biyokimyasal, moleküler ve mikroskopik analizlerle gösterilmiştir (Ghosh ve ark., 2015). Salahshoor ve ark. (2016) farelerle yaptıkları çalışmada nikotinin karaciğerde neden olduğu oksidatif hasar üzerine farklı dozlarda uyguladıkları kurkuminin koruyucu ve iyileştirici etkisini ortaya koymuşlardır.

Karaciğerde meydana gelen hasarın çoğu ilaçlar, ziraai alanda ve endüstriyel alanlarda kullanılan kimyasal ajanlar yoluyla oluşmaktadır. Altıyüz ilaçtan daha fazlasının hepatotoksosite ile ilişkisi bilinmektedir. Hepatotoksositeye sebep olduğu bilinen ilaçların etkilerini reaktif oksijen türleri aracılığıyla gösterdiklerini kanıtlayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Sohn ve ark., 2008).

Ziraat ve endüstri alanlarında sıklıkla kullanılan organofosfatlı insektisit kalıntılarında tohum, sebze, toprak ve çeşitli besinlerde rastlanmış, hedef olmayan canlılarda zehirlenmelere hatta ölümlere neden olduğu rapor edilmiştir (Storm ve ark., 2000; John ve ark., 2001).

#### 4. Sonuç

Pestisitlerin kullanımı sırasında insanlara ve çevreye verebileceği zararı önlemek veya en aza indirmek için önlemler alınmalıdır. Tarım alanında kullanılması gerektiğinde üreticiler yalnızca gerekli olduğu durumlarda doğru ilaç, doğru dozda ve doğru zamanda kullanılması konusunda bilgilendirilmelidir. Üretim alanına yapılan son ilaçlama ile hasat arasında geçmesi gereken süre beklenmelidir (Ayaz ve Yurttagül, 2012).

Bulgularımız, CPF'nin serbest radikal oluşumuna neden olarak karaciğerde hasar meydana getirdiğini ve antioksidan özelliği olan kurkuminin oluşan bu oksidatif hasar üzerinde koruyuculuk sağlayabildiğini göstermektedir. Elde ettiğimiz sonuçlar hem CPF ile hem de kurkumin ile yapılan diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir. Çevre ve insan sağlığının korunmasında kurkuminin kullanılabilirliğini ortaya koyarak bilime katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Kaynaklar**

- AFIP, 1992. Laboratory Methods in Histotechnology. 53-58, 132
- Akpolat, M., Tarladaçalışır, Y., Kanter, M., 2008. İyonize Radyasyonun Neden Olduğu İnce Barsak Hasarına Karşı Curcumin ve C Vitamininin Koruyucu Etkilerinin İncelenmesi. Araştırma, Tıp Araştırmaları Dergisi, Trakya Üniv. Tıp Fak. Histoloji ve Embriyoloji ABD. Edirne
- Aly, N., El-Gendy, K., Mahmoud, F., El-Sebae, A.K., 2010. Protective effect of vitamin C against chlorpyrifos oxidative stress in male mice. Pestic. Biochem Phys. 97: 7-12
- Ayaz, A., Yurttagül, M., 2012. Besinlerdeki Toksik Öğeler-II. Ankara Sağlık Bakanlığı Yayınları, No: 727, ISBN: 978-975-590-243-2
- Baconi, D., Barca, M., Manda, G., Ciobanu, A., Balalau, C., 2013. Investigation of the toxicity of organophosphorus pesticides in a repeated dose study in rats. Rom. J. Morphol. Embryol. 54 (2): 349-356
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., Banerjee, R.K., 2004. Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. Curr. Sci. 87(1): 44-53
- Chandrasoma, P., Taylor, C.R., 1995. Concise Pathology, Second Edition, A Lange Medical Book, 3-20
- Chiappa, S., Padilla, S., Koenigsberger, C., Moser, V., Brimijoin, S., 1995. Slow accumulation of acetylcholin esterase in rat brain during enzyme inhibition by repeated dosing with chlorpyrifos. Biochem. Pharmacol. 49(7): 955-963
- Farag, A., Okazy, A., Asward, A., 2003. Developmental Toxicity Study of Chlorpyrifos in Rats. Reprod. Toxicol., 17(2): 203-208
- Farag, A., Radwan, A., Sorour, F., El-Okazy, A., El-Agamy, El-S., El-Sebae, Ael-K., 2010. Chlorpyrifos Induced reproductive toxicity in male mice. Reprod. Toxicol. 29: 80-85
- Gupta, S.C., Mishra, M., Sharma, A., Balaji, T.G.R.D., Kumar, R., Mishra, R.K., Chowdhuri, D.K., 2010. Chlorpyrifos induces apoptosis and DNA damage in Drosophila through generation of reactive oxygen species. Ecotox. Environ. Safe. 73: 1415-1423
- Goel, A., Dani, U., Dhawan, P. 2005., Chlorpyrifos Induced Alterations in the Activities of Carbohydrate Metabolizing Enzymes in Rat Liver: The Role of Zinc. Toxicol. Lett. 163: 235-241
- Gordon, C., 1997. Behavioral Thermoregulatory Response to Chlorpyrifos in the rat. Toxicol. 124: 165-171
- Ghosh, S., Bhattacharyya, S., Rashid, K., C. Sil, P.C., 2015. Curcumin protects rat liver from streptozotocin-induceddiabetic pathophysiology by counter acting reactive oxygen species and inhibiting the activation of p53 and MAPKsmediated stress response pathways. Toxicol. Rep. 2: 365-376
- Gutteridge, J.M., 1995. Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. Clin. Chem. 41(12):1819-1828
- Halliwell, B., 1994. Free radicals, antioxidants and human disease: Curiosity, Cause or Consequence? The Lancet. 344(10): 721-724
- Heikal, T.M., El-Sherbiny, M., Hassan, S.A., Arafa, A., Ghanem, H.Z., 2012. Antioxidant effect of selenium on hepatotoxicity induced by chlorpyrifos in male rats. Int. J. Pharm. Pharm. Sci. 4(4): 603-609
- John, S., Kale, M., Rathore, M., Bhatnagar, D., 2001. Protective Effect of Vitamin E in Dimethoate and Malathion Induced Oxidative Stress in Rat Erythrocytes. J. Nutr. Biochem. 12: 500-504
- Hossary, G., Monsaur, S., Mohamed, A., 2009. Neurotoxic Effects of Chlorpyrifos and the Possible Protective Role of Antioxidant Supplements: an Experimental Study. J. Appl. Sci. Res. 5 (9): 1218-1222
- Karahan, İ., Yılmaz, S., Ateşşahin, A., 2006. Ratlarda Cisplatin ve Gentamisin Kan ile Karaciğerde Oluşturdukları Oksidatif Stres üzerine Likopenin Etkileri. F.Ü. Sağlık Bil. Derg. 20(1): 39-43
- Kumar, V., Cotran, R.S., Robbins, S.L., 1999. Basic Pathology, WD Saunders Company, Çeviri: Çevikbaş, U. 2000. Temel Patoloji, Nobel Tıp Kitapevleri Ltd. Şti. 4-24
- Kurutaş, E.B., Kılınç, M., 2003. Pestisitlerin Biyolojik Sistemler Üzerine Etkisi. Arşiv Kaynak Tarama Derg. 12 (3): 215-228
- Ma, P., Wu, Y., Zeng, Q., Gan, Y., Ye, J.X., Yang, X., 2013. Oxidative damage induced by chlorpyrifos in the hepatic and renal tissue of Kunming mice and the antioxidant role of vitamin E. Food Chem. Toxicol. 58: 177-183
- Mansour, S.A., Mossa, A.T.H., 2010. Oxidative Damage, Biochemical and Histopathological Alterations in Rats Exposed to Chlorpyrifos and the Antioxidant Role of Zinc. Pestic. Biochem Phys. 96: 14-23
- Madhavi, M., Madhavi, K., Jithan, A.V., 2012. Preparation and in vitro/in vivo characterisation of curcumin microspheres intended to treat colon cancer. J. Pharm. Bioallied. Sci. 4 (2): 164-171
- Mercan, S., 2010. Asetilsalisilik Asit ve Selenyumun, Ratlarda (Wistar albino) Cisplatin ile İndüklenmiş Histolojik Değişiklikler Üzerine Etkilerinin İnce Yapı Düzeyinde Araştırılması. Doktora tezi. OMÜ, Fen Bil. Enst. Samsun
- Mercan, S., Eren, B., 2012. Protective role of melatonin supplementation against nicotine-induced liver damage in mouse. Toxicol. Ind. Health. 29(10): 888-896
- Nishi, K., Hundal, S., 2013. Chlorpyrifos Induced Toxicity in Reproductive Organs of Female Wistar. Food Chem. Toxicol. 62:732-738
- Reiter, R.J., 1997. Aging and Oxygen Toxicity: Relation to Changes in Melatonin. Age. 20: 201-213
- Rowsey, P., Gordon, C., 1995. Tumor necrosis factor is involved in chlorpyrifos-induced changes in core temperature in the female rat. Toxicol. Lett. 109: 51-59.
- Salahshoor, M., Mohamadian, M., Kakabaraei, S., Roshankhah, S., Jalili, C., 2016. Curcumin improves liver damage in male mice exposed to nicotine. J. Tradit. Complement. Med. 6: 176-183
- Sohn, J.H., Han, K., Kim, J.H., Rukayadi, Y. and Hwang, J.K., 2008. Protective Effects of Macelignan on Cisplatin-Induced Hepatotoxicity Is Associated with JNK Activation. Biol Pharm. Bull. 31(2): 173-277
- Storm, J.E., Karl, K.R., Doull, J., 2000. Occupational exposure limits for 30 organophosphate pesticides based on inhibition of red cell acetylcholin esterase. Toxicol. 150: 1-29
- Thiyagarajan, M., Shar, S., 2004. Neuroprotective Effect of Curcumin in Middle Cerebral Artery Occlusion Induced Focal Cerebral Ischemia in Rats. Life Sci. 74 (8), 969-985
- Türkmen, R., 2013. Klorprifos uygulanan diyabetli ratlarda Likopenin antioksidan ve hipoglisemik Etkilerinin

- araştırılması. Doktora tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bil. Enst. Afyon
- Uslu, E., 2002. Curcuminin Stres Ülseri Üzerine Etkisi. Cerrahpaşa Tıp Fak. Derg. 33(2):93-96
- Ventura, C., Nieto, M.R.R., Bourguignon, N., Lux-Lantos, V., Rodriguez, H., Cao, G., Randi, A., Cocca, C., Nunez, M., 2016. Pesticide Chlorpyrifos Acts as an Endocrine Disrupter in Adult Rats Causing Changes in Mammary Gland and Hormonal Balance. J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 156: 1-9
- Yao, Q., Lin, Y., Li, X., Shen, X., Jiyao Wang, J., Tu, C., 2013. Curcumin ameliorates intrahepatic angiogenesis and capillarisation of the sinusoids in carbon tetrachloride-induced rat liver fibrosis. Toxicol. Lett. 222: 72–82
- Yousef, M.I., Omar, S.A.M., El-Guandi, M.I., Abdelmegid, L.A., 2010. Potential protective effects of quercetin and curcumin on paracetamol-induced histological changes, oxidative stress, impaired liver and kidney functions and haematotoxicity in rat. Food Chem. Toxicol. 48: 3246-3261



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.289406



## Pestisit klorprifosun neden olduğu testis doku hasarı üzerine kurkuminin antioksidan etkisinin ışık mikroskopik olarak incelenmesi

Banu Eren, Sevcan Mercan\*, Nazan Dinç

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Atakum, Samsun*  
\*Sorumlu yazar/corresponding author: sevcant@omu.edu.tr

Geliş/Received 01/11/2016 Kabul/Accepted 10/11/2016

### ÖZET

Bu çalışmada zirai mücadelede yaygın olarak kullanılan bir organofosfat pestisit olan klorprifosun (CPF) memeli testis dokusu üzerinde oluşturduğu hasar ve bu hasarın azaltılması amacıyla kullanılan antioksidan kurkuminin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 48 adet 90 günlük erkek rat (Wistar albino) 15 gün boyunca madde uygulanan ve 30 gün boyunca madde uygulanan grup olmak üzere öncelikle iki gruba ayrılmıştır. Bu gruplar da kendi içerisinde bir kontrol grubu ile sırasıyla sadece CPF, sadece kurkumin ve CPF+kurkumin verilen 3 muamele grubu olacak şekilde toplam dört grup oluşturulmuştur. 15. ve 30. günlerde gruplardaki 6'şar hayvandan testis dokuları alınmıştır. Hayvanlardan çıkarılan testis dokuları %10'luk tamponlanmış nötral formalin içerisinde alınmış, histolojik takip işlemlerinden sonra ışık mikroskopunda değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede CPF grupları kontrol grubuyla karşılaştırıldığında seminifer tübüllerde dejenerasyon, spermatogenik hücrelerde azalma, seminifer tübüller arasındaki bölgede bağ dokusunda ödem, nekrozis gibi histopatolojik değişiklikler belirlenmiştir. CPF ve kurkuminin birlikte verildiği gruplarda CPF gruplarına göre daha az histopatolojik değişiklik gözlenmiştir. Kontrol ile CPF ve CPF+KUR grupları arasında ve CPF ile CPF+KUR grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bulgular incelenen testis dokularında CPF'nin hasar oluşturduğunu ve bu hasar üzerinde kurkuminin antioksidan etkisinin önemli düzeyde var olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler:  
Histolojik değişiklikler  
Klorprifos  
Kurkumin  
Rat  
Seminifer tübül  
Testis dokusu

### Investigation of antioxidant effect of curcumin on testicular tissue damage caused by pesticide chlorpyrifos under light microscopy

#### ABSTRACT

In this study, effect of commonly used pesticide chlorpyrifos's (CPF) on mammalian testicular tissue damage and antioxidant curcumin's effects on damage reducing were investigated. For this purpose, 90 days old 48 male rats (Wistar albino) primarily divided into two groups; treated for 15 days and treated for 30 days. These groups divided into four groups within themselves, included; a control, only CPF, CPF + curcumin and only curcumin groups, respectively. On the 15<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> days 6 animals' testicular tissue from each group were taken and placed in 10% neutral buffered formalin for histological procedures and evaluated by light microscopy. It was determined that the CPF group had histopathological changes such as seminiferous tubule degeneration, reduction of germ cells in seminiferous tubules, oedema in connective tissue in inter seminiferous tubules region and necrosis compared to control group. Also, it was observed that CPF and curcumin group had minor histopathological changes on these tissues according to only CPF group. There were statistically significant differences between control group and CPF and CPF + CUR groups as well as between CPF group and CPF + KUR group ( $p<0.05$ ). The findings revealed that CPF caused damage in testicular tissues and curcumin had significant antioxidant effects on this damage.

Keywords:  
Histological changes  
Chlorpyrifos  
Curcumin  
Rat  
Seminiferous tubules  
Testicular tissue

© OMU ANAJAS 2017

### 1. Giriş

İnsanlar için ana besin kaynağı olan bitkiler üzerinde birçok hastalık ve zararlı etmenler etkili olmaktadır.

Artan dünya nüfusunun yiyecek talebinin karşılanması için tarımda birim alandan elde edilen verimin artırılması gerekmektedir. Bu noktada bitkiler üzerinde etkili olan kemirgenler, böcekler, mantarlar, nematodlar,

akarlar gibi çeşitli zararlılarla mücadele gündeme gelmektedir. Besin maddesi olarak kullanılmak üzere yetiştirilen bitkilerin üretimi, tüketimi ve depolanmaları sırasında besin değerini bozan, zarar veren tüm zararlıları ortadan kaldırmak için kullanılan fiziksel, kimyasal veya biyolojik ajanlara pestisitler adı verilmektedir. Pestisit kullanımı halk sağlığı ve ekonomik yararlarının yanında kullanıldıkları alanlarda kalan kalıntıların su, toprak ve hava ayrıca besin kirlenmesine yol açarak ekolojik sistemin dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Vural, 2005). Ziraî mücadelede kullanılan pestisitler tarımsal üretim alanlarında kirlenmeye neden olmakta burada yetişen ürünlerle beslenen hayvan ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu etkide pestisitlerin suda, toprakta ve bitkilerde uzun süre bozulmadan kalabilmeleri rol oynamaktadır. Ayrıca pestisit uygulanmış olan tarım alanlarındaki bitkilerle beslenen çiftlik hayvanlarına geçerek hem bu hayvanlar üzerinde hem de çiftlik hayvanlarından elde edilen süt, yumurta ve et gibi ürünler aracılığıyla insanlar üzerinde zararlı etkilere neden olabilmektedir (Kurutaş ve Kılınç, 2003). Pestisitlerin hedef olmayan organizmalar üzerine olumsuz etkilere neden olması bu ajanlarla son yıllarda çeşitli çalışmaların yapılmasına yol açmıştır.

Zararlı organizmaların zararlarını azaltmak, engellemek veya kontrol altına almak için en yaygın kullanılan organofosfat pestisitlerdir. Klorprifos (CPF-C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>Cl<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>PS), bahçe, tarım ve orman zararlılarına karşı mücadelede yaygın olarak kullanılan bu nedenle insanların sık sık maruz kaldığı organofosfat insektisitler (Patat ve ark., 2003). Diğer organofosfatlarda olduğu gibi CPF hedef dokuda asetilkolin esteraz aktivitesini inhibe ederek etkili olmaktadır (Mansour ve Mossa, 2009; Kalender ve ark., 2012). Kolinerjik sinapslar ve nöromusküler kavşaklarda asetilkolinin hidroliz edilmesini sağlayan enzim olan asetilkolin esterazın inhibe edilmesi, sinaps sonrası birimde aşırı uyarılmaya sebep olarak kolinerjik toksisite oluşturmaktadır (Kalender ve ark., 2012).

Alınan doza bağlı olarak toksik etki gösteren bir organofosfat olan CPF'nin (Ma ve ark., 2013), teratojenik, mutajenik ve karsinojenik etkiler gösterdiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Farag ve ark., 2003). Diğer yandan CPF'nin çeşitli dokularda serbest oksijen radikallerinin üretimini artırarak oksidatif strese yol açtığı gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Joshi ve ark., 2007; Attia ve ark., 2012; Shittu ve ark., 2012; Amri ve ark., 2016).

Fizyolojik şartlar altında aerobik dokular oksidatif metabolizmanın bir yan ürünü olarak sürekli reaktif oksijen türlerini (ROS) üretirler. Bazı spesifik hücre tiplerinde ROS üretimi, bir patojene karşı faydalı olabilir. Bununla birlikte çoğu durumda ROS'un yüksek miktarı hücrelere zararlı olabilir ve DNA hasarı, enzim inaktivasyonu yapısal protein bozulmalarına aynı zamanda patolojilere ve gelişmede değişikliklere yol açan lipid peroksidasyonuna neden olmaktadır (Mercan ve ark., 2013). Reaktif oksijen türleri antioksidan

koruma mekanizması tarafından uzaklaştırılır. Canlılarda ROS üretimi ile bunların antioksidan sistem tarafından inaktivasyonu arasında bir denge söz konusudur. ROS üretimi ile antioksidan durum arasındaki bir dengesizlik oksidatif strese bir artışla sonuçlanabilir (Şıktar ve ark., 2011).

Reaktif oksijen türlerinin neden olduğu zedelenme hücre hasarının önemli bir mekanizmasıdır (Kumar ve ark., 1999). Bu reaktif oksijen türleri, pek çok toksik madde ve patolojik şartlara yanıt olarak oluşan hücre ölümünde genel bir aracı olarak rol oynamaktadırlar (Gültekin ve ark., 2000).

Çok yıllık otsu bir bitki olan *Curcuma longa* türünün köklerinden elde edilen turmeriğin (zerdeçal) aktif maddesi olan kurkumin güçlü bir antioksidan aktiviteye sahiptir (Chattopadhyay ve ark., 2004; Thiyagarajan ve Sharma, 2004; Çoban ve Patır, 2010; Tvrdá ve ark., 2016). Kurkuminin; böbrek, testis, kalp, beyin dokusu ve karaciğerde oluşan hasarlarda sahip olduğu antioksidan özelliği ile oksidatif stresi ve doku hasarlarını azalttığı bilinmektedir (Yousef ve ark., 2010; Ghosh ve ark., 2015).

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan organofosfat pestisit olan CPF'nin erkek üreme sisteminin başlıca organı olan testis dokusu üzerinde oluşturduğu histolojik hasarı belirlemek ve bu hasar karşısında antioksidan özelliğe sahip olduğu bilinen kurkuminin etkisinin deney hayvanı üzerinde ışık mikroskobu düzeyinde ne yönde ve ne derecede olabileceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Materyal

#### 2.1.1. Hayvanlar

Çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi Deneysel Hayvanları Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEHAM)'nden temin edilen yaklaşık 90 günlük yaştaki Wistar albino erkek ratlar kullanılmıştır. Hayvanların kullanım izni O.M.Ü Hayvan Deneyleleri Yerel Etik Kurulu'ndan B.30.2.O.D.M.O.20.09.00-050.04-116 sayılı kararı ile alınmıştır. Hayvanlar, sıcaklığın 18-22 °C'ye ayarlandığı, 12 saat aydınlık/karanlık sağlanan ortamda, plastik kafeslerde barındırılmışlar ve Samsun Yem Fabrikası tarafından üretilen % 20-22 ham protein, % 4-5 ham yağ, % 5-7 ham selüloz içeren pelet sıçan yemi ile beslenmişlerdir.

#### 2.1.2. Gruplar

Çalışmada oluşturulan gruplar aşağıdaki gibidir.

(1) Kontrol Grubu: 12 adet erkek rat kullanılmıştır. Bu gruptaki hayvanlara hiçbir işlem yapılmamıştır. 15. ve 30. günlerinde 6'şar hayvana kardiyak perfüzyon yapılarak testis dokuları çıkarılmıştır.

(2) Kurkumin grubu (KUR): Bu grupta 12 adet erkek rata 100 mg/kg/gün saf kurkumin (Sigma) gavaj



yoluyla verilmiştir (Madhavi ve ark., 2012). Çalışmanın 15. ve 30. günlerinde 6'şar hayvana kardiyak perfüzyon yapılarak testis dokuları çıkarılmıştır.

(3) CPF grubu: Bu grupta 12 adet erkek rata 5 mg/kg/gün saf klorprifos (Sigma) gavaj yoluyla verilmiştir (Farag ve ark., 2010). Çalışmanın 15. ve 30. günlerinde 6'şar hayvana kardiyak perfüzyon yapılarak testis dokuları çıkarılmıştır.

(4) CPF+KUR grubu: Bu grupta ratlara sırasıyla 5 mg/kg/gün CPF ve 100 mg/kg/gün kurkumin gavaj yoluyla verilmiştir. Çalışmanın 15. ve 30. günlerinde 6'şar hayvana kardiyak perfüzyon yapılarak testis dokuları çıkarılmıştır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Histolojik Prosedürler

Gruplardaki her bir ratın çıkarılan testis dokuları %10'luk tamponlanmış nötral formalin içerisine alınarak fiksasyon işlemi başlatılmıştır. Bu işlemde sonra dereceli alkol serilerinden geçirilerek dehidratasyon işlemi uygulanmış sonrasında şeffaflaştırma ve parafinizasyon işlemlerinin ardından parafin bloklar içerisine dokular yerleştirilmiştir. Bloklardan 5 µm kalınlığında kesitler alınmış ve hematoxilen eozin (H-E) boyama yapılmıştır (Bancroft ve Stevens, 1996). Hazırlanan preparatlar, Leica DM 1000 ışık mikroskobu ile değerlendirildikten sonra Leica DFC 290 görüntü aktarım aparatı ile görüntüler bilgisayara aktarılmış ve fotoğrafları elde edilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan değerlendirme sonucunda kontrol grubunda seminifer tübüller, bu tübüllerdeki spermatogenik hücreler, seminifer tübüller arasındaki bağ dokuda yer alan Leydig hücreleri ve kan damarları normal şekil ve boyutta gözlenmiştir (Şekil 1A-D). Kurkumin 15. gün ve 30. gün gruplarında hemen hemen kontrol gruplarına benzer görüntüler elde edilmiştir (Şekil 1E-F). Kontrol grubu ile kurkumin grubu arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). CPF ve CPF+KUR gruplarında seminifer tübüllerde

dejenerasyon, spermatogenik hücrelerin sayılarında azalma, bazı seminifer tübüllerin bazal bölgelerinde hücrelerin ayrıldığı ve intertübüler yüzeyde ödem meydana geldiği gözlenmiştir (Çizelge 1). CPF 15. gün grubunda, bazı seminifer tübüllerin spermatogenik hücrelerin sayılarında azalma, seminifer tübüllerde dejenerasyon, bazı seminifer tübüllerin bazal bölgelerinde hücrelerin ayrıldığı ve intertübüler yüzeyde ödem gözlenmiştir (Şekil 1G-H). CPF 30. gün gruplarında ise 15. gün gruplarında gözlenen değişikliklerle birlikte nekrozis belirlenmiştir (Şekil 1I-K). 15. gün CPF grubuna göre 30.gün CPF grubunda hasar derecesinin daha fazla olması CPF'ye maruz kalma süresi arttıkça toksisitesinin artmasına neden olmaktadır. Kontrol grubu ile CPF grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

CPF+KUR gruplarında ise CPF gruplarında gözlenen değişiklikler gözlenmiş fakat CPF grubuyla karşılaştırıldığında hasar derecelerinde azalma görülmüştür (Şekil 1L-M). Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda CPF ile CPF+KUR grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Klorprifos çok yüksek riskli kategorisinde bulunan bir kimyasaldır. Maruz kalma dozu ve süresi arttıkça toksisitesi artmaktadır. Toprakta, bitkilerde, yeraltı sularında biyolojik birikimle yüksek dozlara ulaşmakta ve toksisite oluşturmaktadır (Crumpton ve ark., 2000). Tarımda organofosfat pestisitlerin yaygın olarak kullanımı yüzünden insanların maruz kalma riski yüksektir (Joshi ve ark., 2007).

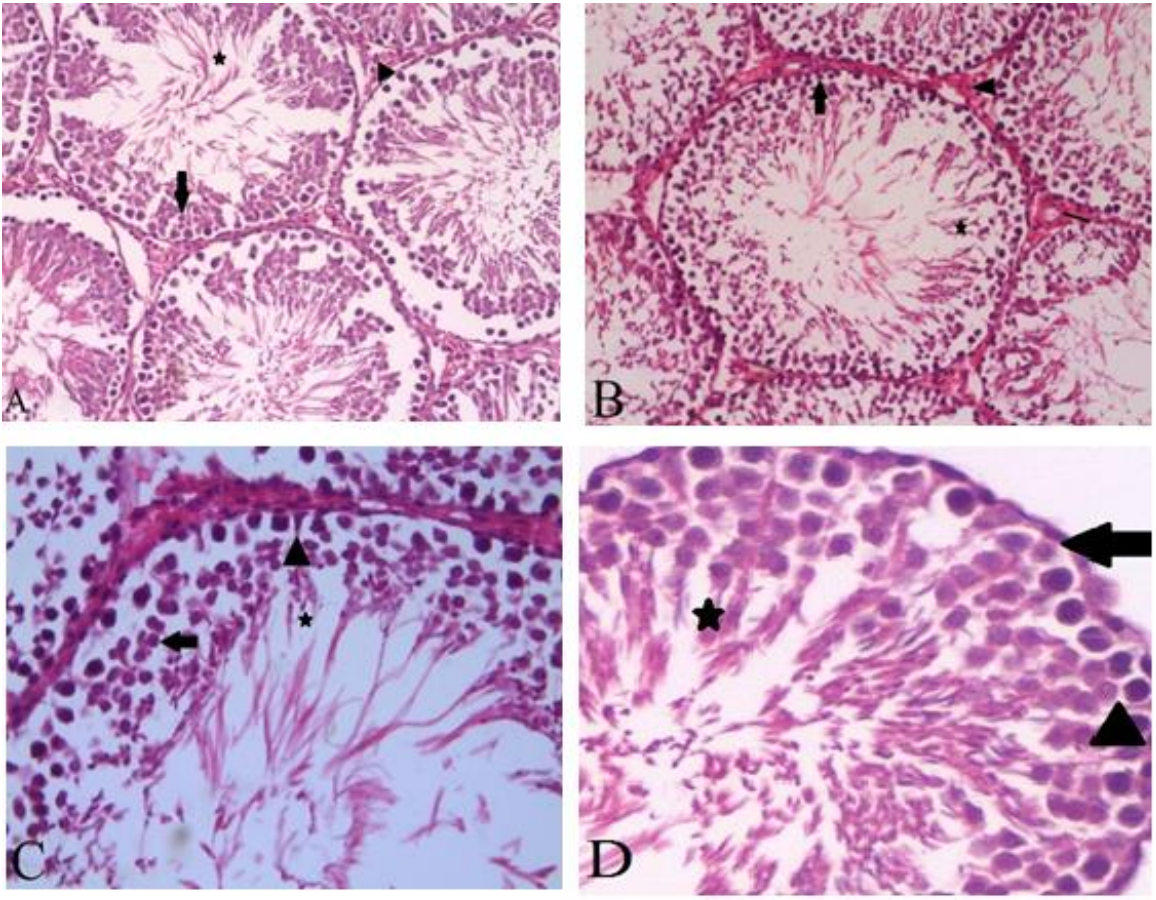
Erkek üreme hücrelerinin ve testesteron hormonunun üretildiği yer olan testis dokusu seminifer tübüller ve tübüllerin etrafında yer alan bağ dokusundan oluşur. Seminifer tübüller içerisinde spermatogenez olayı meydana gelmektedir. İntertübüler aralıkta yer alan Leydig hücreleri (interstisyel hücreler) ise testesteron hormonunun sentezlendiği hücrelerdir (Kierszenbaum, 2006).

CPF'nin erkek ve dişilerde ürogenital bozukluklarla bağlantılı olduğuna dair bilgiler bulunmaktadır. CPF maruziyetine bağlı olarak üreme sisteminin olumsuz etkilenmesi nedeniyle üreme oranlarında düşüş olduğu bilinmektedir (El-Mazoudy ve ark., 2011).

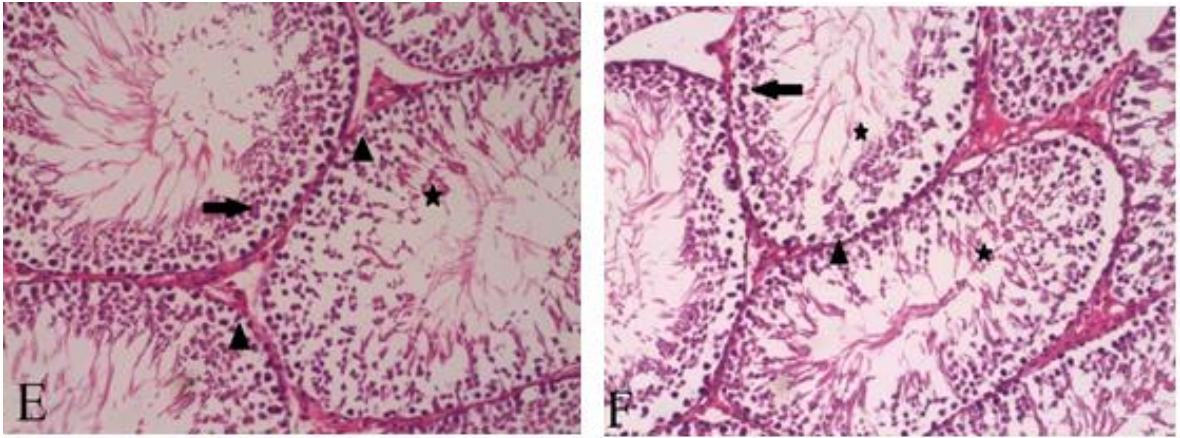
Çizelge 1. Çalışma gruplarında rat testis dokusunun histolojik derecelendirmeleri

Belirlenen değişiklikler	Kontrol		KUR		CPF		CPF+KUR	
	15.Gün	30.Gün	15.Gün	30.Gün	15.Gün	30.Gün	15.Gün	30.Gün
Spermatogenik hücrelerde azalma	-	-	-	-	+++	++++	++	++
Seminifer tübüllerin bazal hücrelerinde ayrılma	+	+	+	+	+++	++++	++	++
Seminifer tübül yapısında değişiklikler	-	-	+	+	+++	++++	++	++
İntertübüler yüzeyde değişiklikler	-	-	+	+	+++	++++	++	++
Nekrozis	-	-	-	-	++	++	+	+

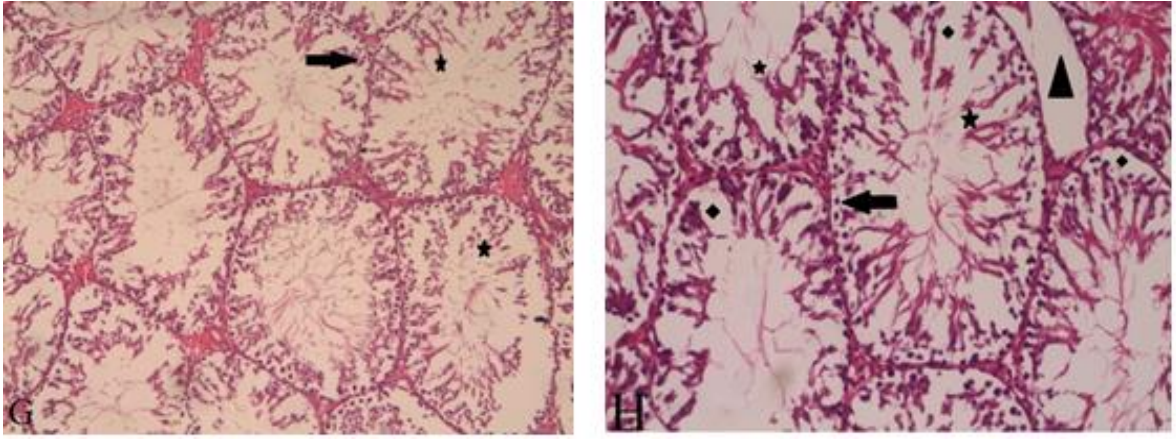
Tüm doku görüntüsünde yok (-), çok az (+), az (++), yoğun (+++), çok yoğun (++++)



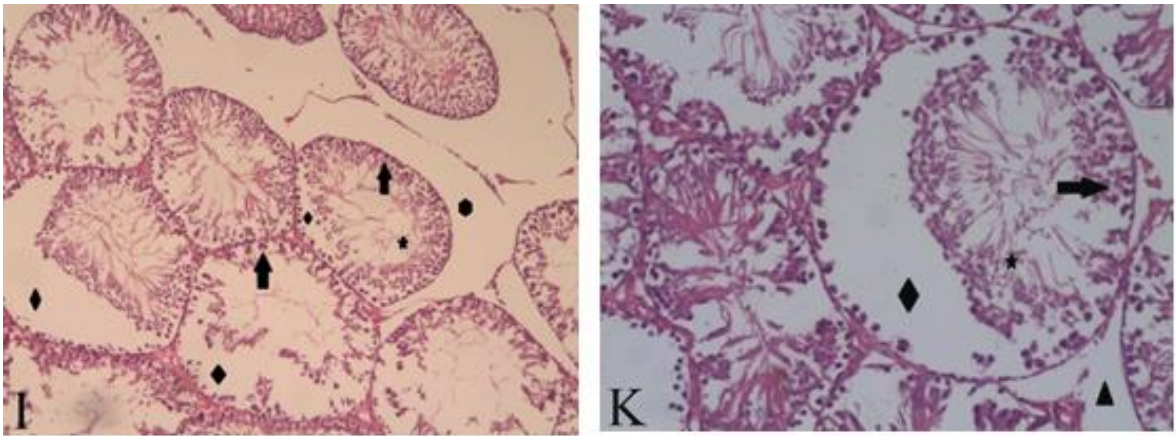
Şekil 1(A-D). Kontrol grubunda testis dokusunun histolojik görüntüsü. (A-B) Testis dokusunda seminifer tübüller, spermatogenik hücreler (→), spermatozoa (\*), intertübüler yüzeyde Leydig hücreleri (Δ), H-E X200. (C) sertoli hücreleri (Δ) spermatogenik hücreler (→), spermatozoa (\*), H-E X400. (D) spermatogenik hücreler (Δ), sertoli hücreleri (→), spermatozoa (\*). H-E X400



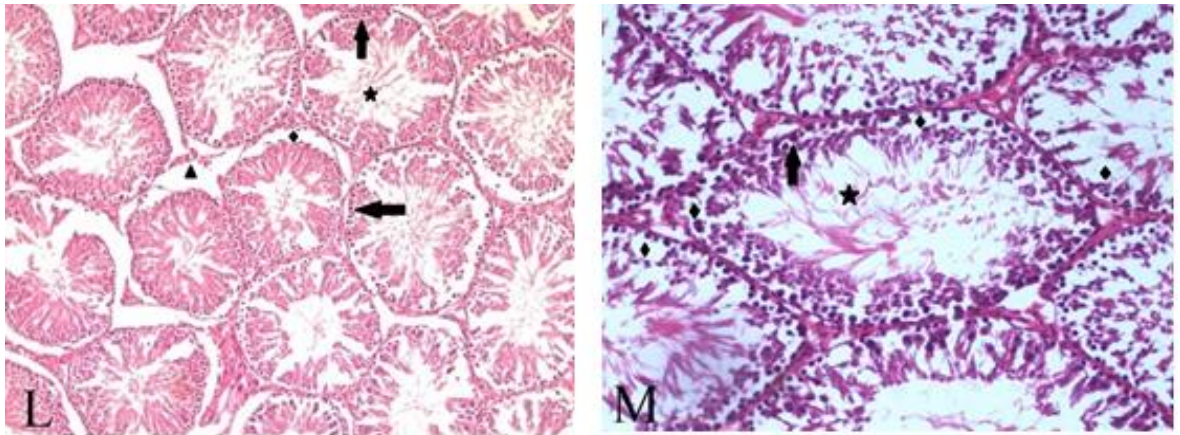
Şekil 1(E-F). KUR 15.gün ve KUR 30.gün grubu testis dokusunun histolojik görüntüsü. (E) KUR 15.gün grubunda kontrol grubuna benzer görüntü veren seminifer tübüller, spermatogenik hücreler (→), sertoli hücreleri (Δ), spermatozoa (\*), H-E X200. (F) KUR 30. gün grubunda, spermatogenik hücreler (→), Spermatozoa (\*), Sertoli hücreleri (Δ) H-E X200



Şekil 1(G-H). CPF 15. gün grubu testis dokusunun histolojik görüntüsü. (G) Dejenere olmuş seminifer tübüller, Sayıları azalmış olan spermatogenik hücreler (→) ve spermatozoa (\*) H-E X100. (H) İntertübüller yüzeyde ödem (Δ), spermatogenik hücreler (→), spermatozoa (\*), seminifer tübüllerde vakuol (◆) H-E X200



Şekil 1(I-K). CPF 30.gün testis dokusunun histolojik görüntüsü. (I) Dejenere olmuş seminifer tübüller, sayıları azalmış ve dağınık halde bulunan spermatogenik hücreler (→), seminifer tübüllerde vakuoller (◆), spermatozoa (\*), intertübüler yüzeyde ödem (●), H-E X100. (K) seminifer tübülde geniş vakuoller (◆), sayıları azalmış spermatogenik hücreler (→), spermatozoa (\*), H-E X200



Şekil 1(L-M). CPF+KUR 15. gün grubunda ve CPF+KUR 30.gün grubunda testis dokusundaki histolojik değişiklikler. (L) CPF+KUR 15.gün grubunda, spermatogenik hücreler (→), intertübüler alanda ödem (Δ), seminifer tübüllerde vakuol (◆), spermatozoa (\*), H-E X100. (M) CPF+KUR 30. gün grubunda, spermatogenik hücreler (→), seminifer tübüllerde vakuoller (◆), spermatozoa (\*), H-E X200.

Birçok durumda pestisitler ve fungusitler yağmur sularına, sulama sularına ve nehirlere karışabilirler ve spesifik enzimler için zararlı etkiye neden olabilirler. Canlılarda metabolizmada gerçekleşen kimyasal reaksiyonların hemen hemen hepsi enzimler tarafından katalizlenir. Pestisit, fungusit ve ilaçlar gibi birçok kimyasal bileşik düşük konsantrasyonlarda enzim aktivitelerini düşürerek veya artırarak metabolizmayı etkilemektedir (Ekinci ve Beydemir, 2010).

Zenobiyotiklerin etkisi sonucu meydana gelen oksidatif stres antioksidan enzim sistemlerinde düzensizliğe sebep olmaktadır. Reaktif oksijen türlerinin üretimi sonucu ortaya çıkan oksidatif stres ve etkileri ekotoksikoloji alanında ilgi çekmekte ve araştırılmaktadır (Ceyhun ve ark., 2010).

Metabolik reaksiyonlar esnasında veya çeşitli harici etkenlerle organizmalarda farklı serbest radikaller oluşabilmektedir. Bu radikaller içerisinde en etkili olanları reaktif oksijen türleridir ve bunlar memeli sperm hücreleri üzerinde çok zararlı etkilere sahiptirler. Aerobik canlılar, enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere ATP sentezlenmesi sırasında oksijen molekülünü kullanırlar. Oksidatif metabolizmada en son elektron alıcısı olarak oksijen kullanılmaktadır. Reaksiyon zincirleri esnasında oksijenin % 95-98'i metabolik amaç doğrultusunda kullanılır. Geriye kalan % 2-5'i ise reaktif oksijen türlerine dönüşür (Reiter, 1997). Antioksidan savunma mekanizmaları ile reaktif oksijen türleri zararsız seviyede tutulmaktadır. Ancak bu serbest radikallere uzun süre maruz kaldığı durumlarda bu antioksidan mekanizmalar yetersiz kalmakta hücre hasarı meydana gelmektedir (Camougrand ve Rigoulet, 2001).

Yapılan bir çalışmada yaş örneklerde maksimum kalıntı limitinin ( $0.009 - 0.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ) üzerinde biriken pestisitlerin CPF olduğu belirlenmiştir (Cingöz, 2013). CPF, süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, katalaz gibi antioksidan enzim aktivitelerinde değişikliğe neden olarak oksidatif strese yol açan bir organofosfattır (Çelik ve Süzek, 2009).

CPF'nin çeşitli dokularda ve üreme sisteminde oksidatif hasar ve histolojik değişiklikler meydana getirdiğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Joshi ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada farklı dozlarda CPF uygulaması sonucunda testis dokusundaki histolojik, biyokimyasal, sperm dinamiklerindeki ve testosteron seviyesindeki değişiklikleri göstermişlerdir. CPF'ye maruz kalma dozu arttıkça kontrole göre değişikliklerin daha fazla gözleendiği rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada LD dozunun 1/25 oranında ( $5.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 30 gün boyunca oral olarak ratlara CPF verilmiş ve testis dokusunda antioksidan enzim düzeylerindeki ve histolojik yapısındaki değişiklikler belirlenmiştir. Antioksidan enzim düzeylerindeki değişimler oksidatif hasarı işaret etmiş ve histopatolojik durum gözlenmiştir (Kalender ve ark., 2012). Shittu ve ark. (2012) oral yolla  $10.6 \text{ mg/kg}$  CPF vererek yaptıkları çalışmada malondialdehit (MDA) konsantrasyonunda yükselme,

süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitelerinde ise düşüş belirlenmişlerdir.

CPF metaboliti olan 3,5,6-trikloropyridinol seviyesi ile düşük testosteron ve üreme hücresi sayısı arasında pozitif korelasyon olduğu bilinmektedir (Shittu ve ark., 2012). Yapılan bir çalışmada, CPF uygulanan ratların testis dokusunda bozulmaların olduğu, buna bağlı olarak testosteron hormonu seviyesinde azalma olduğu belirlenmiştir (El-Mazoudy ve ark., 2011).

Kurkumin, *Curcuma longa* bitkisinin (Zengiberaceae) rizomlarından elde edilen, zerdeçal olarak bilinen turmeriğin başlıca aktif bileşenidir. Asya ve Afrikada birçok ülkede baharat ve renk maddesi olarak kullanılmaktadır (El-Fattah ve ark., 2016). Tüm dünyada, araştırmacılar kurkumini kanser ve diğer hastalıklara karşı bir ilaç olarak tanımlamaktadırlar (Verma ve Mathuria, 2009).

Turmerik (zerdeçal) ve bileşenleri biyolojik ve tıbbi aktivite ve özelliklere sahiptir. Turmeriğin en etkili bileşenlerinden biri olan kurkumin, antibakteriyel, antiprotozoan, antiviral, hipolipemik, hipoglisemik, antikoagülant, antioksidan, antitümör, antikarsinogenik aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir (Chattopadhyay ve ark., 2004).

Di-2-etilhekzil fitalat (DEHP)'ın oluşturduğu oksidatif hasar üzerinde kurkuminin koruyucu etkisi El-Fattah ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada biyokimyasal, moleküler ve histolojik olarak ortaya konulmuştur. Kurkuminin farklı dokular üzerindeki tedavi edici etkisi birçok çalışmaya konu olmuştur. Üreme hücreleri üzerindeki olumlu etkisi (Tvrda ve ark., 2016), çeşitli etkenlerle böbrekte meydana gelen hasarı önleyebildiği (Abdel-Kawi ve ark., 2016) karaciğerde oksidatif ve hemoreolojik değişikliklere karşı koruyuculuğu (Yu ve ark., 2014) çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır.

CPF'nin indüklediği toksikoloji, antioksidan savunma sistemindeki değişimler ve reaktif oksijen türlerinin artışıyla ilgilidir. Reaktif oksijen türleri makromoleküller ile reaksiyona girerek hücre içerisinde oksidatif streste başlıca rol oynamaktadırlar. Bu da DNA mutasyonu, lipid peroksidasyonu ve anormal gen ekspresyonu gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu mekanizmalar semifer tübül dejenerasyonu, vakuolizasyon, spermatogenik hücrelerde azalma ve ödem gibi testis dokusundaki değişikliklerle ilişkilidir (Li ve ark., 2016).

#### 4. Sonuç

Çalışmamızda klorprifoson testis dokusu üzerine etkileri araştırılarak etki mekanizması ve etki derecesi anlaşılmasına çalışılmıştır. Çalışma sonucunda elde ettiğimiz bulgular doğrultusunda klorprifoson testis dokusunda reaktif oksijen türlerinin salınımını indükleyerek oluşturduğu hasar neticesinde gözlenen histopatolojik değişiklikleri antioksidan özelliğe sahip olan kurkuminin radikal süpürücü etkisiyle azalttığı

gözlenmiştir. Elde ettiğimiz bulguların klorprifos ve kurkumin ile yapılan diğer çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Tarımda organofosfat pestisitlerin yaygın olarak kullanımına bağlı olarak yem hammaddesi konumundaki bitkilerle beslenen hayvanlarda üreme sisteminde bozukluklar meydana getirebileceği görülmektedir. İnsan besini olan bitkilerin doğrudan tüketimi ile oluşabilecek risklerin yanında hem hayvanın hem de bu hayvanlardan elde edilen ürünler ile beslenen insanların bu pestisitlerin belirlenen olumsuz etkilerine maruz kalma olasılığının da yüksek olduğu düşünülmektedir (Joshi ve ark., 2007).

Pestisit kullanımında, optimum dozaj, uygulama süresi, uygulama zamanı gibi temel özelliklerin göz önüne alınması, bu kimyasalın olumsuz etkilerinin bertaraf edilebilmesi açısından kritik öneme sahiptir

## Kaynaklar

- Abdel-Kawi, S.H., Hassanin, K.M.A., Hassem, K.S., 2016. The effect of high dietary fructose on the kidney of adult albino rats and the role of curcumin supplementation: A biochemical and histological study. Beni-Suef Univ. J. Appl. Sci. 5: 52-60.
- Amri, N., Hammouda, A. Rahmouni, F., Chokri, M.A., Chaabane, R., Selmi, S., Rebai, T., Badraoui, R., 2016. Reproductive effects in hybrid sparrow from a polluted area in Tunisia: Oxidative damage and altered testicular histomorphology. Ecotox. Environ., Safe. 129: 164-170.
- Attia, A:A., El-Mazoudy, R.H., El-Shenawy, N.S., 2012. Antioxidant role of propolis extract against oxidative damage of testicular tissue induced by insecticide chlorpyrifos in rats. Pest.Biochem. Physiol. 103: 87-93.
- Bancroft, J.D., Stevens, A., 1996. Theory and Practice of Histological Techniques, Fourth Edition, Churchill Livingstone Medical Division of Pearson Professional Limited. Pp. 36. ISBN: 0-443-047-60-X.
- Camougrand, N., Rigoulet, M., 2001. Aging and oxidative Stres: Studies of Some Genes Involved Both in Aging and in Response to Oxidative Stres. Respir. Physiol. 128:3, 393-401.
- Cingöz, Ş., 2013. Kurutma İşleminin Bazı Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi.Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bil. Ens. Gıda Mühendisliği A.B.D. Tokat.
- Crumpton, T., Seidler, F., Slotkin, T., 2000. Developmental Neurotoxicity of Chlorpyrifos in vivo and in vitro Effects on Nuclear Transcription Factors Involved in Cell Replication and Differentiation. Brain Res. 857: 87-88.
- Çelik, I., Süzek, H., 2009. Effect of subacute exposure of dichlorus at sublethal dosages on erythrocyte and tissue antioxidant defense systems and lipid peroxidation in rats. Ecotox. Environ. Safe. 72: 905-908.
- Ceyhun, S.B., Şentürk, M., Ekinci, D., Erdoğan, O., Çiltaş, A., Kocaman, E.M., 2010. Deltamethrin attenuates antioxidant defense system and induces the expression of heat shock protein 70 in rainbow trout. Comp. Biochem. Physiol. C., 152: 215-223.
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., Banerjee, R.K., 2004. Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. Curr. Sci. 87(1):44-53.
- Çoban,Ö., Patır, B., 2010. Antioksidan Etkili Bazı Bitki ve Baharatların Gıdalarda Kullanımı. Elect. J. Food Tech. 5(2):7-19.
- Ekinci, D., Beydemir, Ş., 2010. Risk assessment of pesticides and fungicides for acid-base regulation and salt transport in rainbow trout tissues. Pest.Biochem. Physiol. 97: 66-70.
- El-Fattah, A.A, Fahim, A.T., Sadik, N.A.H., Ali, B.M., 2016. Resveratrol and curcumin ameliorate di-(2-ethylhexyl) phthalate induced testicular injury in rats. Gen. Comp. Endocrinol. 225, 45-54.
- El-Mazoudy, R.H., Attia, A., Shenawy, N., 2011. Protective Role of Propolis Against Reproductive Toxicity of Chlorpyrifos in Male Rats. Pest.Biochem. Physiol. 101: 175-181.
- Farag, A., Okazy, A., Asward, A., 2003. Developmental Toxicity Study of Chlorpyrifos in Rats. Reprod. Toxicol. 17: 203-208.
- Farag, A., Radwan, A., Sorour, F., El-Okazy, A., El-Agamy, El-S., El-Sebae, Ael-K. 2010. Chlorpyrifos Induced reproductive toxicity in male mice. Reprod. Toxicol. 29, 80-85.
- Ghosh, S., Bhattacharyya, S., Rashid, K.,Sil, P.C., 2015. Curcumin protects rat liver from streptozotocin-induced diabetic pathophysiology by counteracting reactive oxygenspecies and inhibiting the activation of p53 and MAPKs mediated stress response pathways. Toxicol. Rep. 2: 365-376.
- Gültekin, F., Kaleli, S., Altuntaş, İ., Öncü, M., Gökçimen, A., Sütçü, R., 2000. Chlorpyrifos-ethylin rat testis dokusunda in vivo lipoperoksidatif etkisi. Genel Tıp Dergisi, 10 (4) : 147-152.
- Joshi, S.C., Mathur,R., Guluta, N., 2007. Testicular toxicity of chlorpyrifos (an organophosphate pesticide) in albino rat. Toxicol. Ind. Health., 23: 439-444.
- Kalender, Y., Kaya, S., Durak, D., Uzun, F.G., Demir, F., 2012. Protective effects of catechin and quercetin on antioxidant status, lipid peroxidation and testis-histoarchitecture induced by chlorpyrifos in male rats. Environ.Toxicol. Phar. 33: 141-148.
- Kierszenbaum, A.L., 2006. Histology and Cell Biology. Mosby. Çeviri: Ramazan Demir, Palme Yayıncılık, Sf: 458-464.
- Kumar, V., Cotran, R.S., Robbins, S.L., 1999. Basic Pathology. WD Saunders Company, Çeviri: Çevikbaş, U. 2000. Temel Patoloji, Nobel Tıp Kitapevleri Ltd. Şti. 4-24.
- Kurutuş, E.B., Kılınç, M., 2003. Pestisitlerin Biyolojik Sistemler Üzerine Etkisi. Arşiv Kaynak Tarama Derg. 12 (3): 215-228.
- Li, M., Liu, C., Yang, L., Zhang, L., Chen, C., He, M., Lu, Y., Feng, W., Pi, H., Zhang, Y., Zhong, M., Yu, Z., Zhou, Z., 2016. G9a-mediated histone methylation regulates cadmium-induced male fertility damage in pubertal mice. Toxicol. Lett. 252: 11-21.
- Ma, P., Wu, Y., Zeng, Q., Gan, Y., Ye, J.X., Yang, X., 2013. Oxidative damage induced by chlorpyrifos in the hepatic adrenal tissue of Kunming mice and the antioxidant role of vitamin E. Food Chem. Toxicol. 58: 177-183.
- Madhavi, M., Madhavi, K., Jithan, A.V., 2012. Preparation and in vitro/in vivo characterization of curcumin microspheres intended to treat colon cancer. J. Pharm. Bioallied. Sci. 4 (2): 164-171.
- Mansour, S.A., Mossa, A.H., 2009. Lipid peroxidation and oxidative stress in rat erythrocytes induced by chlorpyrifos and the protective effect of zinc. Pestic.

- Biochem. Phys., 93: 34-39.
- Mercan, L., Sirkecioğlu, N., Aksakal, E., Bayır, M., Bayır, A., Aras, M., Ekinci, D., 2013. Goose fat, a promising nutrient for fish feeding, activates antioxidant enzymes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Environ. Toxicol. Phar.* 36: 964-971.
- Patat S., Akça, H., Kaleli, S., Karakoyun, İ., Koçak, A., Gültekin, F., 2003. Klorprifos-Etil'in HEPG2 Hücre Dizilerinde Hücre Canlılığına Etkisi ve Melatoninin Koruyucu Etkisi. *Süleyman Demirel Üniv. Tıp Fak. Der.* 10(3): 39-43.
- Reiter, R.J., 1997. Aging and Oxygen Toxicity: Relation to Changes in Melatonin. *Age.*, 20: 201-213.
- Shittu, M., Ayo, J.O., Ambali, S.F., Fatihu, M.Y., Onyeanusi, B.I., Kawu. M.U., 2012. Chronic chlorpyrifos-induced oxidative changes in the testes and pituitary gland of Wistar rats: Ameliorative effects of vitamin C. *Pest.Biochem. Physiol.* 102:79-85.
- Şıktar, E., Ekinci, D., Şıktar, E., Beydemir, Ş., Gülçin, İ., Günay, M., 2011. Protective role of L-carnitine supplementation against exhaustive exercise induced oxidative stress in rats. *Eur. J. Pharmacol.* 668: 407-413.
- Thiyagarajan, M., Sharma, S.S., 2004. Neuroprotective Effect of Curcumin in Middle Cerebral Artery Occlusion Induced Focal Cerebral Ischemia in Rats. *Life Sci.* 74 (8), 969-985.
- Tvrda, E., Tusimova, E., Kovacic, A., Paal, D., Greifova, H., Abdramanov, A., Lukac, N., 2016. Curcumin has protective and antioxidant properties on bulls permatozoa subjected to induced oxidative stress. *Anim. Reprod. Sci.* 172: 10-20.
- Verma, R.J., Mathuria, N., 2009. Effect of curcumin on aflatoxin-induced biochemical changes in testis of mice. *Fertil. Steril.* 91(2): 597-601.
- Vural, N., 2005. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, No:73, Ankara, Ankara Üniv. Basımevi, ISBN: 975-482-289-1.
- Yousef, M.I., Omar, S.A.M., El-Guandi, M.I., Abdelmegid, L.A., 2010. Potential protective effects of quercetin and curcumin on paracetamol-induced histological changes, oxidative stress, impaired liver and kidney functions and haematotoxicity in rat. *Food Chem. Toxicol.* 48: 3246-3261.
- Yu, C., Mei, X.T., Zheng, Y.P., Xu, D.H., 2014. Zn(II)-curcumin protects against hemorheologic alterations, oxidative stress and liver injury in a rat model of acute alcoholism. *Environ.Toxicol. Phar.* 37: 729-737.