



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)

Baş Editör/ Editor in Chief

Prof.Dr. Mehmet Serhat Odabaş (mserhat@omu.edu.tr)

Editörler/Editors

Prof. Dr. Hüsnü DEMİRSOY (husnud@omu.edu.tr)

Doç.Dr. Hakan ARSLAN (hakan.arslan@omu.edu.tr)

Prof.Dr. Deniz EKİNCİ (dekinci@omu.edu.tr)

Prof.Dr. Hüseyin ÇELİK (huscelik@omu.edu.tr)

Prof.Dr. Miray SÖKMEN (mirays@omu.edu.tr)

Prof.Dr. Kürşat DEMİRYÜREK (kursatd@omu.edu.tr)

Prof.Dr. Bilal CEMEK (bcmek@omu.edu.tr)

Prof. Dr. Orhan DENGİZ (odengiz@omu.edu.tr)

Prof..Dr. Ferat UZUN (fuzun@omu.edu.tr)

Doç.Dr. Ali Vaiz GARİPOĞLU (alivaizg@omu.edu.tr)

Doç.Dr. Alper TANER (alper.taner@omu.edu.tr)

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 (scankaya@omu.edu.tr)

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

Doç.Dr. Kağan KÖKTEN (kahafe1974@yahoo.com)

Bingöl Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Şenay ŞİMŞEK (senay.simsek@ndsu.edu)

North Dakota State University, USA

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi Şubat, Haziran ve Ekim aylarında olmak üzere yılda üç sayı olarak yayınlanır. DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, FAO AGRIS/CARIS, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index 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 DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, FAO AGRIS/CARIS, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index 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 yayınlamaktadır. Ayrıca, güncel konulardaki davetli derlemeler 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: zfyayin@omu.edu.tr

İçindekiler (Contents)	Cilt/Volume: 35	Sayı/Number: 1	February / Şubat 2020	Sayfa No (Page)
Determining WRKY transcription factors related to salinity stress response in wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) ve arpada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) tuzluluk stres yanıtı ile ilişkili WRKY transkripsiyon faktörlerinin belirlenmesi				1
Feyza Tufan, Esra Nur Keleş, Özlem Sefer, Mehmet Eraslan, Sena Sefalı, Özge Güngör, Emre Yörük				
Estimation of soil moisture by synthetic aperture radar (microwave) images in semi arid regions Yarı kurak bölgelerde sentetik açıklıklı radar (mikrodalga) görüntüleri ile toprak neminin tahmini				8
Tülay Tunçay				
A study on growing of hyacinth (<i>Hyacinthus orientalis</i> cv. 'Jan Bos') in pots Saksıda sümbül (<i>Hyacinthus orientalis</i> cv. 'Jan Bos') yetiştiriciliği üzerine bir araştırma				26
Fisun Gürsel Çelikel ve Sevim Demir				
Economic feasibility of industrial hemp cultivation in Turkey: A case study of Vezirköprü district of Samsun Province Türkiye'de kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak yapılabilirliği: Samsun ili Vezirköprü ilçesi örneği				35
Mehmet Aydoğan, Yunus Emre Terzi, Şahin Gizlenci, Mustafa Acar, Alpay Esen, Hüseyin Meral				
Determination of Salinity Tolerance Levels of Teder (Bituminaria bituminosa L.) Genotypes Orman üçgülü (<i>Bituminaria bituminosa</i> L.) Genotiplerinin Tuzluluğa Dayanıklılık Düzeylerinin Belirlenmesi				51
Gülcan Kaymak, Zeki Acar				
Determination of Selected Superior Oriental Tobacco Lines with Some Morphological and Phenological Characteristics Seçilmiş Üstün Oryantal Tütün Hatlarının Bazı Morfolojik ve Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi				59
Dursun Kurt, Güngör Yılmaz				
Evaluation of Plant Protection Machinery Using from the Point of Agricultural Safety Bitki Koruma Makineleri Kullanımının Tarımda İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi				67
Uğur Temel, Yeşim Benal Öztekin				
Creation of Linear Regression Models Between Yield Parameters of Soybean Plant and Some Physical and Chemical Properties of Soil Soyanın agronomik parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon ilişkilerin belirlenmesi				77
İmanverdi Ekberli, Nalan Kars				

Determination of cooling performance of a mobile type milking machine with cooling system Soğutma sistemli bir seyyar süt sağım makinasının soğutma performansının belirlenmesi	88
Taner Akbaş, Cengiz Özarslan, Mustafa Çetin	
Removal of pirimiphos-methyl residues from capia peppers by different washing application Farklı yıkama uygulamaları ile kapy biberlerde pirimiphos-methyl kalıntısının giderilmesi	97
Hayriye Çatak, Burak Polat, Osman Tiryaki	
Effects of organic matter removal on particle size distribution Organik madde uzaklaştırılmasının parçacık büyüklük dağılımına etkileri	106
Nurullah Acir, Hikmet Günal, İsmail Çelik	
Effect of <i>Osmyb4</i> gene expression on salinity tolerance of potato transformed with <i>Oryza sativa</i> <i>Osmyb4</i> gene <i>Oryza sativa</i> <i>Osmyb4</i> geni aktarılmış transgenik patatesten <i>Osmyb4</i> gen ifadesinin tuzluluk toleransına etkisi	115
Gülsüm Aydın	
Determination of Roughness Parameter of National Dynamic Wind Erosion Model and Monitoring System Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi Pürüzlülük Parametresinin Belirlenmesi	124
Reşat Akgöz, Kenan İnce, Günay Erpul	
Comparison of <i>in vitro</i> gas production, organic matter digestibility, metabolizable energy and nutrient contents of the some barley varieties Bazı arpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.) çeşitlerinin <i>in vitro</i> gaz üretimi, organik madde sindirilebilirliği, besin maddeleri içerikleri ve enerji değerlerinin karşılaştırılması	133
Habip Muruz, Cansu Çelik	
ISSR-based molecular variation of some fennel (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.) populations Bazı rezene popülasyonlarının (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.) ISSR markörlerine dayalı moleküler varyasyonu	140
R. Refika Akçalı Giachino, A. Betül Avcı	



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.527704

Determining WRKY transcription factors related to salinity stress response in wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.)

Feyza Tufan ^{a*}, Esra Nur Keleş^a, Özlem Sefer^b, Mehmet Eraslan^b, Sena Sefalı^b,
Özge Güngör^a, Emre Yörük^b

^a Halic University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Turkey

^b Istanbul Yeni Yüzyıl University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Turkey

*Sorumlu yazar/corresponding author: feyzatufan@halic.edu.tr

Geliş/Received 15/02/2019

Kabul/Accepted 20/11/2019

ABSTRACT

The salinity is one of most common stress factors with devastating effects for wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.). The aim of this study was to determine the salt stress response associated with WRKY transcription factors by gene expression analysis. Seeds of *T. aestivum* L. cvs. Esperia and Bezozya, and *H. vulgare* L. cvs. Lord and Ramata were subjected to salt stress for 10 days with two concentrations of NaCl (1.0 % and 2.0 %). No germination was observed in 2.0 % NaCl treated seeds. Nearly all the WRKY genes studied were upregulated and downregulated in response to 1.0 % NaCl stress in relatively resistant and sensitive cultivars in comparison to control sets, respectively. Among the screened genes, the expression of *TaWRKY7*, *40*, *41*, *53*, *68*, *72* and *79* genes were increased in relatively resistant Esperia cultivar in wheat. Similarly, 7 of WRKY genes (*HvWRKY6*, *9*, *24*, *25*, *33*, *34*, *42*) were upregulated in relatively resistant Lord cultivar in barley. In terms of WRKY gene expression profile, since *TaWRKY7* and *TaWRK72* in wheat and *HvWRKY33* in barley increased significantly, these genes can be used as marker genes for further investigation of abiotic stress response. This study is a preliminary study in terms of providing an association between WRKY genes and salinity stress response of wheat and barley breeding cultivars in Turkey.

Anahtar Sözcükler:
Gene expression
WRKY
Salt stress
Hordeum vulgare L.
Triticum aestivum L.

Buğday (*Triticum aestivum* L.) ve arpada (*Hordeum vulgare* L.) tuzluluk stres yanıtı ile ilişkili WRKY transkripsiyon faktörlerinin belirlenmesi

ÖZET

Tuzluluk, buğday (*Triticum aestivum* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) için yıkıcı etkileri olan en yaygın stres faktörlerinden biridir. Bu çalışmada, WRKY transkripsiyon faktörleriyle ilişkili tuz stresi yanıtının gen ekspresyon analizi ile belirlenmesi amaçlandı. *T. aestivum* L. cvs. Esperia ve Bezozya ile *H. vulgare* L. cvs. Lord ve Ramata tohumlarına iki NaCl konsantrasyonu (% 1.0 ve % 2.0) ile 10 gün boyunca tuz stresi uygulandı. % 2.0 NaCl uygulanan tohumlarda çimlenme gözlenmedi. Çalışılan hemen tüm WRKY genleri, kontrol gruplarına kıyasla % 1.0 NaCl stresine yanıt olarak nispeten dirençli ve hassas kültürlerde sırasıyla yukarı ve aşağı yönde düzenlendi. İncelenen genler arasında, buğdayda nispeten dirençli Esperia kültüründe *TaWRKY7*, *40*, *41*, *53*, *68*, *72* ve *79* genlerinin ekspresyonu indüklendi. Benzer şekilde, arpada nispeten dirençli Lord'da 7 WRKY geni (*HvWRKY6*, *9*, *24*, *25*, *33*, *34*, *42*) indüklendi. WRKY gen ekspresyon profili açısından, buğdayda *TaWRKY7* ve *TaWRK72* ile arpada *HvWRKY33* genlerinde anlamlı derecede artış saptanması nedeniyle bu genler abiyotik stres yanıtının daha fazla araştırılması için marker genler olarak kullanılabilir. Bu çalışma, Türkiye'de ekimi yapılan buğday ve arpa çeşitlerinde WRKY genleri ve tuz stresi yanıtı arasında bir ilişki sağlaması açısından öncül bir çalışma niteliindedir.

Keywords:
Gen ekspresyonu
WRKY
Tuz stresi
Hordeum vulgare L.
Triticum aestivum L.

1. Introduction

Cereals have great importance in biotechnology, medicine, industry and providing the food sources. The plantation of cereals takes an important place in the economy of many countries. According to food and agriculture organization (FAO) statistics, in Turkey, the production of wheat and barley were 20.600.000 and 6.700.000 tons, respectively, in the year 2016. Total yield production of wheat and barley worldwide were 749.460.077 and 141.277.993 tons, respectively. These data demonstrate that preservation, sustainability and improvement in wheat and barley resources are essential and crucial for the continuity of economic development.

Wheat is genetically closely related plant species of same taxonomic tribe, Triticale hexaploide Lart (Pourkheirandish and Komatsuda, 2007). Both crops are originated from primary agricultural production, including some parts of Turkey (Harlan and Zohary, 1966). Wheat has hexaploid genome ($6n=52$) of 17 Gb. Barley has diploid genome ($2n=14$) with a size of 5.1 Gb. Barley genome contains highly repetitive sequences 84 % (Dawson et al., 2015). Barley is one of the oldest domesticated crops over 10 thousand years ago, and the origin of barley is thought in the Fertile Crescent area. All regions of Turkey are compatible with the cultivation of barley in terms of climate conditions. Barley is the world's fourth most important cereal after wheat, maize and rice. The species has great economic importance around the world and has been concerted into many biotechnological processes (Forster et al., 2000; Mayer et al., 2012).

Wheat and barley are exposed to biotic and abiotic stress factors such as heat stress, insects, drought and salinity. The drought and salt stress are one of the most serious abiotic stress factors in economically important cereals in global. Unfortunately, increased population and pollution, low land area for agriculture and global warming have increased the potential risk of drought and salinity stress, accordingly decreasing the output and quality of agriculture (Yadav et al., 2011; Hu and Schmidhalter, 2005). Nevertheless, plants have different kinds of mechanisms to improve resistance against stress factors. Tolerance responses are primarily managed by some important genes, gene families or metabolites including transcription factors (such as *DREB* and *WRKY*), microRNAs, hormones, co-factors and ions (Aktaş and Güven, 2005; Budak et al., 2015; Imadi et al., 2015).

WRKY transcription factors are related to gene families which have the possibility of playing a role in activating the signaling pathways and defense systems. This gene family is characterized by conserved 60 amino acids region with including the "WRKY" amino acids at least one time. The transcription factor has zinc finger motif DNA binding site and up to a hundred *WRKY* genes have been characterized only for wheat

and barley on databases (Rushton et al., 1996; Seki et al., 2002). However, there is limited data of definite association and annotation of *WRKY* transcription factors by type of abiotic and or biotic stress. *WRKY1*, *WRKY2*, *WRKY3*, *WRKY45* and *WRKY38* are among these transcription factors which have been related to some biotic stress factors in economically important crops (Rushton et al., 1996; Marè et al., 2004; Rushton et al., 2010).

The limited number of nucleotide sequence data described about the *WRKY* genes with specific characteristics on databases including National Center for Biotechnology Information (NCBI) and European Molecular Biology Laboratory (EMBL) limits plant biotechnological investigations. Likewise, there are no precise knowledge of *WRKY* genes for another plant species. For this reason, genes belong to the *WRKY* domain should be necessarily cloned and annotated for each plant species individually. As far as is known, wheat and barley cultivars used in this study have not been studied in terms of salinity stress responses, and totally 18 *WRKY* genes have not been previously associated with salinity stress in wheat and barley. In this study, it was aimed to reveal that *WRKY* genes are potential markers related to salinity stress in wheat and barley.

2. Material and Methods

2.1 Plant materials and salinity stress treatments

Seeds of eight barley cultivars (Aydan Hanım, Epona, Lord, Manava, Premium, Ramata, Tarm 92, Tokak157/37) and eight wheat cultivars (Alka, Antille, Bezozya, Canik 2003, Esperia, Forblanc, Midas, Quality) were used in this study. Wheat and barley seeds were disinfected with a 0.64 % sodium hypochlorite and 10 % ethanol for 5 min and washed three times with sterile deionized water. Then, 7 seeds were placed in 9 cm Petri dishes containing filter paper soaked with 3.0 ml of different NaCl concentrations (0 %, 1.0 % and 2.0 %), and germinated for 10 days at 25 °C for 16/8 h of light/dark photoperiod and 40 % relative humidity. Then, germination level of each individual cultivar was scored for both experiment and control sets on 0-9 scale (Badridze et al., 2009) (Table 1). 7 seeds were used in each experiment with three replicates. Two cultivars of each species were selected for further transcriptome analysis based on relatively resistant and sensitive characteristics.

2.2 Total RNA extraction and cDNA synthesis

Two relatively salinity resistant and two relatively salinity sensitive wheat and barley cultivars were used to reveal the potential regulation of totally 18 *WRKY* genes in response to salinity stress. For this purpose,

Çizelge 1. Tuzluluk çimlenme puanı ölçeği.

Table 1. Salinity germination score scale.

Score	Score Explanation
0	No germination
1	One root elongated or poor root development
2	Two roots elongated or more roots with brown tips
3	Three or more roots elongated, normal root development
4	Shoot less than 10 mm with green colour
5	Shoot elongated between 10 and 25 mm
6	First leaf protruded the coleoptile up to 1 cm
7	First leaf developed up to 3 cm from the coleoptile
8	First leaf developed up to 6 cm from the coleoptile
9	First leaf is longer than 6 cm from the coleoptile

total RNA was extracted using TriPure reagent (Roche, Switzerland). 100 mg of fresh leaves from 10-day-old of control and 1.0 % NaCl treated plantlets were homogenized via liquid nitrogen by using sterile mortar and pestle. 0.5 ml TriPure reagent was used to complete the homogenization step. After the homogenization, the manufacturer's recommendations were followed. The qualitative and quantitative analysis of total RNAs were carried out via 0.8 % agarose gel electrophoresis and spectrophotometer (Thermo, U.S.A.). cDNA synthesis was carried out by using commercial kit (Takara, Japan). 2 µg RNA was used as a starting amount. cDNA synthesis was carried out in a volume of 10 µl, including Oligo dT of 2.5 µM, random primers of 2.5 µM, 1X reaction buffer, reverse transcriptase enzyme of

10 U. ¼ diluted cDNAs were used in gene expression analysis.

2.3 Quantitative real time polymerase chain reaction (qRT-PCR) assays

qRT-PCR primers of 10 *WRKY* genes for wheat and 8 *WRKY* genes for barley are listed in Table 2. *α-actin* was used as endogenous control. Relative quantification method was used in salinity assays. QuantStudio 5.0 (Applied Biosystem, U.S.A.) system was used in qRT-PCR assays. Sybr Green I was used as fluorophore. qRT-PCR experiments were done in microtubes with 10 µl reaction volume containing 1X Sybr Green I mix (Takara, Japan), 2 pmol primers and 2 µl cDNA corresponding to 50 ng total RNA. Cycling conditions

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan primerler.

Table 2. Primers used in this study.

Gene	NCBI Accession	Forward sequence (5'-3')	Reverse sequence (5'-3')	Amplicon size (bp)
<i>TaActin</i>	KC775780	GGCACACTGGTGTTCATGGT	GCGCCTCATCACCAACATA	124
<i>TaWRKY4</i>	EU665433	CTGAGCTACAGCGGGTGAG	GTGACCATGTCGGTGAAGT	104
<i>TaWRKY7</i>	EU665436	AGCTCTCCATTGCCTTCTTC	ACCATTCTTGGTTCGTTGG	112
<i>TaWRKY27</i>	EU665431	GCTCCTCACCTCCAGTATCC	GGAGTAGGGCTGCCTCTG	133
<i>TaWRKY33</i>	EU669663	CGGCAATAACAGCCACTACA	GTTGCTCTCCTCGCTCTTG	94
<i>TaWRKY40</i>	EU665455	CACCTTTCAGCAGGATGAGC	AGTTTGCTTGAGCGTTGACC	101
<i>TaWRKY41</i>	KF195931	CAGCACGGATTTCTTCAAAA	CCATCATCGTGACCCTCAAT	101
<i>TaWRKY53</i>	KC174859	GCCTCTTTGGCTTCTCCTTT	CTGCTGCTGATGTTCTTGA	95
<i>TaWRKY68</i>	EF397617	CTCCTCGTCTCCTCCCTCTC	GAGATCACCTTGCGGAAGT	116
<i>TaWRKY72</i>	KT373801	AGCCCTCCAAGTCAAGGAT	CTCCCTTTTCTCGCCTTTCT	110
<i>TaWRKY79</i>	JX047374	TGGACGAGCAGTGGATGA	CGTGGTTCTTCTTGGGAAGACAT	138
<i>HvActin</i>	AY145451	GGCACACTGGTGTTCATGGT	GCGCCTCATCACCAACATA	90
<i>HvWRKY6</i>	EF488106	CGAAGGTCATTGTGCTGTTG	CTGTACCCATCGCTCATCTT	101
<i>HvWRKY9</i>	DQ840408	AGGTTTCAGTCCATGCACCA	TGACACCCTTGCCACCACTA	106
<i>HvWRKY24</i>	DQ863108	CATGAGCAGAGCACCCTCT	GACATCATCCGACCTGTAT	110
<i>HvWRKY25</i>	DQ863109	CATCATGGAGGTTCCAAGCAA	ACCCGACAATGTCCTCTG	114
<i>HvWRKY33</i>	DQ863117	CTGCAACTTTCCAGGTAAGT	GGGTCGCTGTGATCTTTCT	96
<i>HvWRKY34</i>	DQ863118	AACCAACAGAGCGACATAGG	CTGTTCGGTCTCCATCTTGAC	98
<i>HvWRKY42</i>	DQ863125	AGTGAAGGACAGTGCTGATG	GGTCTTCTCGTTCTCTTCC	104
<i>HvWRKY46</i>	AY323206	ATTGCCTGGTATGGTTGAG	TCCTCCTCCTCAGTAGCATC	106

were as pre-denaturation at 95 °C for 2 min, 45 cycles of 95 °C for 10 sec, 58 °C for 15 sec, 72 °C for 20 sec. Melting curve analysis was performed at the end of cycling. Standard series were conducted on 5 logarithmic phases. $2^{-\Delta\Delta CT}$ normalization formula developed by Livak and Schmittgen (2001) was used to analyze fold changes in gene expression. qRT-PCR assays were replicated thrice.

2.4 Statistical analysis

The statistical output related to qRT-PCR results were analyzed by GraphPad Prism 5.0 (Dr. Harvey Motulsky, U.S.A.) software using One-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's post hoc test. One-way ANOVA with least significance difference (LSD) test function at $P \leq 0.05$ in R 3.5.2 statistical software with RStudio (Version 1.1.463) and the package agricolae was applied for germination score analysis. Two-way ANOVA analysis was also carried out to check the efficiency of investigations.

3. Results and Discussion

Total of eight cultivars for each species were germinated for 10 days at 25 °C and 16/8 h of light/dark photoperiod. Salinity treatment was applied by 0 %, 1.0 % and 2.0 % NaCl concentrations. According to the findings, no germination was observed in 2.0 % NaCl treated experiment sets. Significantly decreased to 2.0 % NaCl treatment in wheat and barley cultivars was an expected result since NaCl causes strong salt stress for many plant species (Badridze et al., 2009; Almodares et al., 2014; Jain et al., 2016; Yörük et al., 2018). Thus, further transcript analysis was carried with 0 % and 1.0 % NaCl treated sets. Based on the germination scores, *H. vulgare* L. cv. Ramata and *T. aestivum* L. cv. Bezozya were selected as relatively resistant while *H. vulgare* L. cv. Lord and *T. aestivum* L. cv. Esperia were selected as relatively sensitive cultivars (Table 3).

In qRT-PCR results of wheat, 7 of 10 genes (*TaWRKY7*, *TaWRKY40*, *TaWRKY41*, *TaWRKY53*, *TaWRKY68*, *TaWRKY72* and *TaWRKY79*) were increased compared with control in Esperia (relatively salinity resistant) and down-regulated in Bezozya (relatively salinity sensitive) (Figure 1 A, B). Two-way-ANOVA analysis showed that each gene revealed significant differences ($P < 0.001$). Remaining three genes showed no significant changes in response to salinity treatment. The fold changes in gene expression ranged from 1.19 ± 0.01 (*TaWRKY41*) to 5.47 ± 0.66 (*TaWRKY7*) in Esperia. Down-regulation values ranged from 0.048 ± 0.004 (*TaWRKY72*) to 0.623 ± 0.001 (*TaWRKY41*) in Bezozya (Figure 1 A, B). Results from this study showed that among related *WRKY* genes, 7 genes can be used in further salinity responses related

investigations in wheat. Especially, *TaWRKY7* and *TaWRKY72* genes can be used in more detailed and comprehensive studies such as genetic transformation and marker assisted selection of wheat and genetically closely related plant species. *HvWRKY6*, *HvWRKY9*, *HvWRKY24*, *HvWRKY25*, *HvWRKY33*, *HvWRKY34* and *HvWRKY42* genes were upregulated in experiment sets in barley. The fold changes in gene expressions were ranged from 1.602 ± 0.38 (*HvWRKY25*) to 4.85 ± 0.28 (*HvWRKY33*) in Lord. Down-regulation values were ranged from 0.26 ± 0.1 (*HvWRKY34*) to 0.707 ± 0.161 (*HvWRKY25*) in Ramata (Figure 1 C, D). As well as in wheat qRT-PCR analysis, 7 genes were up-regulated and down-regulated in salt resistant and sensitive cultivars, respectively. Particularly, *HvWRKY33* with 4.85 ± 0.28 fold increase for barley could be used as marker genes in further abiotic stress response investigations. In a previous study we reported transcript profiles of 8 *WRKYs* upon *Fusarium culmorum* infection in two barley cultivars. Similarly, we found that the transcript level of *HvWRKY33* was significantly upregulated in both cultivars (Uluhan et al., 2019). Totally 14 genes could stimulate the expression of abiotic stress response related genes in wheat and barley. This study is important in terms of providing an association between *WRKY* genes and salinity stress response in wheat and barley. Also, it's the first report to show these 14 *WRKY* genes' fold increase in salinity treated plants.

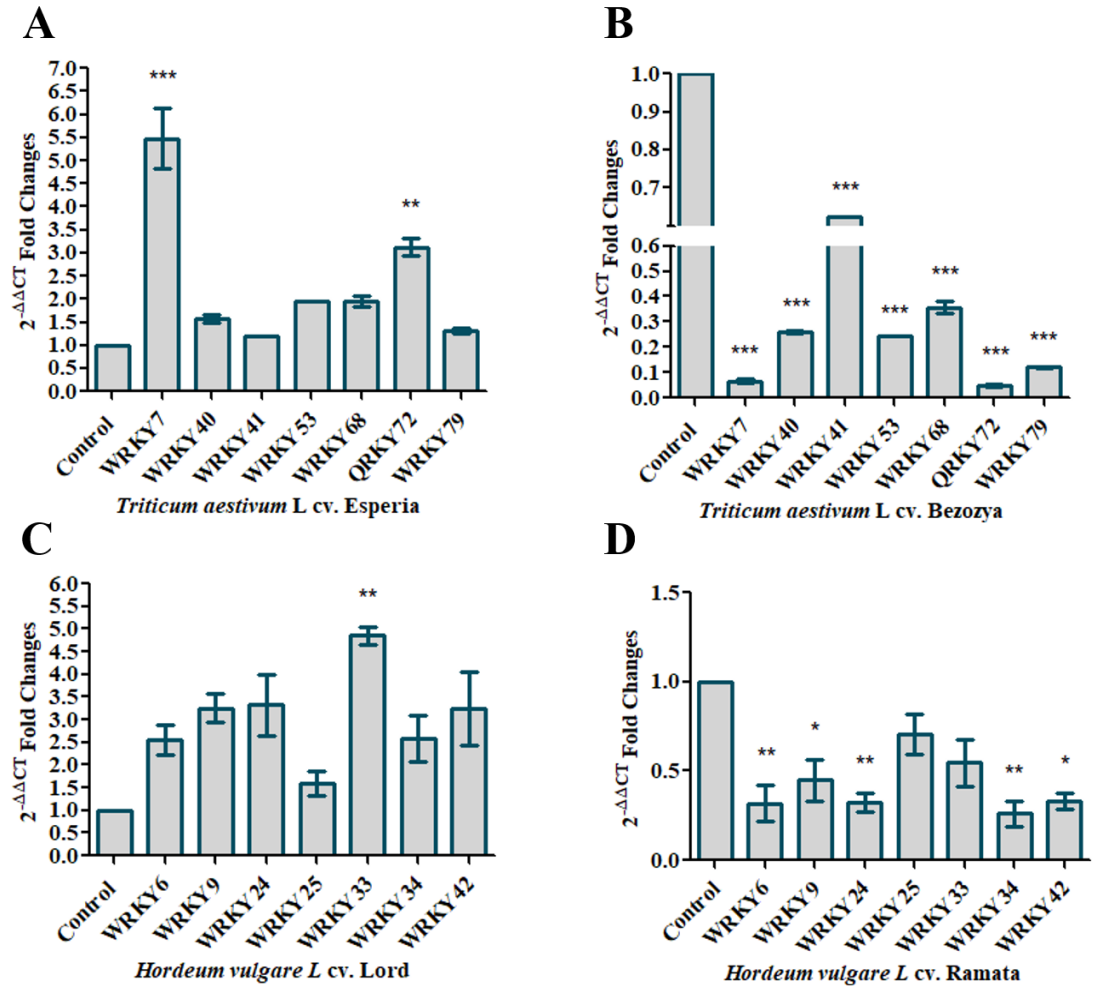
The results obtained from current study reveal that totally 14 *WRKY* genes could be used in further plant molecular biology researches. Particularly, three *WRKY* genes showing high level of mRNA abundance alterations in response to salinity stress may play a key role in activating the genes which are related to salinity stress responses in cereals. Several previous studies have showed that qRT-PCR analysis presented reliable and reproducible data associated with alterations in gene expression (including transcription factor coding genes) in response to salinity stress in economically important crops (Robatzek and Somssich, 2002; Bagdi et al., 2015). In this study, 14 *WRKY* transcription factors coding genes have been associated to salinity stress response in relatively salt stress sensitive and resistant wheat and barley cultivars. In contrast to previous studies which represent *WRKY* genes association with biotic stress responses (Eulgem et al., 2000; Robatzek and Somssich, 2002; Rushton et al., 2010; Niu et al., 2012; Wang et al., 2015), this study shows that *WRKY* transcription factors may play important role in abiotic stress response in major cereal species. The findings are important as this is the first report to show these 14 *WRKY* genes' fold increase in salinity treated plants. The findings are also important in determining the salinity stress sensitivity of barley and wheat cultivars which are not tested for their abiotic stress response capacity previously.

Çizelge 3. % 1.0 NaCl uygulamasının farklı arpa ve buğday çeşitlerinde çimlenme özellikleri üzerine etkisi.

Table 3. Effect of 1.0 % NaCl treatment on germination attributes in different barley and wheat cultivars.

Barley Cultivars	1.0 % NaCl	Wheat Cultivars	1.0 % NaCl
Lord	4.72±0.23 a	Esperia	3.00±0.26 a
Tarm 92	4.27±0.35 ab	Canik 2003	2.36±0.24 ab
Premium	3.45±0.28 bc	Alka	2.27±0.23 ab
Aydan Hanım	4.81±1.16 a	Midas	1.81±0.26 bc
Ramata	1.54±0.41 d	Bezozya	0.27±0.14 d
Tokak 157/37	1.81±0.35 d	Antille	0.45±0.15 d
Manava	2.54±0.36 cd	Quality	0.63±0.20 d
Epona	3.27±0.35 bc	Forblanc	1.18±0.12 cd

The data presented are the means ± standard errors (SE) of three replicates. Values in vertical columns followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$.



Şekil 1. *T. aestivum* L. cv. *Esperia* (A), *T. aestivum* L. cv. *Bezozya* (B), *H. vulgare* L. cv. *Lord* (C) ve *H. vulgare* L. cv. *Ramata* (D)'da WRKY gen ekspresyonuna ilişkin kat değişimleri (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$).

Figure Fold changes in WRKY gene expression related to *T. aestivum* L. cv. *Esperia* (A), *T. aestivum* L. cv. *Bezozya* (B), *H. vulgare* L. cv. *Lord* (C), and *H. vulgare* L. cv. *Ramata* (D) (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$).

4. Conclusions

Wheat and barley are economically important crops worldwide and they are subjected to salinity stress in many agro-ecological regions. The identification of the marker genes related to salinity response and/or determining the salinity stress resistant cultivars have great importance in agricultural practices worldwide. For these purposes, several traditional and modern techniques have been still used in fields and *in vitro* investigations. In this study, qRT-PCR based gene expression analysis revealed particularly 3 important marker genes related to salinity stress response in the wheat and barley cultivars. The stress response capacities of wheat and barley cultivars from any regions worldwide can be detected by using particularly *TaWRKY7*, *TaWRKY2* and *HvWRKY33* genes. Additionally, further studies could include more cultivars and undefined genes which can be related to abiotic stress response in order to obtain more detailed and comprehensive data which can be useful in plant molecular biology research area.

Acknowledgements

This study was supported by Board Regents of Istanbul Yeni Yuzyil University, Halic University and 2209-A project of TUBITAK-Turkey.

References

- Aktaş, Y.L. and Güven, A., 2005. Bitki savunma sistemlerinde hormonal sinyal moleküler ve çapraz iletişimleri. *J. Arts Sci.*, 3:1-12.
- Almodares, A.M., Hadi, R., Kholdebarin, B., Samedani, B., Kharazian, A., 2014. The response of sweet sorghum cultivars to salt stress and accumulation of Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions in relation to salinity. *J. Environ. Biol.*, 35:733–739.
- Badridze, G., Weidner, A., Asch, F., 2009. Variation in salt tolerance within a Georgian wheat. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 56:1125–1130. DOI: 10.1007/s10722-009-9436-0.
- Bagdi, D.L., Shaw, B.P., Sahu, B.B., Purohit, G.K., 2015. Real time PCR expression analysis of gene encoding p5cs enzyme and proline metabolism under NaCl salinity in rice. *J. Environ. Biol.*, 36:955–961.
- Budak, H., Hussain, B., Khan, Z., Ozturk, N.Z. and Ullah, N., 2015. From genetics to functional genomics: improvement in drought signaling and tolerance in wheat. *Front. Plant. Sci.*, 6:1012. DOI: 10.3389/fpls.2015.01012.
- Dawson I. K., Russell J., Powell W., Steffenson B., Thomas W. T. and Waugh R. 2015, Barley: a translational model for adaptation to climate change, *New phytologist*, 206, 913–931. DOI: 10.1111/nph.13266.
- Eulgem T., Rushton P. J., Robatzek S. and Somssich I. E., 2000. The WRKY superfamily of plant transcription factors. *Trends Plant Sci.*, 5, 199–206. DOI: 10.1016/S1360-1385(00)01600-9.
- Forster B. P., Ellis R. P., Thomas W. T. B., Newton A. C., Tuberosa R., This D. et al., 2000. The development and application of molecular markers for abiotic stress tolerance in barley, *J. Exp. Bot.*, 51, 19–27. DOI: 10.1093/jexbot/51.342.19.
- Harlan, J. R., and Zohary, D., 1966. Distribution of wild wheats and barley. *Science*, 153 (3740), 1074–1080. DOI: 10.1126/science.153.3740.1074.
- Hu, Y. and Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168:541–549. DOI: 10.1002/jpln.200420516.
- Imadi, S.R., Kazi, A.G., Ahanger, M.A., Gucel, S., Ahmad, P., 2015. Plant transcriptomics and responses to environmental stress: an overview. *J. Genet.*, 94:525–537. DOI: 10.1007/s12041-015-0545-6.
- Jain, R., Singh, S.P., Singh, A., Singh, S., Tripathi, P., Chandra, A. et al., 2016. Study on physio-biochemical attributes and metallothionein gene expression affected by chromium (VI) in sugarcane (*Saccharum spp. hybrid*). *J. Environ. Biol.*, 37:375–382.
- Livak, K. J., and Schmittgen, T. D., 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2⁻ΔΔCT method. *Methods*, 25:4, 402-408. DOI: /10.1006/meth.2001.
- Marè, C., Mazzucotelli, E., Crosatti, C., Francia, E., Stanca, A.M., Cattivelli, L., 2004. *HvWRKY38*: A new transcription factor involved in cold- and drought- response in barley. *Plant Mol. Biol.*, 55:309–416. DOI: 10.1007/s11103-004-0906-7.
- Mayer K. F., Waugh R., Brown J. W., Schulman A., Langridge P., Platzer M. et al., 2012. A physical, genetic and functional sequence assembly of the barley genome. *Nature*, 491, 711–717. DOI: 10.1038/nature11543.
- Niu, C.F., Wei, W., Zhou, Q.Y., Tian, A.G., Hao, Y.J., Zhang, W.K. et al., 2012. Wheat *WRKY* genes *TaWRKY2* and *TaWRKY19* regulate abiotic stress tolerance in transgenic Arabidopsis plants. *Plant Cell Environ.*, 35:1156–1170. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2012.02480.x.
- Pourkheirandish, M., and Komatsuda, T., 2007. The importance of barley genetics and domestication in a global perspective. *Annals of Botany*, 100(5), 999–1008. DOI: 10.1093/aob/mcm139.
- Robatzek, S. and Somssich, I.E., 2002. Targets of *AtWRKY6* regulation during plant senescence and pathogen defense. *Genes Dev.*, 16:1139–1149. DOI: 10.1101/gad.222702.

- Rushton P., Torres J. T., Parniske M., Wernert P., Hahlbrock K and Somssich L. E., 1996. Interaction of elicitor-induced DNA binding proteins with elicitor response elements in the promoters of parsley *PRI* genes. *EMBO J.* 15, 5690–5700. DOI: 10.1002/j.1460-2075.1996.tb00953.x.
- Rushton, P.J., Somssich, I.E., Ringler, P., Shen, Q.J., 2010. WRKY transcription factors, *Trends. Plant. Sci.*,15:247–258. DOI: 10.1016/j.tplants.2010.02.00.
- Seki M., Narusaka M., Ishida J., Nanjo T., Fujita M., Oono Y. et al., 2002. Monitoring the expression profiles of 7000 *Arabidopsis* genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray. *Plant J.* 31, 279–292. DOI: 10.1046/j.1365-3113X.2002.01359.x.
- Uluhan, E., Keleş, E.N., Tufan, F., 2019. Analysis of *WRKY* transcription factors in barley cultivars infected with *Fusarium culmorum*. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2(3):165–174.
- Wang, X., Zeng, J., Li, Y., Rong, X., Sun, J., Sun, T. et al., 2015. Expression of *TaWRKY44*, a wheat *WRKY* gene, in transgenic tobacco confers multiple abiotic stress tolerances. *Front Plant Sci.*, 6:615. DOI: 10.3389/fpls.2015.00615
- Yaday, S., Irfan, M., Ahmad, A., Hayat, S., 2011. Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *J. Environ Biol.*, 32:667–685.
- Yörük, E., Keleş, E.N., Sefer, Ö., Eraslan, M., 2018. Salinity and drought stress investigations on barley (*Hordeum vulgare* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars planted in Turkey. *J. Environ. Biol.*, 39:943–950. DOI: 10.22438/jeb/39/6/MRN-700.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.551781

Yarı kurak bölgelerde sentetik açıklıklı radar (mikrodalga) görüntüleri ile toprak neminin tahmini

Tülay Tunçay

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: tulaytuncay@gmail.com

Geliş/Received 10/04/2019 Kabul/Accepted 07/01/2020

ÖZET

Toprak neminin konumsal ve zamansal olarak dağılımı, kurak ve yarı kurak bölgelerde kuraklık izlemesi, ürün sulama planlaması, ürün tahmini gibi havza seviyesindeki tarımsal uygulamalarda anahtar bir parametredir. Ayrıca, radar uydü görüntüleri çeşitli bölgeler için toprak ve bitki örtüsü dağılımının mekânsal ve zamansal olarak ortaya konulmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Aktif mikrodalga sensör sistemleri kullanarak yüzey toprağı neminin tahmini araştırmacılar, koruma planlamacıları ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını izleyen karar vericiler için yararlı bilgilerden biridir. Bu çalışma, yarı kurak iklimde sahip Altınova Tarım İşletmesi arazisinde seçilen altmış dört kilometrekarelik test alanı topraklarında yürütülmüştür. Dört farklı zamanda elde edilen Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntülerinin gerisaçılım değerleri (Radarsat-2) ve yüzey toprağı nemi arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Altınova Tarım İşletmesine ait dört SAR görüntüsü (4 tane Radarsat-2 görüntüsü) kullanılmıştır. Eş zamanlı olarak, 730 farklı noktada 250 m aralıklarla yüzey toprak örnekleri 0-20 cm'den alınmış ve çalışma alanı boyunca gravimetrik yöntem kullanılarak yüzey toprağının nemi belirlenmiştir. Her örnekleme periyodu için yüzey toprağı nem dağılım haritaları ordinary kriging kullanılarak üretilmiştir. Toprak nem dağılım haritalarına göre Ağustos verileri, çalışma alanı boyunca diğer örnekleme dönemlerine kıyasla yüzey toprağı neminde en fazla değişiklikleri göstermiştir. Bu nedenle çalışma alanı boyunca gerisaçılma (Ağustos 2012 Radarsat-2 verilerinden elde edilen) ile toprak nemi içeriğı arasındaki ilişkinin diğer SAR veri sonuçlarından daha iyi olduğu bulunmuştur ($r=0.506$, $p<0.05$).

Anahtar Sözcükler:
Toprak Nemi
Radarsat-2
Konumsal Değişkenlik

Estimation of soil moisture by synthetic aperture radar (microwave) images in semi arid regions

ABSTRACT

Spatial and temporal distribution of soil moisture is a key parameter for agricultural applications at watershed level such as drought monitoring, crop irrigation scheduling, and yield estimations in arid and semi-arid regions. Moreover, radar satellite imagery systems have been used to figure out soil and vegetation distributions spatially and temporally for various regions. Estimation of surface soil moisture using active microwave sensor systems is among useful information for researchers, conservation planners, and decision makers pursuing sustainable use of natural resources. This study was carried out at the soils of selected sixty-four square kilometers test site in Altınova State Farm. It was aimed to determine the relationship between the surface soil moisture and the backscatter values of SAR images (Radarsat-2) obtained four different times. To that end, four SAR images (4 Radarsat-2 images) from Altınova State Farm were used. Surface soil samples were collected simultaneously from 0-20 cm depth at 730 different points with 250 m-intervals, and soil moisture was determined using gravimetric method throughout the study area. In regards to each sampling period, surface soil moisture distribution maps were produced using ordinary kriging method. Considering the soil moisture distribution maps the data obtained in August indicated the most alterations in the surface soil moisture throughout the study

Keywords:
Soil moisture
Radarsat-2
Spatial Variability

© OMU ANAJAS 2020

area in comparison to the other sampling periods. Therefore, it was revealed that the relationship between backscattering (obtained from Radarsat-2 data in August, 2012) and soil moisture content was better than the other SAR data results ($r=0.506$, $p<0.05$).

1. Giriş

Toprak nemi, birçok hidrolojik ve doğal süreçlerin anlaşılmasında önemli bir etmendir. Arazi yüzeyi enerji dengesi ve taşkın süreçlerindeki rolü nedeniyle su bilimcileri, meteorologlar ve iklim bilimciler tarafından çevresel süreçte anahtar bir parametre olarak kabul edilmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, kuru tarım yapılan alanlarda yağışlar sonucunda infiltrasyonla toprağa giren su bitkisel üretim için tek kaynaktır. Sürdürülebilir bir tarımsal üretim için en önemli faktör olması nedeniyle doğru ölçülmesi ve izlenmesi kritik önem arz etmektedir (Lin ve ark., 2006a; 2006b; Gish ve ark., 2011).

Toprak neminin büyük alanlarda gravimetrik yöntemler ve diğer sensör ölçüm aletleri (TDR, FTIR, vs.) ile ölçülmesi ve izlenmesi (De Lannoy ve ark., 2006; Western ve ark., 2004; Kutilek ve Nielsen, 1994) zaman alıcı, masraflı ve iş gücü gerektirmesi nedeniyle pek mümkün değildir. Bununla birlikte cihazlar ile yapılan ölçümlerin hacimsel yöntemler ile kalibrasyona ihtiyaç göstermesi ve küçük alanlarda uygulanabilir olması nedeniyle, araştırmacıları büyük alanlarda (havza, bölgesel, ülkesel ölçeklerde) hızlı ve güvenilir olarak toprak nemini izlemek amacıyla uzaktan algılama çalışmalarına yönelmektedir (Western ve ark., 1999; Gish ve ark., 2005; Lin ve Zhou, 2008).

Günümüzde bütün hava koşullarında, gece ve gündüz görüntü alabilme yeteneği, bulutluluktan etkilenmeme gibi çalışma prensipleri ve diğer özelliklerinden dolayı, RADAR veya SAR uyduları havza bazında yapılan hidrolojik döngülerin tanımlanmasında, toprak suyunun izlenmesinde, bitki örtüsü değişimlerinin izlenmesinde, ürün rekolte tahminlerinde ve bitki su tüketim çalışmalarında başarılı olarak kullanılmaktadır (Bayramin ve ark., 2013).

Radar görüntüleri çok geniş bir kullanıcı grubuna hizmet etmektedir. Tarım, orman, kartoğrafya, hidroloji, deniz biliminde (özellikle buzulların izlenmesinde), felaket ve kaynak yönetiminde, jeolojide, arazi örtüsü ve arazi kullanımı haritalarının oluşturulmasında, sahil ve deniz gözetiminde, güvenlik ve yabancı politikalarda yaygın olarak kullanılabilir. Radarsat-2 uydusu Kanada Uzay Topluluğu'nun uzaktan algılama teknolojileri ve uygulamalarının geliştirilmesinde de öncülüğünü kanıtlamaktadır. Dünyanın en gelişmiş radar görüntü sağlayıcısından biri olan Radarsat-2, yüzlerce uygulama için yüksek kalitede veriyi kullanıcılara sunmaktadır (Löw ve ark., 2005).

Toprak nem içeriğinin belirlenmesinde mikrodalga uzaktan algılamanın temel esası suyun ve kuru toprağın dielektrik özelliklerindeki zıtlık ve Fresnel yansımaya katsayısı ile dielektrik direnci arasındaki ilişkilidir.

Havanın dielektrik sabitesi bilinen bir değer olduğu için yansımaya katsayısı, toprak ortamının dielektrik sabitinin ölçümünü vermektedir (Jackson ve ark., 1996). Shao ve ark., (2003), nemli ve tuzlu topraklarda dielektrik özelliklerinin gerisaçılım katsayısına olan etkisini RADARSAT-1 görüntüsü kullanarak belirlemiştir. Araştırmanın sonucunda RADARSAT-1 uydusu görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri ile alınan toprak örneklerinin tuzluluk değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0,69 olarak belirlenmiştir. Walker ve ark. (2004) ERS-2 (European Remote Sensing) uydusunun düşey polarize SAR C-bandının yüzeye yakın toprak nemini ölçme potansiyelinin olduğunu belirtmişlerdir. Ancak SAR gerisaçılmasının büyük bir oranda topoğrafyaya, toprak tekstürüne, yüzey pürüzlülüğüne ve toprak nemine bağlı olduğunu; tek bir frekans ve polarizasyon SAR gözlemleriyle toprak nem değişimini belirlemenin zor olduğunu bildirmişlerdir. ERS-2, RADARSAT ve ENVISAT (Environment Satellite) gibi uydularda bulunan C-bandı radar sinyalleri yüzey toprak nemine duyarlıdır (Paloscia ve ark., 2005). C-bandı ölçümleri sadece toprak nemi tarafından değil; bitki örtüsü ve yüzey pürüzlülüğü tarafından da etkilenmektedir. ENVISAT/ASAR verileri kullanılarak bitki örtüsüyle kaplı veya çıplak arazilerde toprak yüzey nemini belirlemeye yönelik pek çok istatistik ve deneysel yöntem geliştirilmiştir (Alexander ve ark., 2006; Baghdadi ve ark., 2002; Boisvert ve ark., 1997; Beaudoin ve ark., 1990; Alvarez-Mazos ve ark., 2005; Zribi ve ark., 2005a ve 2005b; Siegert ve Ruecker, 2000; Oldak ve ark., 2003; Kelly ve ark., 2003; Baghdadi ve ark., 2006; Chen ve ark., 2007; Holah ve ark., 2005; Li, 2004). Hëgarat-Masclé ve ark. (2000), ERS/SAR verilerinden yararlanarak toprak nemi ve SAR sinyalleri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmek için "Operational Methodology" kullanmışlardır. Çalışmayı iki aşamada yönetmişlerdir. Kalibrasyon aşamasında SAR sinyallerindeki vejetasyon etkisini çıkarmak için yer gözlemlene çalışması yapmışlardır. İkinci aşamada ise SAR verilerinden vejetasyon etkisi çıkararak, toprak nemi ile SAR sinyalleri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Shakil ve ark. (2000), Chiba havzasında, çıplak toprak koşullarında radar verileri yardımıyla toprak nemini belirlemek için, HV, VV ve hiper spektral gibi üç doğrusal polarizasyon ve 150, 230, 350 ve 450 dereceli görüntü alma açısına sahip C bandını ve yüzeye ilgili özellikleri tanımlayabilmek için Integral Equation Modeli kullanmışlardır. Modelin deneysel verilerle ilişkili olduğunu ve HH polarizasyonda modelleme ile gözlenen geri yansımaya katsayısı arasında iyi bir ilişkinin olduğunu bulmuşlardır. Toprak nemi ile ilgili konularda çalışma yapılırken, C- bant ve düşük açılı görüntüler alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Fung ve Chen (1992), SAR verisinden elde edilen yansıma değeri, yüzey pürüzlülüğüne, toprak üzerindeki vejetasyonun özelliklerine ve toprağın nem içeriği gibi birçok faktöre bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Vejetasyon olmadığı zaman ise radarın yansıma değerinin, toprağın su içeriğine ve yüzey pürüzlülüğüne bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2003), ERS-2 ve LANDSAT-TM uydu görüntüleri kullanarak yarı kurak iklim kuşağındaki arazilerde toprak nemini tahmin etmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, ERS-2/LANDSAT-TM uyumu ile bitki örtüsü olan arazilerde toprak neminin belirlenmesinde, olumsuz yönde etkileyen parametreleri elimine etmeye çalışmışlardır. Yaklaşım olarak yüzey mikro-rölyefinin etkisini, geçici diferansiyel gerisaçılım katsayısını kullanarak düşürmüşler ve sonra optik/mikrodalga uyumu sağlanarak toprak nemi, normalize edilmiş vejetasyon indisi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) ve toplam gerisaçılım katsayısı arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmışlardır. Sonuçlar, yarı kurak iklim kuşağındaki alanlarda, radar gerisaçılımı kuru topraklarda oluşturulan NDVI ile pozitif korelasyon sağlamış, ancak toprak nemi yüksek olan alanlarda ise negatif korelasyon bulunmuştur.

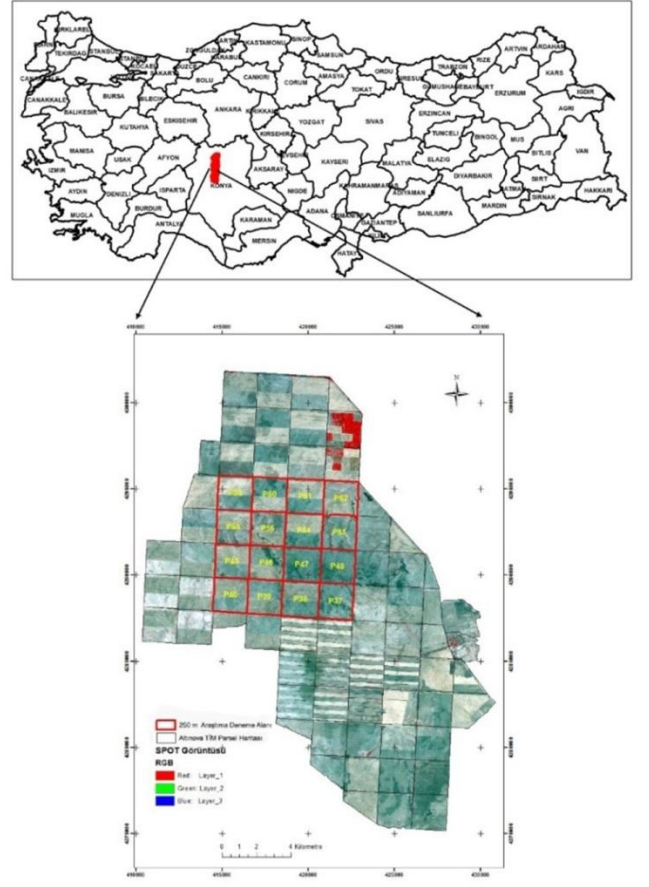
Bu çalışmada, Radarsat-2 radar görüntüsü çekimi ile eş zamanlı olarak araziden alınan toprak örneklerinde gravimetrik nem analizi yapılmıştır. Radar verisinden elde edilen gerisaçılım değerleri ile toprak nemi arasındaki dört farklı zamanda (13 Aralık 2011, 26 Nisan, 28 Ağustos ve 4 Aralık 2012) değişim ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne ait Altınova Tarım İşletmesi'nde $8 \times 8 \text{ km}^2$ büyüklüğünde bir alanda yürütülmüştür. İç Anadolu Bölgesinin $310 39' 20'' - 320 49' 55''$ Doğu boylamları ve $580 39' 20'' - 510 41' 54''$ Kuzey enlemleri arasında yer alan, ortalama deniz seviyesinden 915 m rakıma sahip olan Altınova Tarım İşletmesi arazileri, Konya İline bağlı Kadınhanı İlçesinin 60 km kuzeyinde, Ankara'ya 189 km ve Konya İline 126 km uzaklıktadır (Şekil 1). Kültür altındaki alanlarda buğday, arpa, tritikale, yonca, mısır gibi ürünler yetiştirilmektedir. Bunlar arasında buğday en fazla yetiştirilen üründür (Anonim 2019). İşletmede nadas ekim sistemi uygulanmaktadır.

Altınova Tarım İşletmesine ait 1999-2011 yılları arasındaki meteorolojik verilerine ve araştırma alanı topraklarının Soil Survey Staff (2015)'a göre sıcaklık rejimi Mesic, nem rejimi ise Aridik olarak belirlenmiştir.



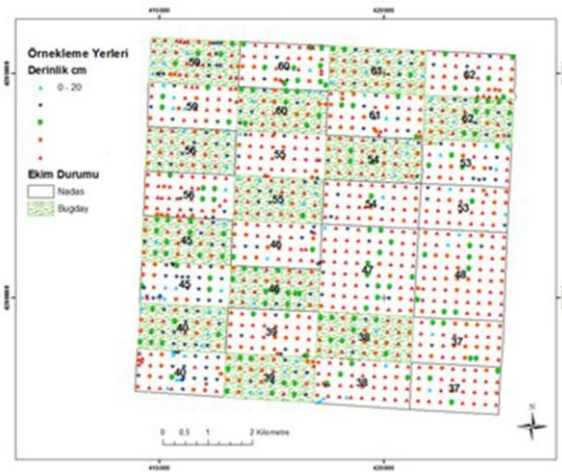
Şekil 1. Altınova Tarım İşletmesindeki çalışma alanının konumu ve parsel haritası
Figure 1. Location and parcel map of the study area in Altınova State Farm

2.2 Yöntem

Çalışma kapsamında 4 tarihte (13 Aralık 2011, 26 Nisan, 28 Ağustos ve 4 Aralık 2012) olmak üzere Radarsat-2 uydu görüntüsü ve bu görüntüler ile eş zamanlı olarak seçilen deneme alanında 250 m aralıklarla toprak örneklerinin alındığı arazi çalışması yapılmıştır. Arazi çalışması sırasında işletmedeki sulama yapılan parseller çalışma dışında bırakılarak, işletme topraklarının yaygın toprak serilerini içeren bir deneme alanı seçilmiştir. Seçilen deneme alanında 250 m aralıklı radar görüntüleri ile eş zamanlı olarak alınan toprak örneklerinde nem ölçümleri yapılmıştır (Şekil 2). Radar görüntülerinin alındığı tarihlerde arazide bitki örtüsü bulunmadığı veya çıplağa yakın durumda olduğu için bitki örtüsünün yansımaya (gerisaçılım) etkisi olmadığı düşünülmektedir. İnce dokulu bitki örtüsüne penetre olabilen, yaklaşık 5 cm dalga boyu aralıklı (C bant), mikrodalga boyundaki enerjinin gerisaçılımlarını içeren SAR uydu görüntüleri ile toprak neminin belirlenebilirliği araştırılmıştır.

2.2.1. Toprak Örnekleme

Araştırma alanı ekim sistemi, transektlerle birlikte 250 m aralıklı toprak örnekleme yerleri Şekil 2'de sunulmuştur. 2011 yılı Aralık ve 2012 Nisan aylarında yapılan toprak örnekleme çalışmaları sadece nadas alanlarında, 2012 Ağustos ve Aralık aylarında yapılan toprak örnekleme çalışmaları ise deneme alanının tamamında yürütülmüştür (Şekil 2). Bu örnekleme takvimine göre, Aralık 2011 ve Nisan 2012 aylarında 730 noktada 1460 (730 x 2 ay) ve Ağustos ve Aralık 2012 tarihlerinde 1165 noktada 2330 (1165 x 2 ay) olmak üzere toplam 3790 toprak nem tayini yapılmıştır. Elde edilen sonuçların tanımlayıcı istatistikleri (ortalama, standart sapma, çarpıklık, basıklık, varyasyon katsayısı, minimum ve maksimum olmak üzere) MINITAB 16 istatistik paket programı ile hesaplanmıştır. Elde edilen gravimetrik nem değerleri toprak örneklerinden elde edilen kuru hacim ağırlığı ve 20 cm toprak derinliği değerleri dikkate alınarak mm su derinlik cinsine çevrilmiştir. Deneme alanından toprak örneklerinde elde edilen kuru hacim ağırlığı değerleri (ortalama olarak 1,34 gr cm⁻³, değişim katsayısı % 3,37) 1,28 ile 1,45 gr cm⁻³ arasında bir değişim göstermektedir. Toprak örneklerindeki kil miktarları ise (ortalama olarak %33,42 ve değişim katsayısı %20,59) %11,93 ile 58,54 arasında değişim göstermektedir (Bayramın ve ark., 2013).



Şekil 2. Çalışma alanı toprak örnekleme noktaları
Figure 2. Soil sampling points in the study area

Proje çerçevesinde yapılan toprak nem analiz sonuçları doğrusal bir enterpolasyon tekniği olan kriging ile 0-20 cm derinlik için değerlendirilmiştir. Kriging yönteminde, örnekleme yapılmayan alanların tahmininde enterpolasyon yöntemini kullanılır, bu sırada örneklenen alanlardaki bilinen değerlerin ağırlıklı ortalamasından yararlanarak tahmin yapılmaktadır. Variogramın yapısal özellikleri ve örneklenen noktaları kullanarak örnek alınmamış noktadaki

bölgeselleştirmiş değişken optimum ve yansız olarak tahmin edilmektedir (Trangmar ve ark., 1985; Trangmar, 1987). Kriging matematiksel olarak Eşitlik 1 ve 2'de verildiği gibi ifade edilebilmektedir.

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i * W_i \quad (1)$$

Eşitlikte, Z_0 : Tahmin edilen değer; Z_i : Ölçülen değer; W_i : Ağırlığı ifade etmektedir.

Ağırlık ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$W_i = C / \Gamma \quad (2)$$

W_i : Ağırlık vektörü; Γ : Variogram matrisi; C : Tahmin edilecek nokta ile tahminde kullanılacak örnekler arasındaki uzaklığa ilişkin variogramları içeren vektördür.

Toprak nem değerlerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesinde GS+7.0 programı kullanılmıştır. Hesaplanan her variogramda ayırma uzaklığı veya ayırma sayısında ayarlama yapılmıştır. Ayırmanın sonuç vermediği durumlarda bazı uç verilerin veri setinden uzaklaştırılması sağlanmıştır. Uygun variogram modelleri oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak her bir toprak nem değerleri için külçe etkisi (C_0), eşik değeri (C_0+C), yapısal uzaklık (A_0) gibi variogram göstergeleri hesaplanmıştır (Çizelge 3). Toprak nem değerlerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesi amacıyla elde edilen variogram göstergeleri kullanılarak ARCMAP 10.4 CBS yazılımı yardımıyla kriging yöntemine göre haritaları hazırlanmıştır.

2.2.2 Radar Görüntüleri

Altınova Tarım İşletmeleri arazileri içerisinde, işletme arazileri topraklarının büyük bir bölümünü temsil edecek şekilde 8 x 8 km (64 km²) boyutunda bir deneme alanı seçilmiştir. Bu deneme alanını kapsayacak şekilde 4 farklı tarihte (13 Aralık 2011, 26 Nisan, 28 Ağustos ve 4 Aralık 2012) Radarsat-2 görüntüsü SGF (SAR Georeferenced Fine) formatında alınmıştır. Radar görüntülerinin bazı özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Sayısal altlık haritaların oluşturulması, görüntü işleme aşamasının ilk bölümünü oluşturmaktadır. İşletmeye ait detaylı temel toprak haritası ve parsel haritası CBS yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Deneme alanına ait parsel haritası ve arazi çalışmaları sırasında parsellerin birleşme noktalarından yer kontrol noktalarının (YKN) koordinatları DGPS (Differential Global Positioning System) kullanılarak kaydedilmiştir. Çizelge 1'de her bir döneme ait çözünürlük ve diğer özellikleri detaylı bir şekilde sunulan radar görüntülerinin rektifikasyonunda bu noktalar yaklaşık 1

Çizelge 1. Radarsat2 görüntülerinin bazı özellikleri
Table 1. Some Characteristics of Radarsat-2 images

Tarihler	Sensör Tipi	Polarizasyon	Çözünürlük (m)	Tayfsal Çözünürlük	Format	Işın Modu
13.12.2011	SAR	VV	7,06	C Band, 0,055 m	SGF, SLC	MLF
26.04.2012	SAR	VV	1,84	C Band, 0,055 m	SGF, SLC	UF
28.08.2012	SAR	VV	1,79	C Band, 0,055 m	SGF, SLC	UF
4.12.2012	SAR	VV	1,81	C Band, 0,055 m	SGF, SLC	UF

UF: Ultra-fine resolution beam, MLF: Multi-fine resolution beam, SGF: SAR Georeferenced Fine product, SLC: Single Look Complex

piksel (1,84 m) dikkate alınarak PCI- Geomatics yazılımında “geocoding” işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Radar görüntüleri “speckle noise” olarak tanımlanan birçok görüntü kirliliği içermektedir. Bu nedenle bu görüntülerde geo-rektifikasyon işleminden sonra çeşitli filtreleme uygulamaları yapılmaktadır. Matematik modele dayalı filtrelemeler bulunmaktadır. Gamma ve Lee filtreleme modelleri görüntü kirliliğinde en çok kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir (Eliason ve McEwev, 1990; Huang ve Genderen, 1996). Bu çalışmada alınan radar görüntülerine Lee ve Gamma filtreleme işlemleri uygulanmıştır. Araştırmada kullanılan, geo-rektifikasyonu ve görüntü kirliliği giderimi işlemi yapılmış radar görüntülerinde, toprak nem örnekleme noktalarına ait koordinat bilgileri o döneme ait görüntüler üzerine girilerek, ilgili noktalardaki gerisaçılım (backscatter) değerleri belirlenmiştir. Deneme alanındaki 250 m nem örnekleme noktalarının gerisaçılım değerleri, sigmanought dönüşümleri yapıldıktan sonra belirlenmiştir. Bu amaçla nem örnekleme noktaları çevresine 33 m’lik bir tampon hattı oluşturulmuştur, oluşan alan içerisindeki merkez piksel ve çevresindeki pikselin ortalama değeri gerisaçılım değeri olarak kabul edilmiştir. Bu işlemin yapılması için PCI-Geomatics ve Nest DAT 5.0.16 yazılımları kullanılmıştır. Wang (1980), radar gerisaçılım katsayısı (backscatter) ile toprak nemi arasında bir ilişki olduğunu saptamıştır.

Radar yansımaları gerisaçılım şeklinde olup lokal geliş açısına bağlı olan sigmanought (σ^0) değerleri ile ifade edilmektedir. “Sigmanought “ değeri, ortalama gerisaçılım (backscatter) değerinin alım açısına oranlanması ile elde edilir. Sigmanought değeri aynı zamanda saçılma katsayısı olarak da ifade edilmektedir. Sigmanought (σ^0) değerinin büyüklüğü hedefin/objenin fiziksel ve elektriksel özelliklerine, SAR sisteminin dalga boyu ve polarizasyonuna ve alım açısına bağlıdır. Alım açısı ise her noktadan yüzeyin lokal eğimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Aşağıda sunulan eşitlik SAR görüntülerinde her bir piksele ait gerisaçılım değerlerinin sigmanought değerlerine dönüşümünü göstermektedir (Eşitlik 3 ve 4).

$$\beta^0 = 10 \log_{10} \left[\frac{(DN2 + A3)}{A2} \right] \quad (3)$$

$$\sigma^0 = \beta^0 + 10 \log_{10} (\sin I) \quad (4)$$

Eşitlikte; β^0 : betanought değerleri, σ^0 : sigmanought değerleri, DN2: SAR görüntülerinin her bir pikseline ait sayısal değerleri; A3: Radyometrik kayıttan olan öteleme; A2: Görüntünün ekrandaki (Look Up Table = LUT) değerlerini ifade etmektedir.

Araştırmada 4 farklı tarihte alınan Radarsat2 görüntüleri için sigmanought dönüşümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler ile toprak nem miktarı arasındaki ilişki incelenmiştir. Değerlendirme sırasında radardan elde edilen gerisaçılım ve nem değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri de hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar toprak nem örnekleme sonuçları, radar ile ilgili görüntü analizleri ve radar- toprak nem ilişkisi (gerisaçılım değerleri-toprak nemi) olmak üzere 2 başlık altında toplanmaktadır.

3.1. Toprak Nem Örneklemesi

Deneme alanından dört farklı dönem olarak (Aralık 2011, Nisan 2012, Ağustos 2012 ve Aralık 2012 olmak üzere) alınan toprak örneklerinin nem içerikleri su kalınlığı cinsinden (mm) değerlerine ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 2’de sunulmuştur.

En düşük nem ortalaması 1,56 mm ile Ağustos 2012 toprak nem örneklemeinde, en yüksek nem ortalaması 2,26 mm ile Nisan 2012 toprak nem örneklemeinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, en küçük ve en büyük nem değişimlerinin en fazla olduğu, standart sapmanın en yüksek olduğu ay ise Nisan ayıdır. En düşük nem değeri ise Ağustos 2012 toprak nem örneklemeinde belirlenmiştir. Wilding (1985)’e göre değişkenlik katsayısı %15 den az olanlar düşük, %15-35 arası olanlar orta ve %35 den fazla olanlar ise değişkenliği yüksek olarak değerlendirilmektedir. Buna göre deneme alanındaki dört farklı dönemde alınan yüzey toprak nem değişimlerindeki değişkenlik katsayısı %35 den fazla olması nedeniyle yüksek değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Buna paralel olarak dört nem örnekleme

döneminde de çarpıklık değerinin 0 altında olması basık (-) dağılımlar elde edilmiştir. nedeniyle sola çarpık ve normal dağılıma göre daha

Çizelge 2. Su kalınlığı cinsinden (mm) toprakta nem örneklemelerinin tanımlayıcı istatistikleri
Table 2. Descriptive statistics of soil moisture samples in terms of water depth

Tarihler	Ort.	Std. S.	EDD	EYD	DK (%)	Çarpıklık*	Basıklık
01.12.11	1,83	66,3	0,397	4,05	36,2	-0,31	-0,05
01.04.12	2,26	85,8	0,334	4,296	37,9	-0,62	-0,63
01.08.12	1,56	81,7	0,073	3,215	52,3	-0,06	-1,12
01.12.12	1,93	79,0	0,322	3,789	40,9	-0,2	-1

Std S: Standart Sapma; EDD: En düşük değer; EYD: En yüksek değer; DK: Değişkenlik Katysayısı

*Çarpıklık $< |\pm 0.5|$ = Normal Dağılım, 0.5-1.0 = Veri setine karekök dönüşümü uygulanır. $\text{ÇK} > 1.0 \rightarrow$ Logaritma dönüşümü uygulanır.

Çizelge 3. Toprak nem örneklemelerine ait jeostatistik variogram parametreleri
Table 3. Geostatistical variogram parameters of soil moisture samples

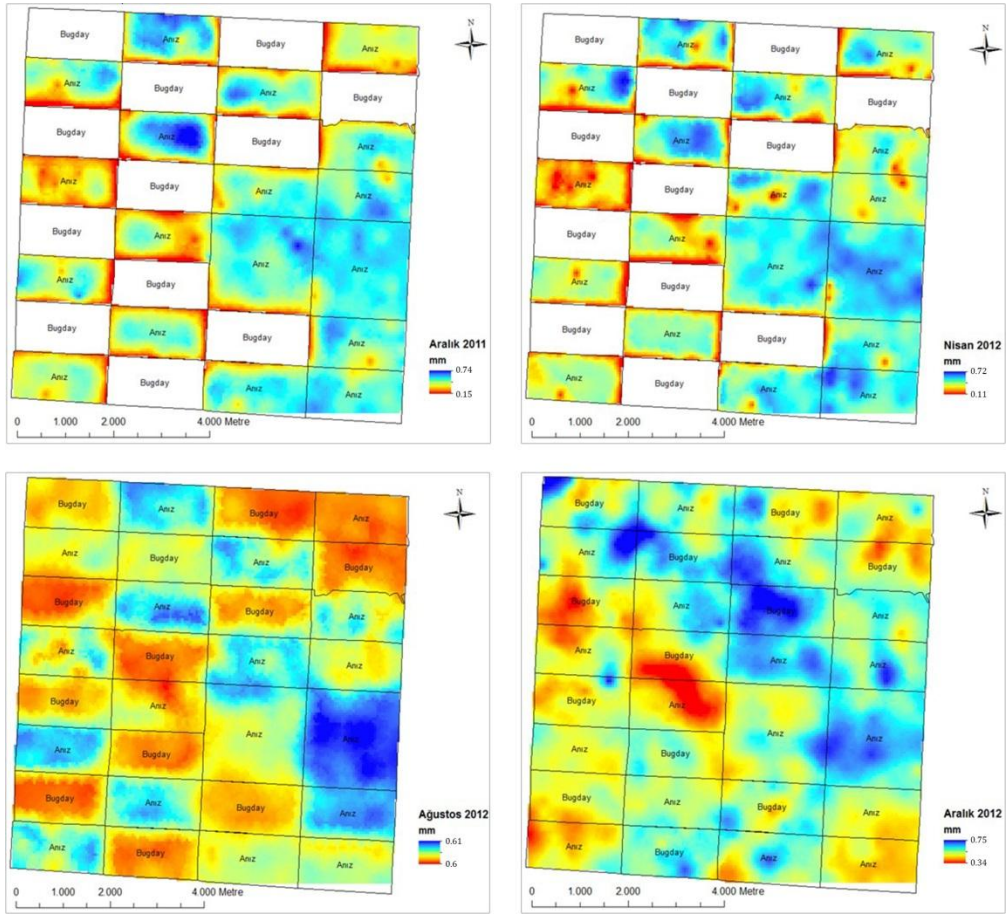
Tarihler	Model	Co	Co+C	A
Aralık 2011	Üstel.	41,7	83,41	954
Nisan 2012	Üstel	14,8	68,91	1140
Ağustos 2012	Üstel	71,6	195,5	1513
Aralık 2012	Üstel.	33,1	87,66	1764

Co: kontrolsüz etki varyansı; Co+C: tepe varyansı; A: etki aralığı (m)

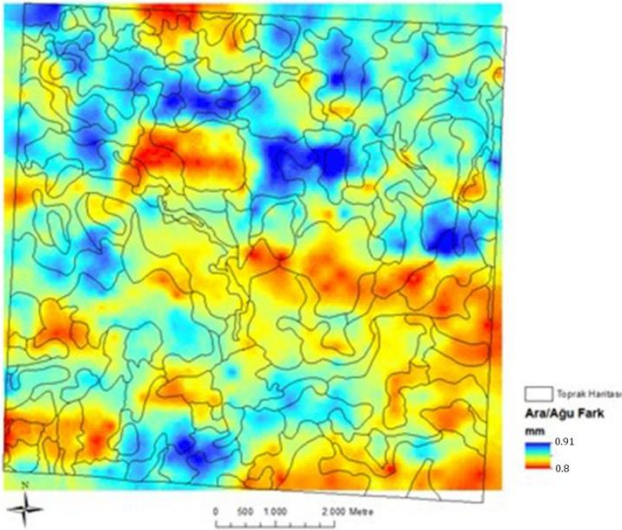
Deneme alanı nem değerlerinin dağılımları variogram parametreleri kullanılarak CBS yazılımı kullanılarak haritalanmış ve Şekil 3'te sunulmuştur.

Şekil 3'ten de görüldüğü gibi ekili parsellerdeki nem değerleri nadas parsellerine göre daha düşük nem değerleri göstermiştir. Benzer şekilde, Bayramin ve ark. (2013), Altınova Tarım İşletmesi'nde 1 km aralıklar ile ekili ve nadas alanlarında farklı derinliklerde yaptıkları toprak nem örnekleme sonuçlarına göre işletme genelinde kurak iklim koşullarına sahip olan bu bölgede nadas sistemi bitki gelişimine olumlu etki yaparak katkı sağladığını bildirmişlerdir. Buna ilaveten, nem değişim haritalarının sınırları ile toprak derinliği arasında bir uyum olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada toprak derinliğinin daha fazla olduğu alanlarda (Altınova, Kollar Köyü, Hacıfakılı, İmamoğlu ve Çatalca serilerinin bulunduğu alanlar) elden edilen nem değerlerinin, toprak derinliğinin sığ olduğu alanlardan (Başkuyu, Kap

ve Odabaşı serilerinin olduğu alanlar) daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir deyişle, toprak nemi ile araştırma alanı toprak haritası birlikte değerlendirildiğinde toprak haritalama birimleri ile örtüşen alanlar olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bazı alanlarda uyumsuzluklar gözlemlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemlere dayanarak, uyumsuzluk gösteren bu alanların işletme yönetiminden kaynaklı olduğu, bazı alanlarda anız bozmanın çok geç yapılması nedeniyle, toprak neminin kaybının olduğu, toprak katmanının derin olmasına rağmen bu alanlarda daha az su depolandığı görülmüştür. Nisan - Ağustos 2012 tarihlerinde yapılan çalışma verileri alınarak yapılan nem değişim sınırları ile toprak haritalama birimleri arasında uyumluluk gözlenmiş ve Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 3. Deneme alanındaki toprak nem dağılımları
Figure 3. The distribution of soil moisture in the study area



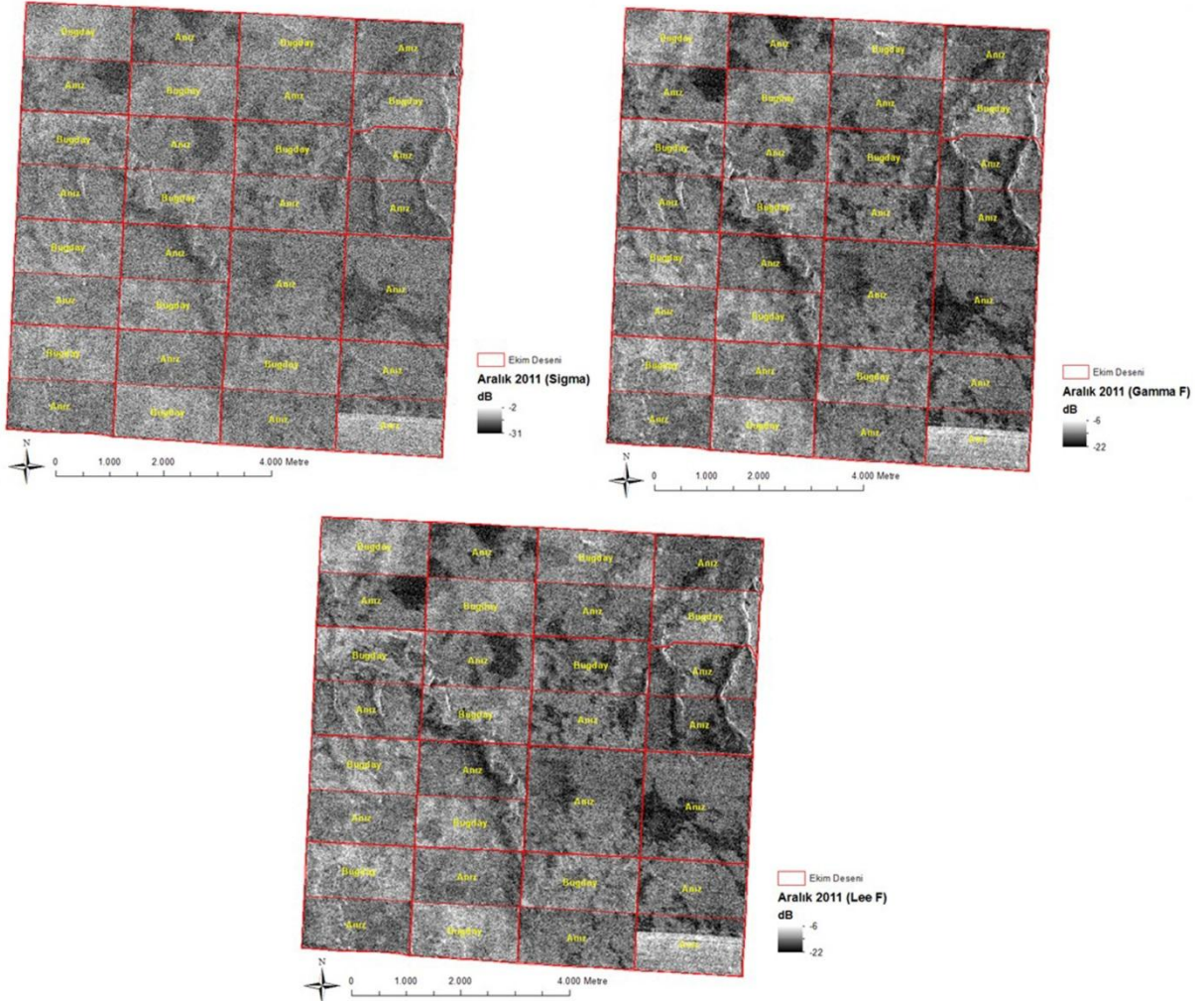
Şekil 4. 2012 Nisan - Ağustos toprak nem yüzeyleri ile yapılan değişim analizleri ile toprak haritalama birimlerinin gösterimi
Figure 4. Demonstration of variation analyses on soil moisture surfaces and soil mapping units in April/August 2012

3.1 Radar İle İlgili Görüntü Analizleri ve Gerisaçılım Değerleri ile Toprak Nemi İlişkileri

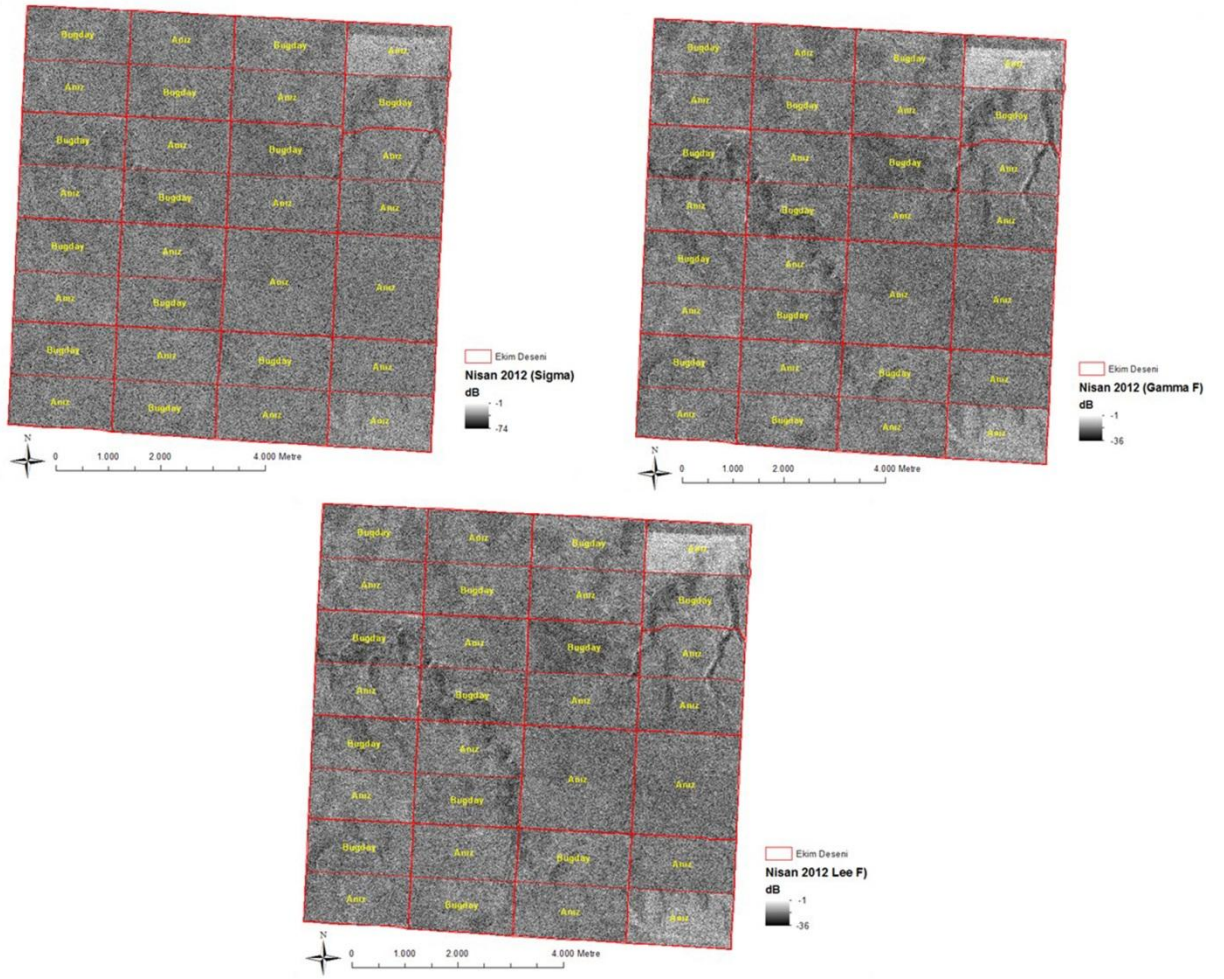
Altınova Tarım İşletmesi arazilerinde seçilen deneme alanına ait dört farklı zamanda siparişli çekilen radar görüntülerinde yöntem kısmında belirtildiği şekilde geo-rektifikasyon ve görüntü kirliliği analizleri yapılmıştır (Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8). Görüntü kirliliği analizi ile elde edilen görüntülerde (Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8) orjinal sigma görüntülerine filtre uygulamaları ile orjinal gerisaçılım değerlerinde herhangi bir değişikliğe yol açmamakla birlikte detay ayrımlarını görsel açıdan zenginleştirilme yoluna gidilmiştir. Deneme alanına ait elde edilen zenginleştirilmiş görüntülerde siyah, beyaz ve gri tonları, doku (texture) ve desen (pattern) özellikleri yorumlanabilmektedir. Bu renk tonları, yüzeyin nem durumu ile ilgili bilgi vermektedir. Diğer bir ifadeyle; deneme alanından alınan radar görüntülerindeki gri ton değerleri, yollanan enerjinin miktarına ve bu enerjinin yüzeyden gerisaçılımına bağlı olarak değişir (Narayanan ve Hirsave, 2001; Baghdadi ve ark., 2006). Yüzeyin nem içeriği arttıkça (kış ayları radar görüntüsü ve/veya yağışlı dönemlerde alınan görüntülerde, Şekil 5, Şekil 6,

Şekil 8) yansımanın olması nedeniyle zayıf bir gerisaçılım olacak ve bu bölgelerden koyu bir görüntü elde edilmiştir. Yüzeyin nem içeriğinin daha az olduğu (yaz aylarında, Şekil 7) dönemlerde alınan radar görüntüsünde ise daha açık bir görüntü elde edilmiştir. Radar sistemi ile görüntü alınacak yüzey arasındaki etkileşim radar sisteminin (frekans, polarizasyon, alım açısı) ve yer yüzeyinin (arazi örtüsü, topografya ve rölyef vb) özelliklerini de içine alan birçok parametreye bağlıdır. Deneme alanından elde edilen görüntülerdeki gri renk tonları bu değişkenlerin birleşiminin bir sonucudur, dolayısıyla tüm bileşenlerin tek tek etkisini belirlemek çok güçtür. Radar görüntülerindeki gri ton değerlerinin belirlenmesinde nem değerinden sonra en etkili parametre yüzey pürüzlülüğüdür (Sano ve ark., 1998; Shao ve ark., 2003). Yüzeye ait yükseklik değişiklikleri radar dalga boyundan küçük ise o yüzey pürüzsüz olarak algılanırken, yükseklik değişiklikleri dalga boyuna ulaştığında yüzey pürüzlü olarak algılanmaktadır. Yükseklik değişiklikleri cm bazında

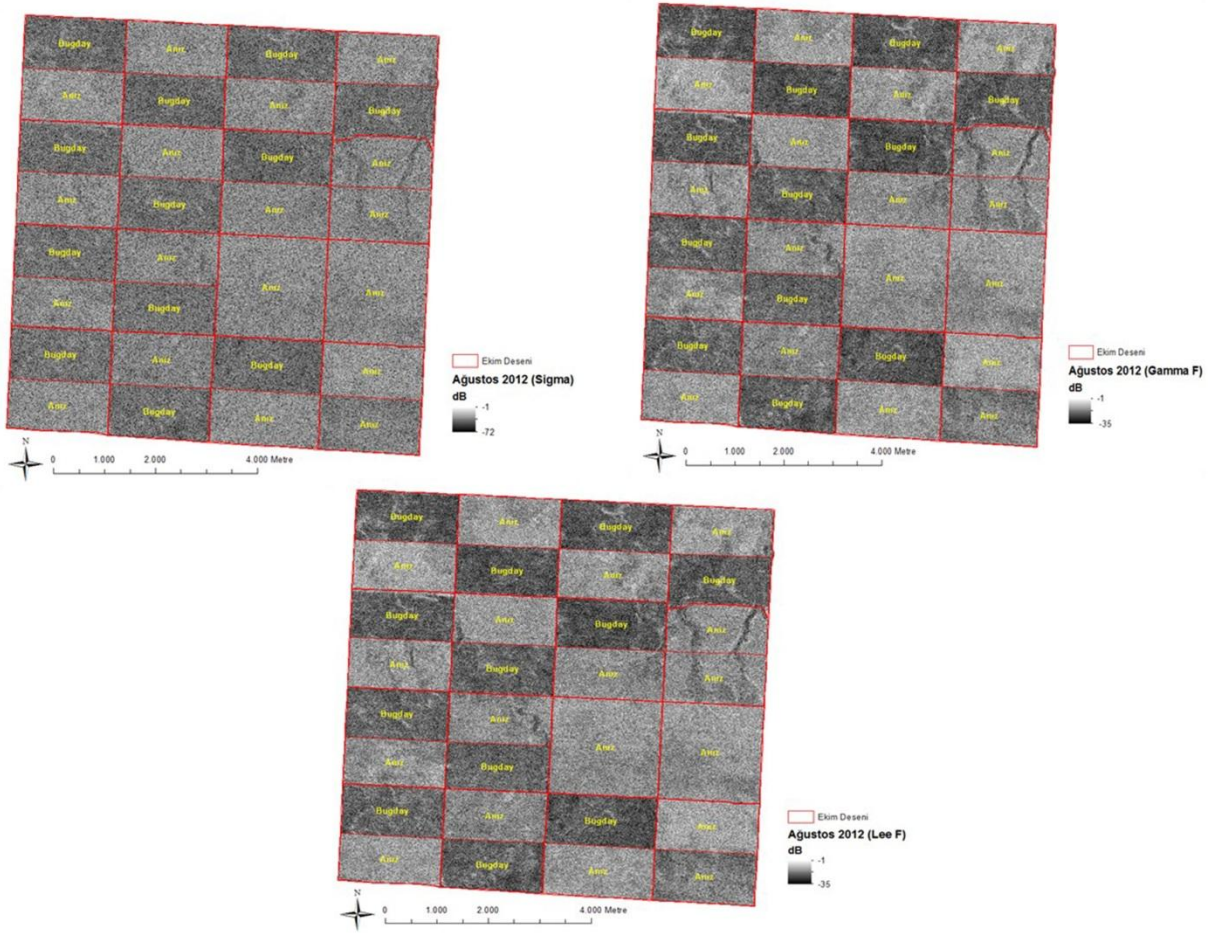
ölçülmektedir. Pürüzlü yüzeyde gelen enerjiyi saçılmadan yansıtırlar ve gönderilen enerjinin küçük bir miktarı algılayıcıya dönmektedir. Yani pürüzsüz yüzeyler radar görüntülerinde koyu renk görünmesine neden olurken, pürüzlü yüzeyler gelen enerjiyi eşit miktarda saçmaları sonucunda daha açık tonlarda görünmektedirler (Dobson ve ark., 1985; Dubois ve ark., 1995; McNaim ve ark., 2010) . Deneme alanından elde edilen görüntülerde nadasa bırakılan arazilerde suyun toprakta depolanması için yapılan birleme, ikileme ve üçleme olmak üzere yapılan sürme işlemleri sonucu parsellerde yüzey pürüzlülüğün artmasına ve dolayısıyla daha açık renkler elde edilmesine neden olmuştur (Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8). Bununla birlikte aynı deneme alınan radar görüntülerinde ise sözkonusu parsellerde suyun depolanmasına bağlı olarak nem miktarı artmakta ve daha koyu bir görüntü alınmasına neden olmuştur.



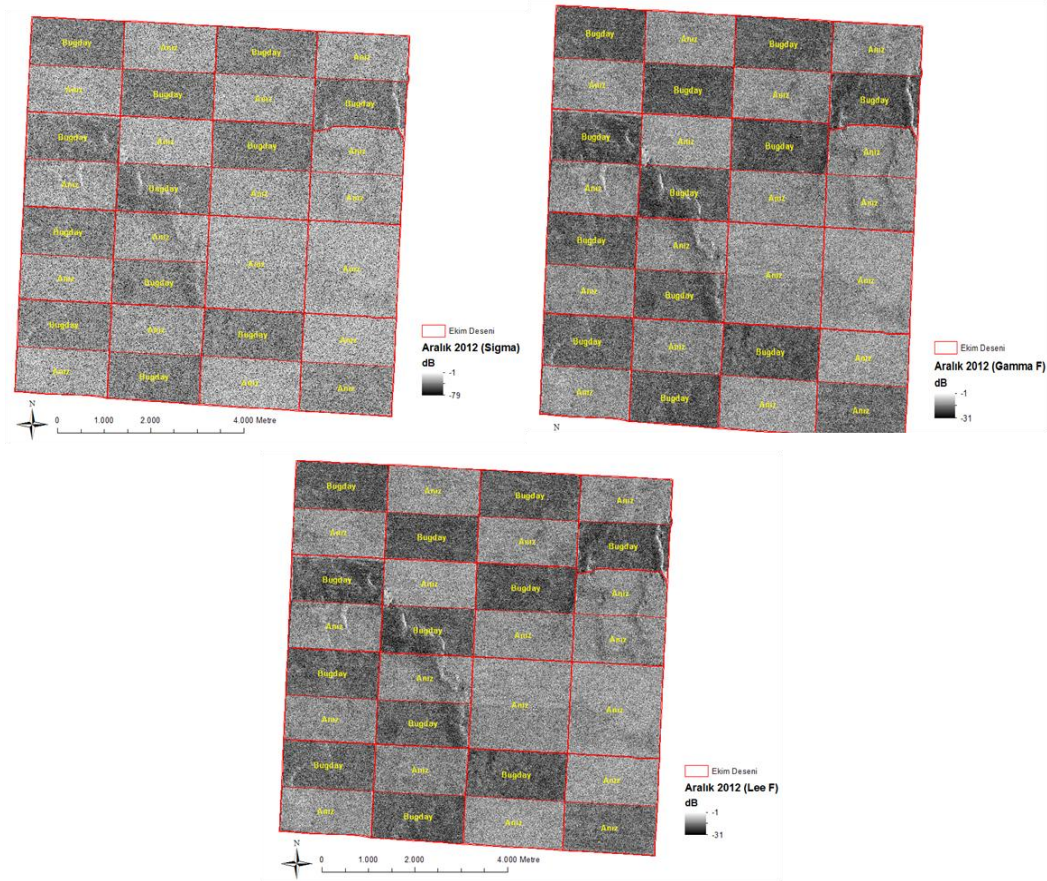
Şekil 5. Aralık 2011 tarihinde alınan radar görüntüsünün geo-rectifikasyon ve filtreleme sonrası görünümüleri
Figure 5. Georectification and post-filtration images of the radar display taken on 5 December 2011



Şekil 6. Nisan 2012 tarihinde alınan radar görüntüsünün georektifikasyon ve filtreleme sonrası görünümüleri
Figure 6. Georectification and post-filtration images of the radar display taken on 6 April 2012



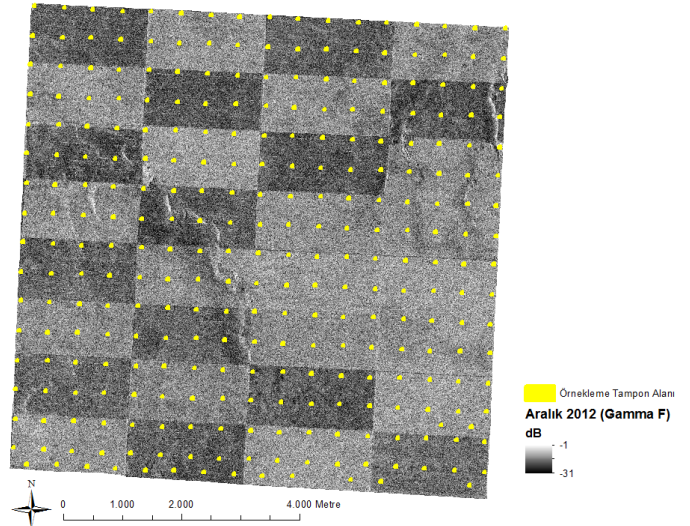
Şekil 7. Ağustos 2012 tarihinde alınan radar görüntüsünün georektifikasyon ve filtreleme sonrası görünümleri
Figure 7. Georectification and post-filtration images of the radar display taken on 7 August 2012



Şekil 8. Aralık 2012 tarihinde alınan radar görüntüsünün georektifikasyon ve filtreleme sonrası görünümleri
 Figure 8. Georectification and post-filtration images of the radar display taken on 8 December 2012

Toprak neminin dielektrik katsayısı mikrodalga enerjinin yansımını (gerisaçılımı) etkileyen en önemli faktörlerden olduğu birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Eliason ve McEwev, 1990; Huangg ve Genderen, 1996). Bu çalışmada yüzey toprak nem değişim haritaları dört farklı dönem için elde edilmiş ve aynı dönemlere ilişkin radar görüntüsünden gerisaçılım değerleri üretilmiştir. ARCMAP 10.4 CBS yazılımı kullanılarak toprak nem ölçüm noktaları çevresinde 33 m'lik tampon alanlar oluşturularak (Şekil 9) bu alanlardaki gerisaçılım değerlerinin ağırlıklı ortalaması hesaplanarak (Esetli, 2008) toprak nem değerleri ile arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Aralık 2011 tarihli Radarsat-2 uydü görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri ile toprak nem değerleri arasında negatif yönde ve istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki belirlenmiştir ($r = -0,166$, $p < 0,05$) (Şekil 10, Çizelge 4). Bununla birlikte, radar görüntülerinde, yüzey pürüzlülüğü, bitki örtüsü ve toprak nemliliği ile ilgili olan yansıma bileşenleri ayırmak oldukça güçtür. Ancak kısa süreli izlemelerde pürüzlülüğün neden olduğu değişiklik nem değışiklik etkisiyle ile kıyaslandığında ihmal edildiğini bilinmektedir (FAO 1993; Esetli 2009).



Şekil 9. Radarsat2 görüntüleri ile toprak nem yüzeyleri ilişkilendirmek için seçilen 999 m²'lik (33 x 33 m) tampon alanları

Figure 9. 999 m² (33 x 33 m) buffer zones chosen to associate Radarsat-2 images and soil moisture surfaces

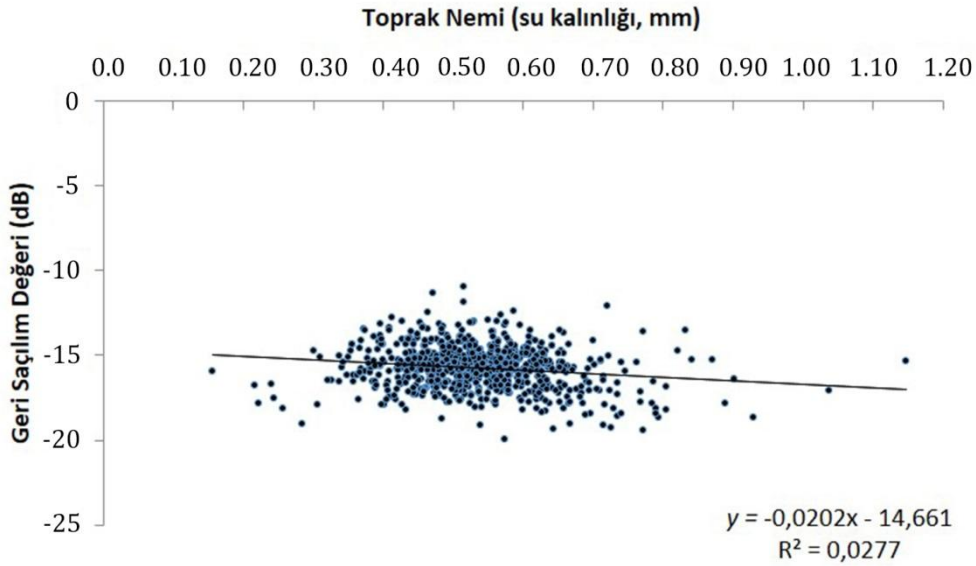
Elde edilen sonuçlar, toprak neminin daha fazla olduğu dönemlerde radardan elde edilen gerisaçılıma nemin daha etkili olduğunu göstermektedir. Wang ve ark. (2004) yarıkurak alanlarda radar görüntüleri gersaçılma değerleri ile nem değerleri arasında ilişki bulmak için San Pedro Nehir havzasında yürüttükleri çalışmalarında toprak nem düzeyinin % 10'dan fazla olduğu durumlarda negatif ilişkinin olduğunu, bununla birlikte %10'dan daha az nem içeriğine sahip olduğu

durumlarda pozitif bir ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir. Verhoest ve ark. (1998) kış döneminde bitki gelişiminin çok az olması veya olmaması çok zamanlı olarak alınan radar görüntülerinden elde edilen gerisaçılımların toprak nemi ve yüzeyin drenaj koşulları ile ilişkili olduğunu, ancak ilişkinin yanı sıra yüzey pürüzlülüğünün de önemli bir faktör olduğunu vurgulamışlardır.

Çizelge 4. Toprak nem değerleri ile Aralık 2011 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistik verileri

Table 4. Descriptive statisticals of soil moisture values and sigmanought values of Radarsat-2 image dated December 2011

Toprak Nemi (mm, su kalınlığı)		Geri saçılım (dB)	
Örnek sayısı	730	Örnek sayısı	730
Ortalama	0,535	Ortalama	-15,74
En düşük	0,15	En düşük	-19,99
En yüksek	1,14	En yüksek	-10,95
Ortanca değer	0,52	Ortanca değer	-15,67
Standart sapma	10,47	Standart sapma	1,27
Değişim Katsayısı	19,58	Değişim Katsayısı	-8,09
Basıklık	2,89	Basıklık	0,47
Çarpıklık	0,65	Çarpıklık	-0,02



Şekil 10. Toprak nem değerleri ile Aralık 2011 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

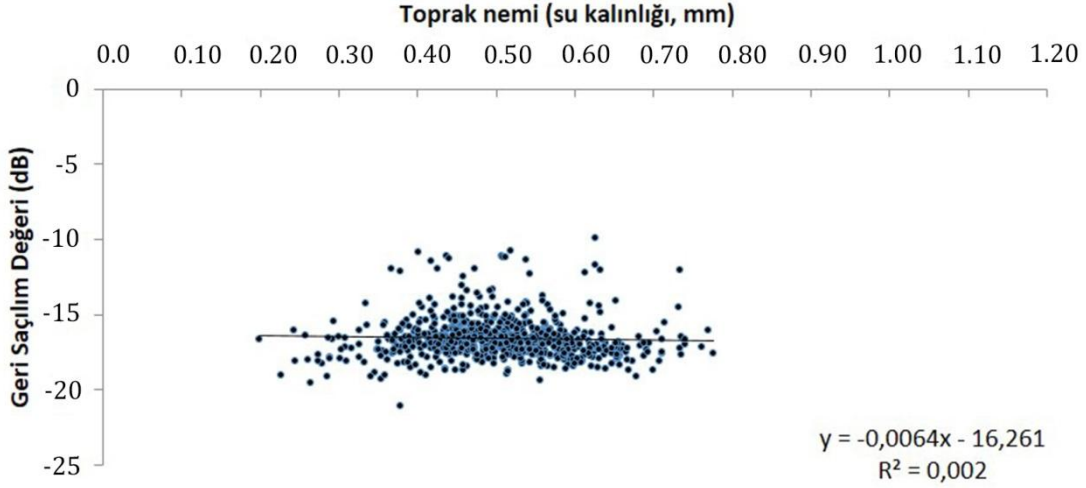
Figure 10. Statistical relationship between soil moisture values and sigma nought data of Radarsat-2 image dated December 2011

Nisan 2012 tarihli Radarsat-2 uydu görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri ile toprak nem değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki belirlenmemiştir (Şekil 11, Çizelge 5). Nisan

ayında ekili alanlardaki buğday çıkışına (bitki örtüsüne) bağlı olarak nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında ilişki bulunamadığı düşünülmektedir. Moran ve ark. (2000), kurak iklim koşullarında yaptıkları

çalışmada Radarsat1, ERS-2 ve Landsat-5 optik uydu görüntüleri kullanmışlardır. Çalışmada SAR gerisaçılımının uydu alıcılarının görüntüyü aldıkları açı (θ) ile doğrudan ilişkili olduğunu, bununla birlikte bitki yoğunluğundan, topoğrafik özelliklerden ve

mikrorölyefden de etkilendiğini bildirmişlerdir. Deneme alanındaki bitki çıkışları gerisaçılım değerleri ile nem değerleri arasındaki ilişkiyi daha karmaşık hale getirmiştir.



Şekil 11. Toprak nem değerleri ile Nisan 2012 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

Figure 11. Statistical relationship between soil moisture values and sigma nought data of Radarsat-2 image dated April 2012

Çizelge 5. Toprak nemi ile Nisan 2012 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistikleri
Table 5. Descriptive statistical of soil moisture and sigmanought values of Radarsat-2 image dated April 2012

Toprak Nemi (mm, su kalınlığı)		Geri saçılım (dB)	
Örnek sayısı	729	Örnek sayısı	729
Ortalama	50,55	Ortalama	-16,58
En düşük	19,82	En düşük	-21,03
En yüksek	77,62	En yüksek	-9,88
Ortanca değer	50,62	Ortanca değer	-16,75
Standart sapma	9,24	Standart sapma	1,34
Değişim Katsayısı	18,29	Değişim Katsayısı	-8,09
Basıklık	0,35	Basıklık	4,43
Çarpıklık	-0,07	Çarpıklık	1,52

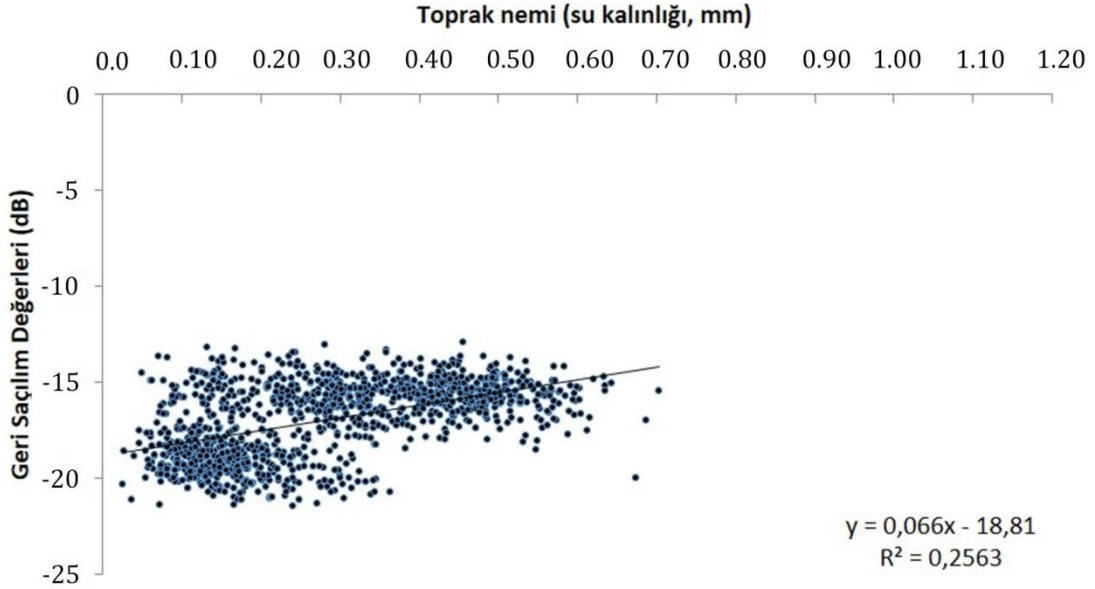
Ağustos 2012 tarihli Radarsat-2 uydu görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri ile toprak nem değerleri arasında pozitif yönde ve istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki belirlenmiştir ($r=0,506$, $p<0,05$) (Şekil 12, Çizelge 6). Toprak neminin az olduğu ve bitki örtüsünün olmaması nedeniyle toprak nemi ve gerisaçılım değerleri arasında ilişki diğer aylara göre daha iyi sonuç vermiştir. Wang ve ark. (2003), ERS-2 ve Landsat-TM uydu görüntüsü kullanarak, yarı kurak alanda yürüttükleri çalışmada, radarın gerisaçılım değerlerinin kuru toprak şartlarında pozitif, ancak toprak neminin yüksek olduğu zamanlarda negatif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da

toprak neminin ($<10\%$) en az olduğu örnekleme döneminde nem ile radarın gerisaçılım değerleri arasındaki ilişki pozitif ve önemli bulunmuştur. Toprak neminin $\%10$ 'un altına düştüğünde radar görüntülerinden elde edilen gerisaçılım ile toprak nemi arasındaki ilişki daha belirgin hale gelmektedir. Özellikle kurak dönemlerde radar görüntüleri nem izlemede etkinliği artırmaktadır.

Aralık 2012 tarihli Radarsat-2 uydu görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri ile toprak nem değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki belirlenmemiştir (Şekil 13, Çizelge 7).

Cuizhen ve ark. (2004) ERS-2 radar görüntüsü ve Landsat TM uydu görüntülerini kullanarak yarı kurak alanlarda toprak nemi belirlemeye çalışmışlardır. Hem radar hem de optik görüntüleri bir arada kullanarak analitik ve sayısal görüntü birleştirme tekniklerinden görüntü birleştirmeyi (image fusion) kullanarak toprak nemi ile radar görüntüsü arasında daha iyi bir ilişki

bulduklarını bildirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veriler ışığında, radar görüntülerinin tek başına toprak nem izleme çalışmalarında kullanılması yerine, eş zamanlı olarak optik görüntüler ile izlenmesinin daha güvenilir sonuçlar verebileceğini ortaya koymuştur.



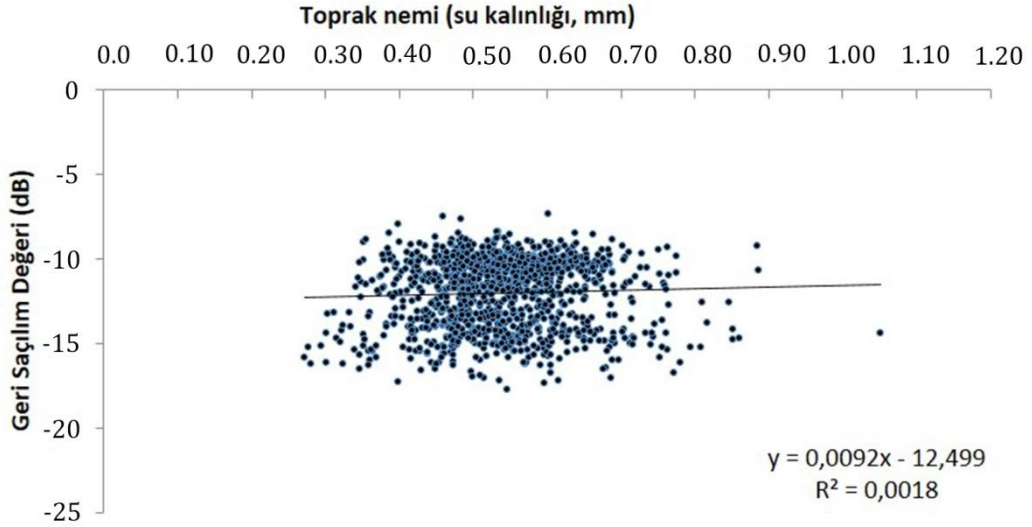
Şekil 12. Toprak nem değerleri ile Ağustos 2012 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

Figure 12. Statistical relationship between soil moisture and sigma nought data of Radarsat-2 image dated August 2012

Çizelge 6. Toprak nemi ile Ağustos 2012 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistik verileri

Table 6. Descriptive statistical data of soil moisture and sima nought values of Radarsat-2 image dated August 2012

Toprak Nemi (mm, su kalınlık)		Geri saçılım (dB)	
Örnek sayısı	1165	Örnek sayısı	1165
Ortalama	0,266	Ortalama	-16,92
En düşük	0,026	En düşük	-21,44
En yüksek	0,701	En yüksek	-12,94
Ortanca değer	0,269	Ortanca değer	-16,41
Standart sapma	14,78	Standart sapma	1,92
Değişim Katsayısı	51,92	Değişim Katsayısı	-11,39
Basıklık	-0,93	Basıklık	-1,01
Çarpıklık	0,38	Çarpıklık	-0,35



Şekil 13. Toprak nem değerleri ile Aralık 2012 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

Figure 13. Statistical relationship between soil moisture and sigmanought data of Radarsat-2 image dated December 2012

Çizelge 7. Toprak nemi ile Aralık 2012 tarihli Radarsat-2 görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Table 7. Descriptive statistical of soil moisture and sigmanought values of Radarsat-2 image dated December 2012

Toprak Nemi (mm, su kalınlık)		Geri saçılım (dB)	
Örnek sayısı	1165	Örnek sayısı	1165
Ortalama	0,539	Ortalama	-12,00
En düşük	0,272	En düşük	-17,76
En yüksek	1,052	En yüksek	-7,33
Ortanca değer	0,534	Ortanca değer	-11,46
Standart sapma	9,45	Standart sapma	2,07
Değişim Katsayısı	17,53	Değişim Katsayısı	-17,26
Basıklık	1,09	Basıklık	-0,87
Çarpıklık	0,40	Çarpıklık	-0,45

4. Sonuç

Toprak neminin zamansal ve mekânsal değişimi, özellikle toprağın bulunduğu topoğrafik koşullar (eğim ve eğimin şekli; konkav-iç bükey, konveks-dış bükey veya linear-doğrusal ve bunların kombinasyonlarından oluşan eğim bileşenleri), iç drenaj, üzerindeki bitki örtüsü, toprak derinliği, tekstür, kil tipi, mineralojik bileşim, kimyasal bileşim, tekstür, geçirgenlik gibi özelliklere ve insanların arazi kullanımlarındaki farklılıklara göre ortaya çıkar. Bu özellikler arasında, özellikle toprak kalınlığı (etkili toprak derinliği) toprakta suyun depolanması açısından, büyük önem arz etmektedir.

Altınova Tarım İşletmesi arazisinde yürütülen bu çalışmada, yarı kurak iklim bölgelerinde toprak nem izleme çalışmalarında Radarsat-2 verilerinin kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla 2011 Aralık, 2012 Nisan, Ağustos ve Aralık olmak üzere 4 farklı tarihli Radarsat-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak deneme alanı içerisinde toprak nem örnekleme yapılmıştır. Çalışmada 250 m aralıkla yapılan toprak nem örnekleme sonuçlarının Radarsat-2 verileri ile ilişkilendirilmesinde en iyi sonuçların toprakların en az nem düzeyine sahip olduğu Ağustos verilerinde görülmüştür. Diğer bir deyişle, radar görüntülerinde renk tonu bilgisi (gri skala) ortamdaki hedef nesnelerin pürüzlülüğü, yüksekliği, dalga boyu, geliş açısı ve polarizasyon gibi parametrelere bağlıdır. Radar görüntüsü ile toprak nemi çalışması yürütülürken

C bant ve düşük açılı görüntülerin alınmasının daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Radar görüntülerinde geri saçılımın az olması koyu renkli yani gri skalanın yaklaşık siyah aralığında görüntü oluşmasına neden olurken, yüksek gerisaçılımlar açık tonlu, yani gri skalanın beyaza yakın aralığında görüntü oluşturur. Bu nedenle radar verileri ile benzer çalışmaların yürütülmesinde diğer optik görüntüler (Landsat multispectral vs.) ile çalışmanın desteklenmesi büyük önem arz etmektedir. Ek olarak, işletmede yapılan toprak nem izleme çalışmalarının "Su Yılı" başlangıcında Ekim ayında başlatılması ve nadas sistemi nedeniyle en az iki yıl boyunca izlenmesi, hatta toprak nem izleme çalışmasının ürün hasadının yapılmasından sonra hemen başlatılarak 30 ay kadar süreyle yürütülmesi, ekim deseni, toprak özelliklerinin dikkate alınarak, nadas bozma, birleme, ikileme, üçleme gibi tüm faktörler dikkate alınarak, değerlendirilmesinin daha iyi sonuçlar verebileceğini göstermiştir.

Araştırma sonuçları radar görüntülerinin tek başına toprak nem değişiminin izlenmesi çalışmalarında kullanılmasının riskler taşıyabileceği, radar verilerinin diğer verilerle (optik görüntü) beraber kullanılmasının yararlı olabileceği (eş zamanlı uydu görüntüleri ile image fusion) düşünülmektedir. Günümüzde farklı çalışma prensipleri ve özelliklerinden dolayı, Radar veya SAR uydu verileri havza bazında yapılan hidrolojik döngülerin tanımlanmasında, toprak suyunun izlenmesinde, bitki örtüsü değişimlerinin izlenmesinde, ürün rekolte tahminlerinde ve bitki su tüketim çalışmalarında başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenlerle bu araştırma çerçevesinde, Radar/SAR verileriyle toprak nem değişimlerinin zamansal ve konumsal olarak izlenerek, bu değişimlerin toprak özellikleri (toprak serisi haritalama sınırları) ile ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılabilirliği önem arz etmektedir. Ayrıca radar görüntülerinden elde edilen gerisaçılım değerleri arasında toprak nemine etki eden toprak parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi yararlı olacaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışmada TÜBİTAK tarafından desteklenen 1100729 nolu proje kapsamında elde edilen veriler kullanılmıştır. TÜBİTAK'a ve proje ekibine katkılarından dolayı teşekkür ederim

Kaynaklar

- Alexander, L., Ralf L., Wolfram, M., 2006. Deviation of surface soil moisture from ENNISAT ASAR wide swath and image mode Data in agricultural area, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 44 (4): 889-99.
- Alvarez-Mazos, J., Casali, J., Gonzalez-Audicana, M., Verhoest, N. E. C., 2005. "Correlation between ground measured soil moisture and RADARSAT-1 derived backscattering coefficient over an agricultural catchments of Navvare (North of Spain). Biosystems Engineering 92: 119-133.
- Anonim, 2019. <http://www.tigem.gov.tr/>.
- Baghdadi, N., King, C., Chanzy, A., Wigneron, J. P., 2002. An empirical calibration of the integral equation model based on SAR Data, soil moisture and surface roughness measured over bare soils. International Journal of Remote Sensing 23: 4325-4340.
- Baghdadi, N., Holah, N., Zribi, M., 2006. Soil moisture estimation using multi-incident and multi-polarization ASAR data. Int. J. Remote Sens., 27 (10): 1907-20.
- Bayramin, İ., Kılıç, Ş., Dengiz, O., Başkan, O., Tunçay, T., Yıldırım, A., Koç, A., Ögütmen, Ç., 2013. Radar görüntülerinin toprak etüt ve haritalama çalışmalarında kullanımı. TÜBİTAK TOVAG 110 O 729 nolu TOVAG Projesi Sonuç Raporu.
- Beaudoin, A., Le Toan, T., Gwyn, Q. H. J., 1990. SAR observations and modeling of the C-Band backscatter variability due to the multiscale geometry and soil moisture. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 28: 886-895.
- Boisvert, J. B., Gwyn, Q.H., Chanzy, A., Major, D. J., Brisco, B., Brown, R. J., 1997. Effects of soil moisture gradients on modeling radar backscattering from bare soils. International Journal of Remote Sensing 18: 153-170.
- Chen, J. S., Lin, H., Pei, Z. Y., 2007. Application of ENVISAT ASAR data in mapping rice crop growth in Southern China. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 4 (3): 431-35.
- Cuizhen, W., Qi, J., Moran, S., Robin, M., 2004. Soil moisture estimation in a semiarid rangeland using ERS-2 and TM imagery. Remote Sensing of Environment 90: 178-189.
- De Lannoy, G.J.M., Verhoest, N.E.C., Houser, P.R., Gish, T.J., van Meirvenne, M., 2006. Spatial and temporal characteristics of soil moisture in an intensively monitored agricultural field (OPE3). Journal of Hydrology 331, 719-730.
- Dubois, P. C., Zyl, J. V., Engman, E. T., 1995. Measuring soil moisture with imaging radars. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 33: 915-926.
- Dobson, M. C., Ulaby, F. T., 1986. Preliminary evaluation of the SIR-B response to soil moisture, surface roughness, and crop canopy cover. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 24: 517-526.
- Eliason, E.M., McEwen, A.S., 1990. Adaptive box filters for removal of random noise from digital images. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 56, no. 4: 453, 1990.
- Esetlili, M. T., 2008. Sentetik açıklıklı radar (mikrodalga) uydu görüntüleri kullanılarak toprak

- özelliklerinin belirlenebilirliği üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Fung, A. K., Chen, K. S., 1992. Backscattering from a randomly rough dielectric surface. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 30(2): 356-69.
- Gish, T.J., Walthall, C.L., Daughtry, C.S.T., Kung, K.J.S., 2005. Using soil moisture and spatial yield patterns to identify subsurface flow pathways. *Journal of Environmental Quality* 34: 274–286.
- Gish, T.J., Prueger, J.H., Daughtry, C.S.T., Kustas, W.P., McKee, L.G., Russ, A.L., Hatfield, J.L., 2011. Comparison of field-scale herbicide runoff and volatilization losses: an eight-year field investigation. *Journal of Environmental Quality* 40, 1432–1442.
- Hegarar-masclé, S.L., Zribi, M., Alem, F., Weisse, A., Loumagne, C., 2000. Soil moisture estimation from ERS/SAR data: toward an operational methodology. *Remote Sensing Environmental*, 72: 290 – 303.
- Huangg, Y. and Genderen, J.L., 1996. Evaluation of several filtering techniques for ERS-1&2 Imagery. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXI Part B2*. Vienna 1996.
- Holah, N., Baghdadi, N., Zribi, M., Brund, A., King, C., 2005. Potential of ASAR/ENVISAT for the characterization of soil surface parameters over bare agricultural fields. *Remote Sens. Environ*, 96 (1): 78–86.
- Jackson, T., Schmugge, J., Engman, E., 1996. Remote sensing applications to hydrology: soil moisture. *Hydrol. Sci. J.* 41: 517–530.
- Kelly, R.E.J., Davie, T.J.A., Atkinson, P. M., 2003. Explaining temporal and spatial variation in soil moisture in a bare field using SAR imagery. *International Journal of Remote Sensing* 24, 3059-3074.
- Kutilek, M., Nielsen, D.R., 1994. *Soil hydrology*. Catena Verlag: Cremlingen-Destedt, Germany.
- Li, Z., 2004. Soil moisture measurement and retrieval using Envisat ASAR imagery. In: *IEEE Geoscience Remote Sensing Proceedings*, 5 (20–24), pp: 3539–42.
- Lin, H.S., Kogelmann, W., Walker C, Bruns, M.A., 2006a. Soil moisture patterns in a forested catchment: a hydrogeological perspective. *Geoderma* 131, 345–368.
- Lin, H.S., Bouma, J., Pachepsky, Y., Western, A.W., Thompson, J.A., van Genuchten, M.T., Vogel, H., Lilly, A., 2006b. Hydrogeology: synergistic integration of pedology and hydrology. *Water Resources Research* 42, W05301.
- Lin, H.S., Zhou, X.B., 2008. Evidence of subsurface preferential flow using soil hydrologic monitoring in the Shale Hills catchment. *European Journal of Soil Science* 59, 34–49.
- Löw, H., Ludwig, R., Mauser, W., 2005. Use of microwave remote sensing data to monitor spatio-temporal characteristics of surface soil moisture at local and regional scales. *Advances in Geosciences* 5, 49-56.
- McNaim, H., Merzouki, A., Pacheco, A., 2010. Estimating surface soil moisture using RADARSAT-2. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan.
- Moran, M.S., Hymer, D.c., Qi, J., Sano, E.E., 2000. Soil moisture evaluation using multi-temporal synthetic aperture radar (SAR) in semiarid rangeland. *Agricultural and Forest Meteorology* (105): 69-90.
- Narayanan, R. M., Hirsave, P. P., 2001. Soil Moisture estimation models using SIR-C SAR data: a case study in New Hampshire, USA. *Remote Sensing of Environment* 75, 385-396.
- Oldak, A., Jackson, T.J., Starks, P., Elliott, R., 2003. Mapping near surface soil moisture on regional scale using ERS-2 SAR data. *International Journal of Remote Sensing* 24: 579-4598.
- Paloscia, S., Pettinato, S., 2008. A Comparison of algorithms for retrieving soil moisture from ENVISAT/SAR images. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 46, No. 10.
- Sano, I. I., Huete, A. R., Troufleau, D., Moran, M. S., Vidal, A., 1998. Relation between ERS-1 synthetic aperture radar data and measurements of surface roughness and moisture content of rocky soils in semiarid rangeland. *Water Resources Researches* 34: 1491-1498.
- Shakil, A. Romshoo, T. O., Katumi, M., 2000. A Multi-polarized and multi- angle C- band radar system for soil moisture determination under bare soil condition. *Asian Association on Remote Sensing, Proceeding ACRS, Section:14, SAR/InSAR*.
- Shao, Y., Hu, Q., Hu, H., Guo, Y., Lu, Q., Dong, Chunming Han., 2003. Effect of dielectric properties of moist salinized soils on backscattering coefficients extracted from RADARSAT image. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, No: 41: 1879–1888.
- Siegert, F., Ruecker, G., 2000. Use of multitemporal ERS-2 SAR images for identification of burned scars in South-East Asian tropical forest. *International Journal of Remote Sensing* 21: 831-837.
- Soil Survey Staff., 2015. *Illustrated guide to Soil Taxonomy*. Version 1.1. U.S. Department of Agriculture. National Resources Conservation Service, Lincoln, Nebraska.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Uehara, G., 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advance in Agronomy*, 38, 65-91.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Wade, M.K., Uehara, G. and Sudjadi, M., 1987. Spatial variation of soil properties and rice yield on recently cleared land. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 668-674.

- Verhoest, N. E. C., Troch, P. A., Paniconi, C., De Troch, F. P., 1998. Mapping basin scale variable sources areas from multi-temporal remotely sensed observations of soil moisture behaviour. *Water Resources Research*, 34 (12), 3235-3244.
- Walker, J.P., Houser, P.R., Willgoose, G.R., 2004. Active microwave remote sensing for soil moisture measurement: a field evaluation using ERS-2. *Hydrol. Process.*, 18: 1975–1997.
- Wang, C., Qi, J., Moran, S., Marsett, R., 2003. Soil moisture estimation in a semiarid rangeland using ERS-2 and TM imagery. *Remote Sensing of Environment* 90: 178-189.
- Wang, C., Qi, J., Moran, S., Marsett, R., 2004. Soil moisture estimation in a semiarid rangeland using ERS-2 and TM imagery. *Remote Sensing of Environment* 90: 178-189.
- Western, A.W., Grayson, R.B., Blöschl, G., Willgoose, G.R., McMahon, T.A., 1999. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to terrain indices. *Water Resources Research* 35, 797–810.
- Western, A.W., Zhou, S.L., Grayson, R.B., McMahon, T.A., Blöschl, G., Wilson, D.J., 2004. Spatial correlation of soil moisture in small catchments and its relationship to dominant spatial hydrological processes. *Journal of Hydrology* 286, 113–134.
- Wilding, L. P., 1985. Spatial variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys: In: *Soil Spatial Variability*. (Eds: Nielsen, D.R and J. Bournaj Pudoc, pp. 166-194, Wageningen, The Netherlands.
- Zribi, M., O. N., Holah N., Fafin, O., Guerin, C. 2005a. Evaluation of rough surface soil description with ASAR-ENVISAT radar data. *Remote Sensing of Environment* 95: 67-76.
- Zribi, M., Baghdadi, N., Holah, N., Fafin, O., 2005b. New methodology for soil surface moisture estimation and its application to ENVISAT-ASAR Multiincidence data inversion. *Remote Sensing of Environment* 96: 485-496.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.590800

Saksıda sümbül (*Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’) yetiştiriciliği üzerine bir araştırma

Fisun Gürsel Çelikel ve Sevim Demir*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: dmrsevm@gmail.com

Geliş/Received 11/07/2019 Kabul/Accepted 07/01/2020

ÖZET

Bu çalışmada *Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidinin saksıda yetiştiriciliğinde topraktan uygulanan ve bir büyümeyi engelleyici olan ethephonun bitki boyu üzerine olan etkileri incelenmiştir. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidine ethephon dikimden sonra bitki boyunun 7-10 cm olduğu dönemde topraktan sulama şeklinde 0, 250, 500 ppm dozlarında (150 ml/saksı) uygulanmıştır. Toprak ıslatma şeklinde uygulanan ethephonun çiçeklenme zamanı, çiçek genişliği, çiçek uzunluğu, çiçek ömrü, bitki boyu ve yaprak boyu ile yaprakların birim alandaki klorofil miktarı üzerine olan etkileri incelenmiştir. Ethephon uygulamasının üretim sonrası (ev-ofis) koşullardaki etkisini belirleyebilmek için, serada yetiştirilen sümbüller satış aşamasına geldiklerinde (sap üzerindeki çiçeklerin %50’sinin açtığı dönem) sıcaklığı 20 °C’de olan laboratuvar ortamına alınıp burada ölçüm ve gözlemlere devam edilmiştir. Toprak ıslatma şeklinde yapılan uygulama sonucunda en kısa bitki boyu 500 ppm ethephon uygulamasından elde edilmiş, bu bitkiler 8.17 cm ile kontrole göre %35 oranında daha kısa olmuştur. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidinde 250 ppm ethephon uygulaması da bitki boyunu kısaltmış (8.88 cm), kontrole göre %29 oranında daha kısa bitki boyu elde edilmiştir. Uygulanan ethephon yaprak boyunu da kısaltmış, çiçek ömrü üzerine ise herhangi bir etki yapmamıştır. Ayrıca ethephon uygulamaları yapraklarda birim alandaki klorofil miktarını arttırmış, kontrolden elde edilen klorofil miktarı 51.49 CCI iken, en yüksek klorofil içeriği 80.92 CCI ile 500 ppm ethephon uygulamasının yapıldığı grupta belirlenmiştir. Ethephon uygulamalarının üretim sonrası koşullardaki etkisi devam ederek, en kısa bitki boyu 12.5 cm ile 500 ppm ethephon uygulamasından elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Bitki Boy kontrolü ,
Ethephon
Sümbül
Toprak ıslatma

A study on growing of hyacinth (*Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’) in pots

ABSTRACT

In this study, effect of ethephon which is a plant growth retardant as soil drench on plant height of *Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’ grown in pots was investigated. Ethephon substrate drenches, 150 ml/pot, consisted of 0, 250 and 500 ppm applied when shoots were 7-10 cm. Effect of ethephon on the flowering time, flower width and length, flower life, plant height, leaf length and chlorophyll content of leaves were determined. Plants were placed to the laboratory (20 °C) at the sales stage (when 50% of flowers on the stem opened) to determine changes occur on the plant height. The shortest plant height was 8.17 cm obtained from the 500 ppm ethephon treatment and was 35% shorter than control. Concentration of 250 ppm ethephon resulted in 8.8 cm plant height and was 29% shorter than untreated control. Ethephon applications also reduced leaf length and had no effect on the flower life. Ethephon treatments increased the leaf relative chlorophyll content. The highest chlorophyll content was 80.92 CCI and obtained with 500 ppm ethephon application, while that of controls was around 51.49 CCI. The effects of ethephon on plant height were similar and continued under postharvest conditions in which the shortest plant height (12.5 cm) was obtained with 500 ppm ethephon treatment.

Keywords:
Ethephon
Hyacinth
Plant height control
Soil drench

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Hyacinthaceae familyasından olan sümbül (*Hyacinthus orientalis*) çok yıllık otsu yapıda bir bitkidir (Samuatiene ve ark., 2007; Addai, 2010). Asya’da doğal olarak yetiştiği bilinen sümbül, bahçe bitkileri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Soğanlı çiçeklerden olan sümbül uzun yıllardır ülkemizde ve dünyada süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Addai, 2010). İlkbaharda çiçeklenen *H. orientalis* gösterişli olmasının yanında çiçekleri oldukça hoş bir kokuya sahiptir (Genders, 1994). Daha çok park, bahçe ve refüjlerde süs bitkisi olarak değerlendirilen *H. orientalis* çeşitleri son yıllarda, saksılarda yetiştiriciliği yapılarak iç mekânda da kullanılmaya başlanmıştır. Ancak otsu yapıda olan bu bitkilerde, özellikle düşük ışık koşullarında çiçek sapı ve yaprakların aşırı uzaması sonucu oluşan dağınık yapı bu türün saksıda kullanımını güçleştirmektedir. Ayrıca otsu yapıda olan ve basit rasemöz çiçek durumuna sahip sümbül, aşırı uzama sonucu, çiçek sapının cılızlaşması ile bir süre sonra kendi çiçeğini taşıyamamakta, çiçek sapında eğilip, bükülmeler ve kırılmalar meydana gelmektedir. Saksılı bitkilerin kısa ve kompakt yapıda olması paketleme ve taşıma sırasında kolaylık sağladığı gibi bitkilerin pazarlanması sırasında da zarar görmelerini önlemektedir. Yetiştirilen çeşit kısa boylu bodur yapıda olsa bile, satış sonrası tüketici koşullarında yetersiz ışık şartlarında boyu uzamakta ve istenmeyen dağınık bir yapı kazanmaktadır (Çelikel ve ark., 2016). Bu nedenlerle sümbülde bitki boy kontrolü hem bitkinin taşıma ve pazarlanması sırasında zarar görmesini önlemek, ev koşullarında meydana gelebilecek olan aşırı uzamayı ve bunun sonucunda gerçekleşecek olan çiçek kalitesindeki azalmaları engellenmek, hem de bitkilerin daha hoş bir görüntüye sahip olması açısından oldukça önemlidir (Çelikel ve ark., 2016; Demir ve Çelikel 2018a, 2018b). Boy kontrolü; çevresel faktörleri (ışık, sıcaklık vs.) kontrol altına alarak, ya da büyümeyi düzenleyiciler adı altında giberellin inhibitörleri kullanarak mümkün olmaktadır (Currey ve Lopez, 2014, Miller, 2012; Demir ve Çelikel, 2013; Çelikel ve ark., 2016; Demir and Çelikel 2018a, 2018b). Giberellin inhibitörlerinin dışında ethephon da (2-chloroethyl phosphonic acid) bitki boy kontrolü amacıyla kullanılmaktadır (Miller ve Olberg, 2016; Demir ve Çelikel, 2018a; Çelikel ve Demir, 2019). Ethephon bitkilerde etilen salınımını serbest bırakan bir bitki büyüme düzenleyicisidir (Miller ve ark., 2012; Miller ve Olberg, 2016; Demir ve Çelikel, 2018a).

‘Pink Pearl’ sümbül çeşidine toprak ıslatma şeklinde 1.5-2 mg/saksı oranında uygulanan flurpirimidol dozlarının boy kontrolü açısından uygun olduğu sonucuna ulaşılmış ve çiçeklenmede olan gecikme önemsiz bulunmuştur (Miller, 2010). ‘Anna Marie’ sümbül çeşidine farklı yöntemlerle flurprimidol, paclobutrazol, uniconazole ve ethephon uygulanmış ve

uygulanan kimyasallar ile bitki boyu kontrol altına alınmıştır (Krug ve ark., 2005). ‘Ice Follies’ nergis çiçeğine sprey olarak uygulanan 1000 ppm dozunda ethephonun çiçeklerde herhangi bir olumsuz etki yapmadan, bitki boy kontrolü açısından istenen sonucu verdiği bildirilmiştir (Demir ve Çelikel, 2018a). Toprak ıslatma yöntemiyle uygulanan ethephonun nergis ve sümbülde boy kontrolü açısından etkili olduğu bildirilmiştir (Miller ve ark., 2013). ‘Primeur’ ve ‘Tete a Tete’ nergis çeşitlerine topraktan uygulanan 250 ppm ethephon çiçeklenme döneminde bitki ve yaprak boyunu kontrol bitkilerine göre kısaltmıştır (Miller ve Olberg., 2016).

Ülkemizde *H. orientalis*’te boy kontrolü ile ilgili bir çalışmaya rastlanmıştır (Acarsoy ve Özzambak, 2006), ancak bu çalışmadan başarılı bir sonuç elde edilemediği belirtilmiştir. *Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’ çeşidi üzerine ise ülkemizde mevcut bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı farklı dozlarda topraktan uygulanan ethephonun *H. orientalis* cv. ‘Jan Bos’ çeşidinin saksıda yetiştiriciliğinde bitki boyu ve diğer özellikler üzerine olan etkilerinin saptanmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Bitkisel materyal

Bu çalışmada ortalama 12 cm çevre genişliğine sahip *Hyacinthus orientalis* L. cv. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidi soğanları kullanılmış, soğanlar Konya ilinde bulunan Asya Lale firmasından temin edilmiştir. Sap üzerinde çok sayıda küçük çiçeklere sahip (basit rasemöz çiçek durumu) olan *Hyacinthus orientalis* L. cv. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidinin petalleri kırmızı-pembe tonlarındadır.

2.2 Kimyasal materyal

Ethephon; Ethrel, Florel ve Efhun ticari adlarıyla bilinmektedir (Demir ve Çelikel, 2013). Bir büyüme engelleyicisi olan ethephon bitkiler tarafından hızla absorbe edilmekte ve doğal bitki hormonu olan etileni serbest bırakarak, üretimini artırmaktadır. Meydana gelen etilen salınımı, bitkilerde apikal dominansıyı azaltarak, yan sürgünlerin gelişimini teşvik etmektedir (Haver ve ark., 2003). Bu çalışmada Efhun ticari ismiyle bilinen %48’lik ethephon topraktan sulama şeklinde 0, 250, 500 ppm dozlarında bitkilere uygulanmıştır.

2.3 Deneme Serası

Deneme, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Süs Bitkileri Yetiştirme Serasında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü sera, polietilen plastik özellikte olup, 8 m genişliğe, 20 m uzunluğa ve 5.5 m yüksekliğe sahiptir.

2.4 Laboratuvar

Serada saksıda yetiştirilen sümbüller, satış aşamasına geldikten sonra (sap üzerindeki çiçeklerin %50'sinin açtığı dönem) laboratuvara taşınmıştır. Bitki boyunca üretim sonrası ev-ofis koşullarında meydana gelen değişimler ile çiçek ömrü daha önce bildirilen standart koşullarda (Çelikel ve Karaçalı, 1991; Çelikel, 1993; Çelikel ve Karaçalı, 1995; Çelikel ve ark., 2011) saptanmıştır.

Bunun için sıcaklığı 20°C'de sabit tutulan laboratuvarında 12 saat aydınlık (1000 lux, cool white florasan lamba) 12 saat karanlık uygulaması sağlanmıştır.

2.5 Uygulamalar ve Denemenin Kurulması

Bu çalışma Ekim ve Mart ayları arasında yürütülmüştür. 7 Ekim tarihinde 1:1:1 oranında hazırlanan bahçe toprağı, torf ve perlit karışımındaki ortamlar kullanılarak 15 cm çapındaki 13.5 cm boy uzunluğundaki saksılara (1.6 L hacminde); her saksıya 'Jan Bos' sümbül çeşidi soğanlarından birer tane olacak şekilde dikim işlemi gerçekleştirilmiştir. Sümbüllere 2 Şubat tarihinde 0, 250, 500 ppm dozlarında ethephon toprak ıslatma şeklinde uygulanmıştır. Uygulamanın yapıldığı dönemde bitkilerin sürgün uzunluğu 7-10 cm'dir. Hazırlanan çözeltiler her saksıya 150 ml gelecek şekilde verilmiştir.

2.6 Yapılan ölçüm ve gözlemler

Sap üzerinde çok sayıda çiçek bulunduran sümbül çiçeklerinin %50 sinin açtığı gün çiçeklenme zamanı olarak kabul edilip, dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı olarak hesaplanmıştır.

Tam çiçeklenme döneminde çiçek genişliği kumpas yardımı ile çiçek boyu ise cetvel ile ölçülmüştür. Bir sapta çok sayıda çiçek bulunduran sümbülde çiçek ömrü, çiçeklerin %50'sinin açtığı gün ile %50 sinin solmasına kadar geçen gün sayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Yaprak boyu ölçümlerine sümbüllerde bitkilerin sadece bir kısmının çıkış yapmış olduğu 29 Ocak (dikimden 110 gün sonra) tarihinde başlanmıştır. Bitki boyu ise toprak yüzeyinden çiçeklenmenin en uç noktasına kadar cetvel ile ölçülmüştür.

Bitki boyu ölçümlerine çiçek sürgünlerinin çıkış yapmaya başladığı 22 Ocak (dikimden 102 gün sonra) tarihinde başlanmıştır. Ethephon uygulamasının yapraklardaki relatif klorofil içeriğine etkisi klorofilmetre (CCM-200 Apogee) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar klorofil içerik indeksi değeri (Chlorophyll Content Index-CCI) olarak ifade edilmiştir. Klorofil ölçümü her saksının en dışındaki 1 yaprak üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.7. Verilerin değerlendirilmesi:

Araştırma 10 tekerrürlü olarak yürütülmüş, veriler tamamen şansa bağlı modele göre tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Veriler SPSS paket programında istatistiki analize tâbi tutulmuş, her uygulama için belirlenen parametrelerin ortalama değerleri ile standart hata değerleri hesaplanmıştır. Analizler istatistiksel olarak %1 veya %5 hata sınırları içerisinde hesaplanmış, uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

H. orientalis cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidine topraktan uygulanan ethephonun dikimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı üzerine olan etkileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çiçeklenme kontrol bitkilerinde dikimden 125 gün sonra 250 ve 500 ppm ethephon uygulamalarında ise 126 gün sonra gerçekleşmiştir. Ethephon uygulamaları ile çiçeklenme 1 gün gecikmiş ve bu gecikme istatistiki olarak önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 1). Moe (1980) farklı nergis ve lale çeşitlerine uygulanan ethephonun yüksek dozunun çiçeklenmeyi 1-3 gün geciktirdiği bildirmiştir. Benzer şekilde Krug ve ark. (2005), yapraktan uygulanan 250-1000 ppm ethephon uygulamasının aynı türde çiçeklenme zamanını etkilemediğini ancak daha yüksek dozlarda geciktirdiğini bulmuşlardır. Ethephon bitkilerde etilen salınımını serbest bırakmaktadır (Çelikel ve Demir, 2019). Dışardan etilen uygulamalarının çiçek gelişimini çeşitli aşamalarda etkilediği ve çiçeklenmeyi geciktirdiği bilinmektedir (Miller ve ark., 2012; Demir ve Çelikel, 2018a; Demir ve Çelikel, 2019a; Çelikel ve Demir, 2019).

Ethephon uygulamaları çiçek genişliğini kontrole göre küçültmüş, ancak aradaki fark istatistiki olarak önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur. Kontrol bitkilerinin çiçek çapı 72.58 mm iken, 250 ve 500 ppm ethephon uygulamalarının yapıldığı grupta çiçek genişliği 67.54 ve 65.86 mm olarak saptanmıştır (Çizelge 1). Hayashi ve ark., (2001) *Leucanthemum* türünde ethephonun artan konsantrasyonlarının çiçek çapını azalttığını, Barker ve ark., (2016), *Plumbago auriculata*'da topraktan uygulanan ethephonun çiçek çapını küçülterek yan dallanmayı teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Demir ve Çelikel (2018b), 'Frans Hals' ve 'Blue Magic' iris çeşitlerinde bitki boy kontrolü amaçlı uygulanmış oldukları paclobutrazolun irislerde çiçek çapını kontrole göre küçülttüğünü saptamışlardır.

Uygulamalar *H. orientalis* cv. 'Jan Bos' çeşidinde çiçek uzunluğu üzerine etki yapmış ($P \leq 0.05$) ve ethephonun çiçek uzunluğunu kısalttığı saptanmıştır. En kısa çiçek boyu 7.28 cm ile 500 ppm ethephon uygulamasından elde edilirken, kontrolde çiçek uzunluğu 9.67 cm olarak belirlenmiştir. Ethephonun 250 ppm dozunda ise çiçek uzunluğu 7.93 cm olarak

saptanmıştır. Barker ve ark., (2016), ethephon uygulamasının *Plumbago auriculata*'da çiçekleri küçülttüğünü ve çiçeklenmeyi teşvik ettiğini bildirmiştir. Demir ve Çelikel (2019b) bitki boy kontrolü amaçlı soğandan uygulanan paclobutrazolun *H. orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde çiçek uzunluğunu kısalttığını belirtmişlerdir. Giberelellin inhibitörleri ve ethephon süs bitkilerinde bitki boyunu kontrol altına almak amacıyla uygulanan büyümeyi düzenleyici maddelerdir. Dolayısıyla uygulanan ethephonun bitki boyunu kontrol altına almasının yanında çiçek uzunluğunu da kısaltmaktadır.

Ethephon uygulamasının yapıldığı 'Jan Bos' sümbül çeşidi kontrol bitkilerinde ortalama çiçek ömrü 16.6 gün

olarak hesaplanırken, 250 ve 500 ppm ethephon uygulamalarında 16 ve 15.5 gün olarak saptanmıştır. Yaşlanma hormonu olan etileni açığa çıkartan ethephonun yüksek dozu (500 ppm) çiçek ömrünü yaklaşık 1 gün kısaltmıştır. Ancak bu fark istatistiksel olarak önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur. Dışardan (exogenous) uygulanan etilenin, etilene duyarlı çiçeklerde çiçek ömrünü olumsuz etkilediği birçok çalışmada bildirilmiştir (Reid, 1987; Çelikel ve ark., 2002; Çelikel ve ark., 2010; Miller ve ark., 2012; Çelikel, 2015; Çelikel ve Demir, 2019).

Çizelge 1. *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde toprak ıslatma şeklinde farklı dozlarda ethephon (EP) uygulamalarının çiçeklenme zamanı, çiçek çapı, çiçek uzunluğu ve çiçek ömrü üzerine etkileri
Ortalama \pm Standart Hata

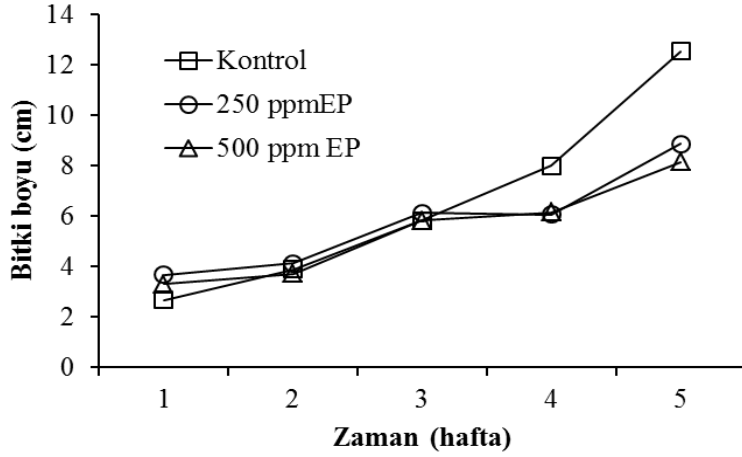
Table 1. The effects of ethephon treatments as soil drench on flowering time, flower width, flower length and flower life of *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' Mean \pm Standard Error

Uygulamalar	Çiçeklenme zamanı (gün)	Çiçek çapı (mm)	Çiçek uzunluğu (cm)	Çiçek ömrü (gün)
Kontrol	125.22 \pm 1.40	72.58 \pm 1.64	9.67 \pm 0.53 a	16.56 \pm 0.90
250 ppm EP	126.25 \pm 1.95	67.54 \pm 1.91	7.93 \pm 0.95 ab	16.00 \pm 1.21
500 ppm EP	126.63 \pm 1.48	65.86 \pm 2.45	7.28 \pm 0.61 b	15.50 \pm 1.23
Sig. (Önem Düzeyi)	0.652	0.930	0.043	0.092

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.05 hata sınırları içerisinde önemli fark ($p \leq 0.05$)

Farklı dozda ethephon uygulamalarının serada üretim süresince bitki boyu üzerine olan etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki fark önemli ($p \leq 0.01$) bulunmuştur. 5 haftalık değişim sonucunda en kısa ve en uzun bitki boyu sırasıyla 500 ppm ethephon (8.17 cm) ve kontrol (12.55 cm) bitkilerinde bulunmuştur. Öte yandan 2 farklı ethephon dozları arasındaki fark ise önemli bulunmamış, 250 ppm ethephon uygulamasından elde edilen bitki boyu 8.88 cm olmuştur (Çizelge 2, Şekil 1 ve 5). 500 ppm ethephon uygulaması ile kontrole göre %35 oranında daha kısa bitki boyu elde edilmiştir. Demir ve Çelikel (2018a) 'Ice Follies' nergis çeşidinde sprey olarak uygulanan 2000 ppm ethephonun bitki boyunu kontrole

göre %69 oranında kısalttığını bildirmişlerdir. Toprakta uygulanan 500 ppm ethephon bitki boyunu *Narcissus tazetta*'da kontrole göre %51 (Demir ve Çelikel 2019a), kültür çeşidi nergislerde ise %34 oranında (Miller ve ark., 2012) kısalttığını bildirilmiştir. Banon ve ark. (1998), *Liatris spicata*'da yaprakta 100-2500 dozlarında uygulanan ethephonun, Khuankaew ve ark. (2009) ise *Curcuma alismatifolia* bitkisinde topraktan uygulanan ethephonun etkili bir şekilde bitki boyunu kontrol altına aldığı ve çiçekleri küçülttüğü belirtilmiştir. Benzer şekilde 8 nergis çeşidi ile 10 lale çeşidinde yapılan çalışmada topraktan uygulanan ethephon ile çiçek sap uzunluğu ve yaprak uzunluğu önemli düzeyde azalmıştır (Moe, 1980).

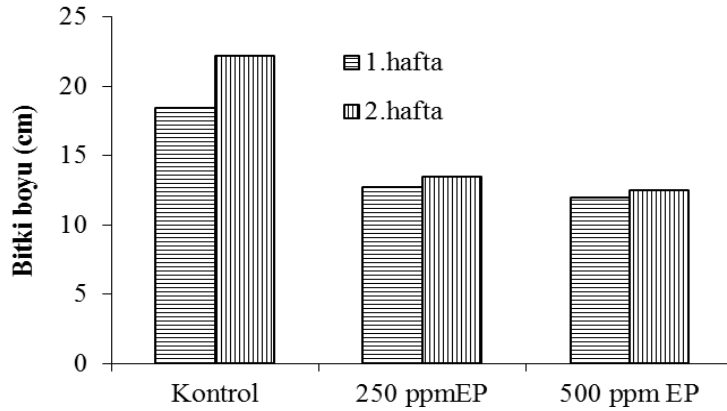


Şekil 1. *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde topraktan uygulanan ethephonun (EP) serada üretim süresince bitki boyu üzerine olan etkileri (Ölçümlere dikimden 102 gün sonra (1. hafta) başlanmıştır)

Figure Effect of ethephon (EP) treatments as soil drench on plant height of *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' 1. during greenhouse production (The plant height was started to measure 102 days (1 week) after planting).

Ethephon uygulamalarının laboratuvar ortamında bitki boyu üzerine olan etkileri Şekil 2'de verilmiştir. İstatistiki analiz sonucuna göre her iki hafta içinde uygulamalar arasındaki fark önemli ($p \leq 0.01$) bulunmuştur. En kısa bitki boyu 500 ppm ethephon uygulamasından, en uzun bitki boyu ise kontrolden elde edilmiştir. Bu sonuçlar, uygulamaların bitki boyu üzerine olan etkisinin laboratuvar (ev-ofis) koşullarında da korunduğunu göstermektedir. Üretim sonrası laboratuvar (ev-ofis) koşullarında 500 ppm ethephon uygulaması ile kontrole göre %44 oranında daha kısa

boyu bitkiler (12.5 cm) elde edilmiştir (Şekil 2). Demir ve Çelikel (2018a), 'Ice Follies' nergis çeşidinde 2000 ppm ethephon uygulaması ile üretim sonrası laboratuvar koşullarında kontrole bitkilerine göre %83 oranında daha kısa boyu sümbüller elde etmişlerdir. Demir ve Çelikel (2019a) *Narcissus tazetta*'ya topraktan uygulanan (250, 500 ppm), Krug ve ark. (2006) 'Tete a Tete' nergis çeşidinde sprey olarak uygulanan (1000 ppm ve üzeri dozlarda) ethephonun üretim sonrası dönemde bitki boyunu kontrol aldığı bildirilmişlerdir.

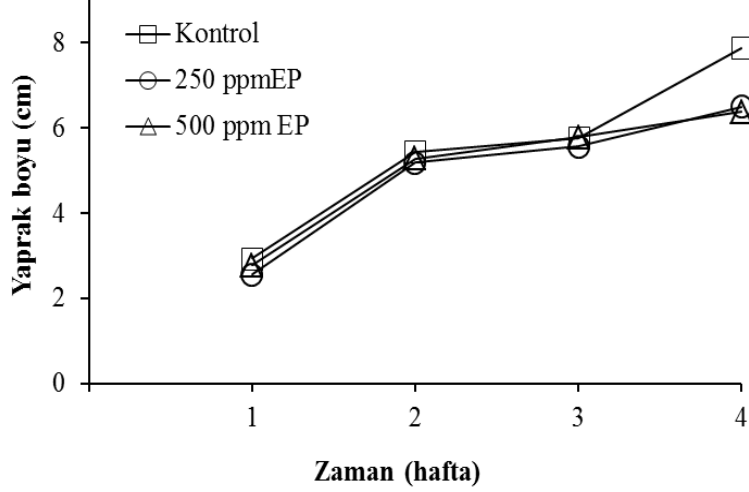


Şekil 2. *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde topraktan uygulanan ethephonun (EP) laboratuvar ortamında bitki boyu üzerine olan etkileri (Laboratuvar ölçümlerine dikimden 130 gün sonra (1.hafta) başlanmıştır)

Figure Effect of ethephon (EP) treatments as soil drench on plant height of *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' 2. during post production period in laboratory conditions (The plant height was started to measure 130 days (1 week) after planting).

Ethephon uygulamalarının serada üretim süresince yaprak boyu üzerine olan etkileri Şekil 3’de verilmiştir. 4 haftalık değişim sonucunda en kısa yaprak boyu 6.39 ve 6.50 cm ile sırasıyla 500 ve 250 ppm ethephon uygulamasının yapıldığı sümbüllerden, en uzun yaprak boyu ise 7.88 cm ile kontrolden elde edilmiştir. Ethephon uygulamalarına tabi tutulan grupta yaprak

boyu kontrole göre %19 (500 ppm) ve %18 (250 ppm) oranında daha kısa olmuş (Çizelge 2), aradaki fark istatistiki olarak önemli ($p \leq 0.05$) bulunmuştur. Miller ve ark. (2013), farklı sümbül çeşitlerine, Briggs (1975) ise ‘Carlton’ nergis çeşidine uygulanan ethephonun sap ve yaprak uzunluğunu etkili bir şekilde kısalttığını bildirmişlerdir.

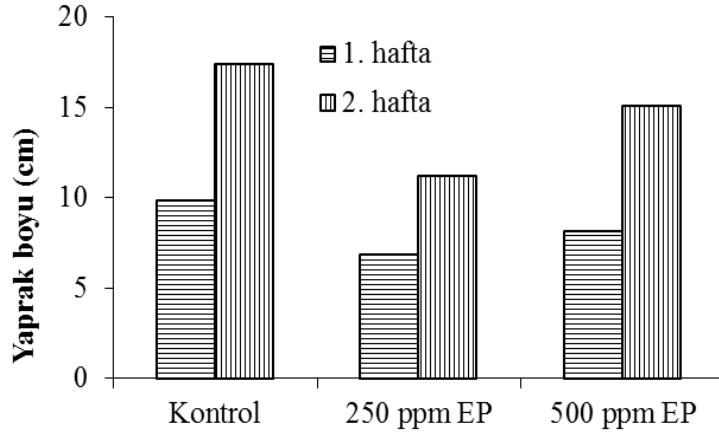


Şekil 3. *Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidinde topraktan uygulanan ethephonun (EP) serada üretim süresince yaprak boyu üzerine olan etkileri (Ölçümlere dikimden 110 gün sonra (1. hafta) başlanmıştır)

Figure 3. Effect of ethephon (EP) treatments as soil drench on leaf length of *Hyacinthus orientalis* cv. ‘Jan Bos’ during greenhouse production (The leaf length was started to measure 110 days (1 week) after planting).

Yapılan farklı dozda ethephon uygulamalarının laboratuvar ortamında yaprak boyu üzerine olan etkileri Şekil 4’de verilmiştir. ‘Jan Bos’ sümbül çeşidinde üretim sonrası laboratuvar (ev-ofis) koşullarında en kısa yaprak boyu 11.25 cm ile kontrole göre %35 oranında daha kısa olan 500 ppm ethephon uygulamasının yapıldığı sümbüllerden elde edilmiştir. İstatistiki analiz sonucuna göre her iki hafta içinde uygulamalar arasındaki fark önemli ($p \leq 0.01$) çıkmıştır. Uygulamaların yaprak boyu üzerine olan etkisinin üretim sonrası dönemde de (ev-ofis) korunduğu görülmektedir (Şekil 4). Ethephon uygulamalarının üretim sonrası dönemde, ‘Ice Follies’ nergis çeşidinde

%41 (Demir ve Çelikel, 2018a), farklı nergis çeşitlerinde %45 oranında (Miller ve ark., 2013) yaprak boyunu kısalttığı bildirilmiştir. Bu sonuçlara göre yapılan uygulamalar üretim sonrası dönemde laboratuvar koşullarında da yaprak boyu üzerine olan etkisini devam ettirerek, kontrol ile uygulama yapılan bitkiler arasındaki yaprak boyu farkı korunmaya devam etmiştir. Üretim sonrası dönemde 250 ve 500 ppm uygulamasının yapıldığı bitkilerde yaprak boyu açısından istatistiki olarak fark bulunmamış ($p > 0.05$), kontrol ile uygulamalar arasındaki fark ise istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$).



Şekil 4. *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde topraktan uygulanan ethephonun (EP) laboratuvar ortamında yaprak boyu üzerine olan etkileri (Laboratuvar ölçümlerine dikimden 130 gün sonra (1. hafta) başlanmıştır)

Figure 4. Effect of ethephon (EP) treatments as soil drench on leaf length of *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' during post production period in laboratory conditions (The leaf length was started to measure 130days (1 week) after planting).

'Jan Bos' sümbül çeşidinde uygulanan ethephonun yapraklardaki klorofil miktarları üzerine olan etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Yapraklarda yapılan klorofil ölçüm sonuçlarına göre en yüksek klorofil içeriği 80.92 ve 77.54 CCI ile sırasıyla, 500 ve 250 ppm ethephon uygulamasından, en düşük klorofil içeriği ise 51.49 CCI ile kontrolden elde edilmiştir (Çizelge 2). Ethephon uygulaması ile bitki boyu kontrol altına alınarak, daha kompakt bir yapı oluşmuş ve bunun sonucunda yapraklar daha kısa (Çizelge 2) ve daha kalın bir yapıya sahip olmuştur. Dolayısıyla uygulama yapılmayan bitkilere göre daha küçük alanlara sahip olan yaprakların birim alandaki klorofil miktarının kontrol bitkilerine göre daha fazla olduğu saptanmıştır (Çizelge

2). Nitekim Demir ve Çelikel (2018a) 'Ice Follies' nergis çeşidinde yaprakdan sprej şeklinde uygulanan 1000 ppm dozunda ethephonun kontrol bitkilerinde klorofil içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Kim ve ark. (2004), *Diospyros kaki* L. üzerine yapmış oldukları çalışmada 50, 100 ve 200 ppm dozlarında ethephonu sprej olarak uygulamışlardır. Ethephonun düşük dozda sprej olarak uygulanması ile yapraklardaki klorofil içeriğinde bir miktar artış olduğunu fakat daha yüksek dozlarda uygulanması ile de klorofil içeriğinde azalma olduğunu saptamışlardır. Buradan kullanılacak olan dozun türe, amaca ve yöntemine göre değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 2. *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde toprak ıslatma şeklinde farklı dozlarda ethephon (EP) uygulamalarının bitki boyu, yaprak boyu ve klorofil miktarı üzerine etkileri.

Ortalama ± Standart Hata

Table 2. The effects of ethephon treatments as soil drench on plant height, leaf length and chlorophyll content of *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' Mean ± Standard Error.

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Yaprak boyu (cm)	Klorofil miktarı (CCI)
Kontrol	12.55 ± 0.69 a	7.88 ± 0.49 a	51.49 ± 5.26 b
250 ppm EP	8.88 ± 1.12 b	6.50 ± 0.51 b	77.54 ± 7.39 a
500 ppm EP	8.17 ± 1.27 b	6.39 ± 0.41 b	80.92 ± 5.98 a
Sig. (Önem Düzeyi)	0.004	0.049	0.004

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 veya 0.05 hata sınırları içerisinde önemli fark ($p \leq 0.01$, ($p \leq 0.05$))



Şekil 5. *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde topraktan uygulanan ethephonun (EP) bitki boyu üzerine olan etkileri (dikimden 134 gün sonra)

Figure 5. The effects of ethephon (EP) soil drench on *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' (134 days after planting)

4. Sonuç

Hyacinthus orientalis cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde topraktan uygulanan farklı dozlarda ethephon ile bitki boy kontrolü sağlanarak kompakt yapılı sümbüller elde edilmiştir. Soğanlı çiçeklerden olan sümbülde, kompakt yapının sağlanması ve korunması, bitki formunun korunması ve üretim sonrası dönemde ışığın az olduğu ev-ofis ortamlarında bitki boyunun daha fazla uzamaması açısından olduğu kadar taşıma ve paketleme sırasında otsu yapıda olan bu bitkilerin zarar görmemesi açısından da oldukça önemlidir. Özellikle otsu yapıda olan sümbüllerde diğer türlere göre çiçeğin oldukça ağır olması uzamayla birlikte daha fazla eğilip bükülmelere neden olmakta ve bu da çiçek kalitesini azaltmaktadır. Bu çalışma ile topraktan uygulanan ethephon bitki boyu yanında yaprak boyunu da kısaltmış ve yaprakların birim alandaki klorofil içeriğinde arttırmıştır. Yapılan uygulamalar ile daha sık dokulu sümbüller elde edilmiş ve çiçek sapları daha kuvvetli olmuştur. Bu sayede üretim sonrası dönemde meydana gelebilecek olan çiçek saplarındaki eğilip bükülmeler ve cılızlaşma engellenmiştir. Çiçek ömrü bakımından da uygulamaların herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır. Yapılan ethephon uygulamasının her iki dozu arasında incelenen parametrelerden bitki ve yaprak boyu ile çiçek ömrü açısından istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır. Uygulamalar çiçeklenme zamanını etkilememiştir.

Sonuç olarak, *Hyacinthus orientalis* cv. 'Jan Bos' sümbül çeşidinde toprak ıslatma şeklinde 250 ppm ethephon uygulaması yaprakların birim alandaki klorofil içeriğini artırması ve çiçek ömrünü kısaltmadan bitki boy kontrolünü sağlaması açısından uygun görülmektedir.

Kaynaklar

Acarsoy N., Ozzambak, M.E., 2006. Researches on evaluation of some bulbous plants as potted plants.

In: Ozzambak ME, Zeybekoğlu E, editors. III. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi, pp. 115-121, 8-10 Kasım, 2006, İzmir, Türkiye.

Addai, I.K. 2010. Growth and biochemistry of the common hyacinth (*Hyacinthus orientalis* L.) and the lily (*Lilium longiflorum* L.). PhD thesis. School of Life Sciences, Biology and Environmental Science Department, University of Sussex, England.

Bañón, S., González, A., Fernández J. A., Franco J. A., 1998. The effect of ethephon on the growth and development of *Liatris spicata*. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 73(6):851-855. doi: 10.1080/14620316.1998.11511059.

Barker, A., McCall, I., Whipker, B.E., 2016. Growth control of 'Imperial Dark Blue' plumbago with ethephon, flurprimidol, and paclobutrazol substrate drenches. HortTechnology 26: 493-496.

Briggs, J.B., 1975. The effects on growth and flowering of the chemical growth regulator ethephon on narcissus and ancimidol on tulip. Acta Hort., 47: 287-296.

Currey, C.J., Lopez, R.G., 2014 Applying plant growth retardants for height control, Commercial Greenhouse and Nursery Production. Purdue University

<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-248-W.pdf> (Ziyaret tarihi: 17.04.2014).

Çelikel, F.G., Karaçalı, İ., 1991. A study of longevity of cut carnations (*Dianthus caryophyllus* L.) grown in Yalova (Istanbul). Acta Horticulturae, Postharvest Physiology of Ornamentals, 298:11-118.

Çelikel, F.G., 1993. Yalova (İstanbul) bölgesinde yetiştirilen karanfillerin kesim sonrası dönemde dayanım güçleri üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 169 s, İzmir.

Çelikel, F.G., Karaçalı, İ., 1995. Effect of preharvest factors on flower quality and longevity of cut carnations (*Dianthus caryophyllus* L.). Acta Horticulturae, Postharvest Physiology of Ornamental Plants, 405: 156-163.

- Çelikel, F.G., Dodge L.L., Reid, M.S. 2002. Efficacy of 1-MCP (1-methylcyclopropene) and Promalin for extending the post-harvest life of Oriental lilies (*Lilium*×'*MonaLisa*'and '*Stargazer*'). *Scientia Horticulturae*, 93:149-155.
- Çelikel, F.G., Cevallos J.C., Reid, M.S. 2010. Temperature, ethylene and the postharvest performance of cut snapdragons (*Antirrhinum majus*). *Scientia Horticulturae* 125: 429–433. Doi: 10.1016/j.scienta.2010.04.005
- Çelikel, F.G., Joyce, D.C., Faragher, J.D., 2011. Inhibitors of oxidative enzymes affect water uptake and vase life of cut *Acacia holosericea* and *Chamaelirium uncinatum* stems. *Postharvest Biology and Technology*, 60: 149–157. doi:10.1016/j.postharvbio.2010.12.009.
- Çelikel, F.G., 2015. Postharvest Physiology of Flowers from the Family Gentianaceae. Chapter 12: 287-306. In: *The Gentianaceae Vol 2: Biotechnology and Applications*. 452 p. Eds: J.J. Rybczynski, M.R.Davey, A. Mikula. Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 0.1007/978-3-642-54102-5_12.
- Çelikel, F.G., Demir, S., Kebeli, F., Sarı, Ö., 2016. Çiçek soğanlarının kesme çiçek ve saksıda yetiştiriciliği üzerine araştırmalar. *Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Bahçe (özel sayı) 45:873-876.
- Çelikel, F.G., Demir, S., 2019. Effects of ethephon spray on plant quality and growth parameters of potted *Narcissus tazetta*. XXX IHC – Proc. XI Int. Symp. on Postharvest Quality of Ornamental Plants. Eds.: F.G. Çelikel ve ark. *Acta Hort.* 1263:439-448. DOI 10.17660/ActaHortic.2019.1263.57.
- Demir S., Çelikel F.G., 2013. Soğanlı çiçeklerin saksıda yetiştiriciliğinde bitki boyunun kimyasal yolla kontrol edilmesi. V. Süs Bitkileri Kongresi, Cilt 2, 830-834, 6-9 Mayıs, Yalova.
- Demir S., Çelikel F.G. 2018a. *Nergis (Narcissus cv. 'Ice Follies')* çiçeğinde yapraklardan ethephon uygulamasının bitki boyu üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci*, 33: 184-190. doi: 10.7161/omuanajas.394783.
- Demir, S., Çelikel, F.G., 2018b. A study on plant height control of Iris flowers. *AGROFOR International Journal*, 3(3): 131-141. Doi: 10.7251/AGRENG1803131DUDC 582.572.7:577.175.13.
- Demir, S., Çelikel, F.G., 2019a. Effects of plant growth regulators on the plant height and quantitative properties of *Narcissus tazetta*. *Turk J Agric For* (2019) 43: 105-114. doi:10.3906/tar-1802-106.
- Demir, S., Çelikel, F.G., 2019b. Plant height control of *Hyacinthus orientalis* by gibberellin inhibitors. *AGROFOR International Journal*. 4(2):86-94.
- Genders, R., 1994. *Scented flora of the World*. Robert Hale. London. ISBN 0-7090-5440-8.
- Haver, D.L., Schuch, U.K., Lovatt, C.J., 2003. Exposure of *Petunia* Seedlings to Ethylene Decreased Apical Dominance by Reducing the Ratio of Auxin to Cytokinin. *J Plant Growth Regul.* 21:459-468. Doi: 10.1007/s00344-002-0022-3.
- Hayashi, T., Heins, R.D., Cameron, A.C., Carlson, W.H., 2001. Ethephon influences flowering, height, and branching of several herbaceous perennials. *Sci. Hortic.* 91 (3–4): 305–324.
- Khuankaew, T., Ohyama, T., Ruamrungsri, S., 2009. Effects of ethephon application on growth and development of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. Niigata University Faculty of Agriculture Research Report 62(1):9-15.
- Kim, Y.H., Lim, S.C., Youn, C.K., Yoon, T., Kim, T.S., 2004. Effect of ethephon on fruit quality and maturity of 'Tone Wase' Astringent Persimmons (*Diospyros kaki* L.). *Acta Hort.*, 653: 187-191.
- Krug B.A., Whipker B.E., McCall I., Dole J.M., 2005. Comparison of flurprimidol to ethephon, paclobutrazol and uniconazole for hyacinth height control *HortTechnology*, 15(4): 872-874.
- Krug, B.A., Whipker, B.E., McCall, I., Dole, J.M., 2006. *Narcissus* response to plant growth regulators. *HortTechnology*, vol. 16(1), pp.129–132.
- Miller, W.B., 2010. Hyacinth Height Control with Topflor (flurprimidol). *Research Newsletter*.1-10.
- Miller, W.B., 2012. Current status of growth regulator usage in flower bulb forcing in North America. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*, 6:35-44.
- Miller, W.B., Mattson, N.S., Xie, X., Xu, D., Currey, C.J., Clemens, K.L., Lopez, R.G., Olrich, M., Runkle, E.S. 2012. Ethephon substrate drenches inhibit stem extension of floriculture crops. *HortScience* 47: 1312-1319.
- Miller, W., Mattson, N., Lopez, R., Currey, C., Clemens, K., Olrich, M., Runkle, E., 2013. A new height control possibility for daffodils and hyacinths. *Greenhouse Product News*, 20-23.
- Miller, W.B., Olberg, M.W., 2016. Novel ethephon application methods for narcissus. *Hortscience*, 51(10):1245–1250. doi: 10.21273/HORTSCI11188-16.
- Moe, R., 1980. The use of ethephon for control of plant height and daffodils and tulips. *Acta Hort.*, 109 : 197-204.
- Reid, M.S., 1987. Ethylene in plant growth, development, and senescence. In: Davies PJ, editor. *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*. Boston, MA, USA: Martinus Nijhoff. pp. 257-279.
- Samuitiene, M., Jomantienė, R., Valiūnas, D., Navalinskienė, M., Davis R.E. 2007. Phytoplasma strains detected in ornamental plants in Lithuania. *Bulletin of Insectology*, vol. 60 (2), pp. 137-138.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.602585

Türkiye’de kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak yapılabilirliği: Samsun ili Vezirköprü ilçesi örneği

Mehmet Aydoğın^{a*}, Yunus Emre Terzi^b, Şahin Gizlenci^c, Mustafa Acar^d
Alpay Esen^b, Hüseyin Meral^b

^aMalatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Malatya, Türkiye

^bKaradeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun, Türkiye

^cKaradeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

^dKaradeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Enerji Tarımı Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: mehmet.aydogan@ozal.edu.tr

Geliş/Received 06/08/2019

Kabul/Accepted 24/12/2019

ÖZET

Bu çalışma endüstriyel kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak yapılabilirliğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın ana materyalini Vezirköprü ilçesinde gayeli olarak seçilen 15 kenevir işletmesinden anket ve mülakat yoluyla elde edilen veriler oluşturmaktadır. Analizlerde kullanılan veriler 2018-2019 üretim sezonunu kapsamaktadır. Kenevir işletmeleri, kenevir üretim amaçlarına göre gruplara ayrılmış ve birim alandan elde ettikleri kâr açısından karşılaştırılmıştır. Dünya ve Türkiye kenevir ekim alanları ile ithalatındaki gelecek dönemli öngörülerin yapılmasında çift üstel düzeltme yönteminden yararlanılmıştır. Araştırmada, Vezirköprü ilçesinde kenevir tarımının; aynı bitkiden hem tohum hem de lif elde etmek amacıyla yapılması ve liflerin bitkiden ayrıştırılmadan pazarlanması halinde, bölgede yapılan buğday, şekerpancarı, ayçiçeği ve silajlık mısır tarımına göre daha kârlı olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada 1 kg soyulmamış sap maliyeti ortalama 1.8 TL, 1 kg tohum maliyeti 30.0 TL ve 1 kg lif maliyeti ise 22.8 TL olarak hesaplanmıştır. Kenevir üretim masraflarının %90.6’sı değişken masraflardan, %9.4’ü ise sabit masraflardan oluşmaktadır. Hasat sonrası lif elde etme işlemlerinin bu amaca yönelik geliştirilmiş makineler ile yapılması durumunda 1 kg lif maliyeti %34.6 daha az maliyetle 14.9 olarak hesaplanmıştır. Türkiye’de kenevir tarımının temel sorunları arasında üretimin insan gücüne dayalı geleneksel yöntemlerle yapılması ve tedarik zincirinin gelişmemesi ilk sırada yer almaktadır. Türkiye’de lif amaçlı tarımı yapılacak kenevirin; organik tarım kapsamında yapılması durumunda organik tekstil ürünleri pazarında niş pazar oluşturma potansiyeli yüksektir. Kenevir sapsızlığı yüksek enerji değeri ile Türkiye’de alternatif bir temiz enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir niteliktedir. Kenevir bünyesinde bulunan kannabinoidler kozmetik ve eczacılık alanlarında ve liflerden üretilecek biyokompozitler ise otomotiv sektörleri için gelişmeye açık alanlardır.

Anahtar Sözcükler:
Endüstriyel kenevir
Fırsat maliyeti
Kârlılık analizi
Tahmin
Zaman serisi

Economic feasibility of industrial hemp cultivation in Turkey: A case study of Vezirköprü district of Samsun Province

ABSTRACT

This study was carried out to reveal the economic feasibility of industrial hemp cultivation. The primary material of the study consists of data obtained through the surveys and interview from 15 hemp farmers which were chosen purposefully in Vezirköprü district of Samsun province. The data used in the analysis covers the 2018-2019 production season. Hemp farmers were divided into 5 groups according to hemp production purposes, and their profitability was analysed with profitability analysis. Double exponential smoothing method was used in order to make the next years predictions on imports and cultivation areas of hemp in Turkey and the World. In this research, hemp cultivation in Vezirköprü

Keywords:
Industrial hemp
Opportunity cost
Profitability analysis
Forecasting
Time series

district; It was found that the production system, which was made in order to obtain both seed and fiber from the same plant and where the fibers were marketed without being separated from the plant, was more profitable than wheat, sugar beet, sunflower and silage maize farming. It is calculated that the average cost of 1 kg stalk is 1.8 TRY, 1 kg seed cost is 30.0 TRY and 1 kg fibre cost is 22.8 TRY. Hemp production cost consists of 90.6% variable costs and 9.4% fixed costs. When post-harvest fibre extraction is carried out with machines developed for this purpose, the cost of 1 kg of fibre can be reduced to 14.9 TRY with the cost of 34.6% less. The production based on the workforce with traditional methods and the insufficiency of the supply chain are the main problems of hemp farming. The hemp has the high potential of creating a niche market in the organic textile products when it is produced organically. Hemp stalks, including high energy value, can be considered as an alternative green energy source in Turkey. Cannabinoids in hemp that are used in the cosmetic and pharmaceutical sector and biocomposites produced from fibres that are used in the automotive sector has a development potential and need further researches.

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Kenevir (*Cannabis sativa L.*) yüzyıllardan beri başta endüstriyel ve tekstil ürünleri olmak üzere hammadde olarak kullanılan lif ve yağlı tohum kaynağı bir bitkidir. Halen dünya genelinde otuzdan fazla ülkede endüstriyel kenevir yetiştirilmekte ve kenevirden elde edilen ürünler dünya pazarlarında alıcı bulmaktadır (Johnson, 2014). Kenevir bitkisi endüstriyel olarak değerlendirildiğinde, yaklaşık 25 bin alternatif ürünün hammaddesi olarak kullanıma potansiyeline sahip olmakla birlikte yapraklarından esrar elde edilmesi nedeniyle üzerinde sıkça tartışmalar yapılmaktadır.

Dünya genelinde liflik ve tohumluk kenevir üretim alanlarının toplamı 1961 yılında 8.1 milyon dekar iken, 2017 yılında bu rakam 0.7 milyon dekara kadar düşmüştür (FAO, 2019). Dünya genelinde kenevir ekim alanlarındaki bu düşüşün temel sebeplerinden birisinin endüstriyel kenevir ile esrar üretiminde kullanılan kenevirin ayırt edilmesindeki bilgi eksikliği ve olumsuz bakış açısı olduğu düşünülmektedir.

Bu gerekçeyle, dünya genelinde birçok ülkede kenevir tarımı yasaklanmış ve bu durum keneviri zaman içerisinde diğer lif bitkilerine karşı dezavantajlı duruma getirmiştir. Bununla birlikte, bir zamanlar tekstil ve lif üretimi için önemli bir gıda dışı ürün olan kenevir yetiştiriciliği, pamuk ve sentetik lifler gibi diğer hammaddelerden kaynaklanan rekabet nedeniyle 20. yüzyılda giderek azalmıştır (Allegret ve ark., 2013).

Potansiyeli yüksek olan endüstriyel kenevire karşı son on yılda dünya genelinde ilgi tekrar artmaya başlamıştır. Endüstriyel kenevire artan ilgi, özellikle Kuzey Amerika ve Batı Avrupa'da tüketici zevklerinde ve tercihlerindeki doğal ürünlere ve çevre dostu ürünlere yönelik tercihlerden kaynaklanmaktadır (Wang ve Shi, 1999).

Kuzey Amerika'da ve Avrupa Birliğine üye ülkelerde kenevir talebine olan ilginin artması, kenevir üzerine yapılan araştırmaların ve tartışmaların artmasına neden olmuştur. Örneğin, ABD'de kenevir ürünlerine olan talebin artması, kenevir ürünleri ile uğraşan ithalatçı, işleyici ve perakendeci sayısında hızlı bir artış sağlamış, 1991 yılında bu alanda sadece dört firma yer alırken, bu rakam 1996'da bine yükselmiştir (Arnold, 1996). Kenevire olan ilgi çok amaçlı bir ürün

olmasından dolayı AB ülkelerinde de artmakta ve ilk kez 2015 yılında, Avrupa'da 20.000 hektardan fazla bir alanda liflik ve tohum amaçlı endüstriyel kenevir üretilmeye başlanmıştır.

Endüstriyel kenevire olan bu ilgi, ABD'de çiftçilerin alternatif bir ürün olarak endüstriyel kenevir yetiştirmelerine izin vermek için kenevir tarımını yasaklayan kanunun değiştirilmesi konusunda tartışmaları başlatmıştır (Tang ve ark., 2016).

Kanada'daki araştırmacılar ve çeşitli devlet kurumları tarafından yapılan araştırmalar, artan tüketici talebini ve kenevir için potansiyel ürün kullanım alanlarını gerekçe göstererek, endüstriyel kenevirden üretilen ürünlerin gelecek dönemlerde önemli bir pazara sahip olacağını ortaya koymuştur (Johnson, 2014).

Türkiye'de kenevir yetiştiriciliği ve kenevirden elde edilen ürünlerin kullanımı Osmanlı İmparatorluğu dönemine kadar dayanmaktadır.

Osmanlı İmparatorluğu'nda donanma için ihtiyaç duyulan organ, halat vb. gibi malzemeler kenevirden elde edilmiştir. Bu nedenle Osmanlı Devleti Tersane-i Amire için vazgeçilmez bir ihtiyaç olan kenevirin üretilmesine ve teminine ayrı bir önem vermiştir. Osmanlı Devleti'nde Trabzon, Ordu, Canik, Aydın, İzmir ve Kastamonu sancak ve vilayetleri kenevir üretiminde ön plana çıkmıştır. Özellikle Kastamonu Osmanlı'dan Cumhuriyet'e kenevir üretiminin en çok yapıldığı bölgedir.

Osmanlı Devleti'nde I. Dünya Savaşı'ndan sonra kenevir üretiminde düşüş yaşanmaya başlanmıştır. Cumhuriyet'in ilk yıllarında kenevir üretimi önceki yıllara göre azalma olsa da Avrupa'dan uzmanlar getirilerek üretimin canlanması için çaba sarf edilmiştir. Cumhuriyet'in ilk yıllarında Türkiye 10.000 tonluk kenevir üretimi ile dünyada 10. sıradadır.

Cumhuriyetin ilk yıllarında Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde de toplamda 40.000 hektarlık bir kenevir arazisi bulunmaktadır (Akpınar ve Nizamoğlu, 2019). Son yıllarda Türkiye'de Amasya, Antalya, Bartın, Burdur, Çorum, İzmir, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Uşak, Yozgat ve Zonguldak illerinde kenevir üretimine izin verilmiştir.

Türkiye'de kenevir ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı sınırlı düzeydedir. Kenevir üzerine yapılan bilimsel çalışmaların çoğunlukla kenevir yetiştiriciliği

ve ıslahı (Aytaç ve ark., 2018; Aytaç ve ark., 2017a; Aytaç ve ark., 2017b, Arslanoğlu ve ark., 2017), kenevir lifinin çeşitli alanlarda kullanımını (Satana, 2002; Gedik ve ark., 2010; Aydoğdu ve ark., 2017; Serin ve ark., 2018; Saleh, 2019) ve kenevir saplarının pelet yapımında (Acar ve Dönmez, 2016; Aydemir, 2017) kullanımını ile ilgili olduğu görülmektedir.

Türkiye’de kenevirin ekonomisi ile ilgili daha önce yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, bu alandaki eksikliği gidermek amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde kapsamlı bir literatür taraması yapılarak endüstriyel kenevir yetiştiriciliğine ilişkin daha önce yapılan çalışmaların sonuçları tartışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, Türkiye’de endüstriyel kenevirin hâlihazırda tek yetiştirildiği alan olan Samsun ili Vezirköprü ilçesinde endüstriyel kenevirin yetiştirilme amaçlarına göre lif ve tohum için birim üretim maliyetleri ve birim alana işletme gelirleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, yıllara göre dünya genelinde ve Türkiye’de endüstriyel kenevir ekim alanları ve ithalat verileri zaman serisi analizleri yöntemlerinden yararlanılarak kenevir ekim alanlarının ve dış ticaretinin gelecek dönem tahminleri yapılmıştır.

Bu çalışma Türkiye’de endüstriyel kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak değerlendirildiği ilk çalışmadır. Çalışmada, “Endüstriyel kenevir ekonomik olarak yapılabilir mi?” sorusuna cevap aranarak kenevirden lif ve tohum elde etmenin maliyetinin belirlenmesi, kenevir yetiştiriciliğinin kârlılığının diğer ürünlerle karşılaştırılması ve gelecek dönemlerde Türkiye’de kenevir ekim alanlarındaki değişimin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. Daha Önce Yapılan Çalışmalarda Endüstriyel Kenevir Yetiştiriciliği ve Önemi

Araştırmanın bu bölümünde, daha önce endüstriyel kenevir yetiştiriciliği konusunda yapılan çalışmalar kapsamlı bir şekilde incelenerek endüstriyel kenevirin diğer ikame ürünlere karşı rekabet üstünlüğü, çevresel etkisi, gelişme potansiyeli ve kenevirle ilgili tartışmalar ele alınmıştır.

Dünya genelinde kenevir yetiştiriciliği ile ilgili yapılan tartışmalar endüstriyel kenevir ve esrar üretiminin aynı bitkiden üretilmesinden kaynaklanmaktadır.

Ancak bitki ıslah yöntemlerindeki gelişmeler sayesinde düşük THC oranına sahip endüstriyel kenevir çeşitlerinin geliştirilmesi sonucunda ABD ve Avrupa Birliği ülkelerinde kenevir üretim alanlarında artış gözlemlenmiştir.

Endüstriyel amaçlı yetiştirilen kenevirin tetrahidrokannabinol (THC) oranı ülkelere göre değişmekle birlikte üst sınır %0.2 ile %0.3 kabul edilmektedir ve THC oranı %0.3’den düşük kenevir

bitkilerinden sadece endüstriyel amaçlı yararlanılabilmektedir (Gizlenci ve ark., 2019).

2.1 Kenevirin kullanım alanlarına yönelik literatür

Kenevir çok çeşitli coğrafi bölgelerde ve iklimlerde lif, tohum veya her iki amaçla yetiştirilebilmektedir. Günümüzde, dünyadaki başlıca kenevir üreten ülkeler Çin Halk Cumhuriyeti, Avrupa Birliği ülkeleri ve Kanada’dır. Kenevir, uzun ve güçlü lifleri ve tohumları için geleneksel olarak yetiştirilen, dünyanın en eski tek yıllık lif bitkilerinden birisidir. Kenevir için küresel pazarın 25.000’den fazla üründen oluştuğu tahmin edilmektedir (Salentijn ve ark., 2015).

Endüstriyel kenevir geleneksel olarak yüksek kaliteli lifi için yetiştirilmesine rağmen, bitkinin her parçası çok çeşitli nihai ürünlerin üretiminde girdi olarak kullanılabilir.

Yıllar içerisinde kenevir lifi üretimindeki düşüşün temel sebepleri arasında; yüksek iş gücü gereksinimi ve maliyetleri, mekanizasyon eksikliği, sentetik lif ve elyafın daha ucuz olması, pamuk bitkisi ile rekabet edememesi sayılabilir (Arslanoğlu ve ark., 2017; Gizlenci ve ark., 2019).

Birkaç batı Avrupa ülkesi son zamanlarda endüstriyel kenevir yetiştirmeye başlasa da, endüstriyel kenevir üretimine hala Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Kore ve kenevir üretiminin hiç yasaklanmadığı Rusya Federasyonu hâkimdir.

Çok amaçlı üretime yönelik kenevir yetiştiriciliğine olan ilgi, özellikle de Avrupa ülkelerinde lif ve tohum kombinasyonu için belirgin bir şekilde görülmektedir (Carus ve ark., 2013).

Endüstriyel kenevirden lif ve tohum dışında biyokütle olarak da yararlanılmaktadır. Bitki, soğuk iklim bölgelerinde bile yüksek biyokütle verimi üretebilmektedir. Bu durum, ekilebilir arazilerde diğer gıda ve yem bitkileriyle rekabeti azaltmaktadır (Prade ve ark., 2012).

Kenevir yaşam döngüsü boyunca çevre dostu özellikler göstermektedir. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda, kenevir biyokütlesinden elde edilen yakıtların çevreye daha az zarar vermesi, toprak sıkışmasını önlemesi ve tarımsal biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir. Kenevir, erozyon için orta-düşük düzeyde etki, su tüketimi ve biyolojik çeşitlilik için orta düzeyde etki göstermektedir (Poisa ve Adamovics, 2010; Rehman ve ark., 2013).

Bununla birlikte kenevirden üretilen ürünlerden sadece lif, yağlı tohum ve kozmetik alanlarındaki ürünlerin gelişme potansiyeli daha yüksektir (Cherney ve Small, 2016).

2.2 Kenevir yetiştiriciliği konusundaki tartışmalara yönelik literatür

Gelişim potansiyeli yüksek ancak bir o kadar da tartışmalı bir ürün olan endüstriyel kenevir, ABD başta

olmak üzere Kanada ve AB ülkelerinde son zamanlarda dikkat çekmekte ve tartışmaların odak noktası olmuş durumdadır. ABD’de hükümet kanadında ki temel tartışma, çiftçilerin alternatif bir ürün olarak endüstriyel kenevir yetiştirmelerine izin vermek için esrar ve kenevir üretimini yasaklayan kanunun değiştirilmesinin gerekip gerekmediğidir. Kenevir konusundaki tartışmalar, temelde kenevirden hem endüstriyel ürünlerin üretilmesi hem de esrar üretilmesine dayanmaktadır (Wang ve Shi, 1999).

Endüstriyel kenevir üretimine ilişkin olumlu ve olumsuz görüşlerin zaman içerisinde nasıl değiştiğini tespit etmek için 2010 yılı öncesi ve sonrası yapılan çalışmaları ekonomi, politika, sosyal ve hukuk çerçevesinde inceleyen Luke (2017), kenevire olan olumlu ve olumsuz bakışların sayısının 2010 yılı öncesi ve sonrasında benzer olduğunu ifade etmektedir. Araştırmacı, Hukuk alanında kenevir ile ilgili yapılan çalışmalarda 2010 yılı sonrasında daha fazla olumsuz bakış açısına sahip çalışma bulunmasına rağmen, 2010’dan sonra olumlu görüş sayısında da büyük bir artış meydana geldiğini, ekonomi alanındaki çalışmalarda ise 2010 yılından sonra olumsuz bakış açısına sahip çalışmaların sayısında çarpıcı bir oranda düşüş olduğunu belirlemiştir.

Endüstriyel kenevirin politik ve sosyal yönden kabul edilmemesinde bireylerin eğitim seviyelerine bağlı algılama sorunu, çıkar gruplarının güçlü direnişi ve yasal boşluklar sayılabilir. Bazı ülkelerde kenevir yetiştiriciliğine, güvenlik güçleri ve bunlara bağlı örgütler oldukça güçlü bir direnç gösterebilmektedirler (Lane, 2017).

Diğer bir konu ise kenevir tarımına ilgi duyan ülkelerde kenevir yetiştiriciliğine ilişkin yasal düzenlemelerin yapılmaması endüstriyel kenevirin gelişimine ilişkin tartışmaları beraberinde getirmektedir.

Kenevir için genel olarak, önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve yenilikçi üretim stratejileri önerilmiş olsa da, özellikle tekstil alanında kullanımları için önemli darboğazlar hala bulunmaktadır.

Kenevirden elde edilen biyopolimer ve tekstil dışı bileşiklerin üretimi kısa vadede ekonomik olarak kendi kendini sürdürülebilirken, tekstil alanında kullanımı için lif işleme hala önemli gelişmelere ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte, emek yoğun ve ekonomik olmayan lif üretim süreçleri nedeniyle kenevir, yenilikçi ve ekonomik süreçler veya üretim planları tasarlanıp onaylanmadığı sürece bugünün tarım sistemi için hala uygun görülmemektedir.

Tekstil dışı uygulamalar için lif kalitesi ikincil öneme sahiptir. Bu nedenle keneviri tekstil dışındaki kullanımlar için ticarileştirmek, kısa vadede daha gerçekçi olabilir (Zatta ve ark., 2012).

2.3 Kenevirin rekabet üstünlüğüne yönelik literatür

Kenevir yetiştiriciliğine olan ilginin artması, kenevirin diğer endüstri bitkilerine karşı rekabetini gündeme getirmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; kenevirin daha çevreci olması, diğer endüstri bitkilerine göre daha az maliyetle üretilebilmesi ve kullanım alanlarının daha fazla olması alternatif bir tarım ürünü olarak ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Dünya üzerinde üretilen tekstil ürünlerinin %36’sı pamuk lifinden üretilmektedir.

Averink (2015), endüstriyel kenevir tekstilinin küresel su ayak izi adlı çalışmasında, endüstriyel kenevirin düşük girdi talebine karşılık yüksek verimli olduğu ve en büyük ikame ürünü olan pamuk ile karşılaştırıldığında gübre ve zirai ilaç isteğinin daha az olduğunu ileri sürmektedir.

Dolayısıyla tekstil üretiminde, yetiştirilmesi için daha az suya ihtiyaç duyulan kenevir gibi diğer alternatif lif bitkilerinin kullanılabilceğini önermektedir. Aynı çalışmanın sonucunda, endüstriyel kenevirin su ayak izinin (2719 l/kg), pamuğun su ayak izinin (10000 l/kg) 1/3’ünden daha az olduğunu tespit etmiştir. Alden ve Proops (1998), endüstriyel kenevirin çift getirisi aldı çalışmalarında, endüstriyel kenevir tarımına izin verilmesinin yerli sanayiye desteklediği, arazi kullanım ihtiyacının azaldığı ve çevre kalitesinin arttığı tespit edilmiştir. Sokolchik (2014), kenevir tarımı adlı çalışmasında, kenevirin mevcut kâğıt üretim yöntemlerine çevresel olarak sağlam bir alternatif olabileceğini ve ormansızlaşma sürecini önemli ölçüde azaltabileceğini vurgulamaktadır.

Kenevir, az miktarda teknik girdi gerektiren (Amaducci ve ark., 2015), çevre üzerinde olumlu etkisi olan yüksek verimli (Struik ve ark., 2000; Barth ve Carus, 2015; Bouloc ve Werf, 2013) çevre dostu (Rehman ve ark., 2013) bir üründür.

Literatürde kenevir bitkisinin çevreci bir ürün olması yanında ikame ürünlerine göre daha rekabetçi bir tarımsal ürün olduğu konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Endüstriyel kenevir, en büyük ikame ürünü olan pamuk ile karşılaştırıldığında düşük girdi talebine karşılık yüksek verimli olduğu ileri sürülmektedir.

Ayrıca endüstriyel kenevirin sentetik lifler, plastik ve petrol gibi fosil yakıtlardan ve orman ürünlerinden elde edilen liflere karşı önemli bir ikame ürün olduğu savunulmaktadır.

Endüstriyel kenevir konusunda üzerinde durulan en önemli nokta ise hem çevreci bir ürün olması hem de düşük maliyetle üretilebilme imkânının olması ikili bir kazanç olarak görülmektedir.

Das ve ark. (2017) endüstriyel keneviri biyoyakıt potansiyeli açısından sorgum, dallı darı ve kenaf ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda kenevir tohumu ve kenevir saplarından biyoyakıt elde etmek amacıyla kenevir yetiştirilen birim alana brüt kârının sorgum, dallı darı ve kenafa göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Luke (2017), endüstriyel kenevir tarımında ekonomik konuların değerlendirilmesi adlı çalışmasında; Arkansas'ta üretilen endüstriyel keneviri, diğer ürünlerle kârlılık yönünden karşılaştıran bir doğrusal programlama uygulaması gerçekleştirmiştir.

Model sonucunda Arkansas'ta kenevir tarımına izin verilmesi durumunda kullanılan toplam tarım arazilerinin %2.8 ile %4.4 arasında artacağı belirlenmiştir. Sınırlı doğrusal programlama modelinde ürünlerin maliyetleri ve potansiyel getirileri birlikte değerlendirildiğinde endüstriyel kenevirin, ümit verici bir ürün olduğu tespit edilmiştir.

Aynı çalışmada planlama sonucunda Arkansas'ta kenevire izin verildiğinde, çeltik hariç diğer tüm tahılların üretim alanlarında düşüş meydana gelmesi beklenmektedir.

Ekim alanlarındaki en büyük yüzde azalma; kuru şartlarda pamuk, soya fasulyesi ve sulu şartlarda soya fasulyesi alanlarında meydana gelmektedir. Çalışmada ayrıca diğer ürünlerin 5 yıllık verim ve fiyat ortalamaları ele alındığında kenevir lifi üretmek; kenevir lifinin her fiyat seviyesinde daha kârlı bulunmuştur.

Wang ve Shi (1999) çalışmalarında, lif fiyatları yükseldiğinde endüstriyel kenevir üretim alanlarının arttığını, pamuk fiyatlarında yükselme olduğunda ise kenevir üretim alanlarının düştüğünü tespit etmiştir.

Kuglarz ve ark. (2014), endüstriyel kenevirde etanol üretimi adlı çalışmalarında kenevirde etanol üretim imkânlarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda kenevirde etanol üretiminin ekonomik anlamda kârlı olduğu belirtilmiştir. Endüstriyel kenevir yetiştiriciliği konusunda diğer bir tartışma konusu da kenevirin liflik, tohumluk veya her ikisi için de yetiştirilmesi konusundadır. Cherney ve Small (2016), Kuzey Amerika'da endüstriyel kenevir: üretim, politika ve potansiyeli adlı çalışmalarında daha önceki çalışmalarda yapılan ekonomik analizlerde lif üretimi üzerinde durulduğunu, ancak endüstriyel kenevir tohumunun gelişimini göz ardı ettiklerini ileri sürmektedirler. Aynı çalışmada, kenevirin bir tohum kaynağı olarak, lif kaynağından çok daha fazla potansiyele sahip olduğu vurgulanmaktadır. Kenevir tohumu işleyen endüstrinin temel ihtiyacının, kenevir tohumunun diğer yağlı tohumlarla rekabetçiliğini arttırabilmek için yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi olduğunu öne sürmüştür. Kenevir tarımında temel sorunlardan birisi üretimin hangi amaçla yapılacağına ilişkindir. Fransa gibi bazı ülkelerde, aynı alanda hem lif hem de tohum üretimi birlikte yapılmaktadır. Küresel anlamda düşünüldüğünde, büyük alanlarda üretim yapan üreticiler kenevirde lif veya tohum elde etme konusunda uzmanlaşma eğilimindedirler. Küçük alanlarda üretim yapan çiftçiler ise genellikle karma üretimi tercih etmektedirler.

Sokolchik (2014), İndiana'da sadece kenevir tohumu üretmenin daha kârlı olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada; ana ürün mısır, ikinci ürün mısır, ana ürün

fasulye, buğday ve kenevir tohumu net getirileri hesaplanmıştır. İncelenen ürünlerin net getirileri birim alana sırasıyla 277\$, 345,4 \$; 395,4 \$; 253,0 \$ ve 240,8\$ olarak hesaplanmıştır.

Bu dört ürünün net getirileri kenevir lifinin getirileri ile karşılaştırıldığında, kenevir lifinin daha az kârlı olduğu tespit edilmiştir. Kenevir tohumu fiyatının daha yüksek olması sebebi ile kenevir tohumunun getirisinin ikinci ürün mısır ve fasulyenin net getirileri ile karşılaştırılabilir nitelikte bulunmuştur.

Bu rakamlar, endüstriyel kenevirin bir münavebe bitkisi potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir. Sadece net getiriler göz önüne alındığında endüstriyel kenevirin tohumluk amacıyla üretilmesinin uygulanabilir olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Daha önce yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, kenevir üretiminin sadece lif ve tohumluk olarak ayrı ayrı üretilmesi durumunda diğer ürünlerle rekabet edebilmesinin zorlaştığı, aynı bitkiden hem lif hem de tohum elde edilmesi amacıyla yapılması durumunda ise diğer ürünlerle rahatlıkla rekabet edebildiği söylenebilir. Ancak aynı üründen hem lif hem de tohum elde edilmesi amacıyla yapılan üretimde, üretim sezonunun uzaması sebebi ile risk faktörlerinin (ürün kaybı, ürün kalitesi, doğal afetler vb.) artacağı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Endüstriyel kenevir tarımı ile ilgili sıkça tartışılan bir konu da endüstriyel kenevirin geleceğine ilişkin beklentilerdir. Cherney ve Small (2016), Kuzey Amerika'da kenevir tohumundan elde edilen ürünlere olan talebin artmasından dolayı tohumluk amaçlı endüstriyel kenevir üretiminin ümit verici olduğunu ve gelişme potansiyeli olduğunu ileri sürmektedir. Das ve ark. (2017), endüstriyel kenevirin hem biyoyakıt hem de katma değerli ürünler üretmek için gelecek vaat eden bölgesel bir ürün olma potansiyeli olduğunu aktarmaktadır. Bununla birlikte, kenevir bazlı ürünler için ABD pazarı, kenevirde elde edilen doğal gıdalar ve vücut bakım ürünleri için talep artmakta ve kenevir ürünlerinin pazarının gelişme göstermesi beklenmektedir. Bu küçük ölçekli, ancak kârlı, çok çeşitli endüstriyel ve tüketici ürünleri için niş pazarların varlığı göz önüne alındığında, ABD'deki ticari kenevir endüstrisi, üreticiler için ekonomik olarak uygulanabilir bir alternatif ürün olabilir. Endüstriyel kenevir yetiştiriciliğinin gelecek dönemlerde gelişme potansiyeli olduğunu savunanların yanında aksi görüşte olan çalışmalar da mevcuttur. Endüstriyel kenevir pazarının sınırlı büyüyeceğini ileri sürenler özellikle kenevirin ikame ürünlerine karşı düşük rekabetçiliğine, maliyetlerinin fazla olmasına, kenevir işleme tesislerinin sınırlı yapmasına ve hala kenevire karşı olumsuz tutuma vurgu yapmaktadırlar. Cherney ve Small (2016), endüstriyel kenevirin iyi bir yağlı tohum alternatifi olmasına rağmen yağ üretimi için keten tohumu, ayçiçeği ve kanola ile rekabet edemediğini ifade etmektedirler.

Sokolchik (2014), çiftçilerin kenevir tarımına geçebilmeleri için kenevir lif ve tohum verimlerinin artırılmasını önermekte ve endüstriyel kenevir endüstrisinin mevcut durumu göz önüne alındığında büyük ölçekli tarım işletmelerinin üretim sistemlerini kenevirden yana değiştirmesinin sınırlı kalacağını ifade etmektedir.

Benzer şekilde Vantreese ve ark. (1997), uygulanabilir bir işleme endüstrisi olmadan kenevirin kâr tahminlerinin oldukça spekülatif olduğunu belirtmektedir.

Zatta ve ark. (2012) ürünlerin kâr marjları karşılaştırıldığında, şu anki durumunda, kenevirin çiftçiler için oldukça riskli bir girişim olduğunu ifade etmektedir. Mevcut durumda kenevir tohumu yetiştiriciliği ekonomik anlamda kârlı bulunurken kenevir lifi yetiştiriciliğinin ekonomik olarak uygulanabilir olması için yüksek verimli çeşitlere gereksinim duyulmaktadır. Fortenbery ve Bennett (2004) yaptıkları çalışmada, kenevirin geleneksel tahıl ürünlerinden biraz daha kârlı, ancak özel ürünlerden daha az kârlı olduğu ve genel olarak gelecekteki kalkınmanın cesaretini kırdığı sonucuna varmıştır. Kentucky Üniversitesi (1997) tarafından hazırlanan bir raporda; kenevir ile ilgili bazı olumlu getiriler görülmesine rağmen mevcut piyasa koşullarında, öngörülen kenevir getirilerinin, çoğu durumda tahıl üreticilerini tahıl üretiminden vazgeçmeye teşvik edecek kadar büyük olamayacağı ifade edilmektedir.

Ayrıca aynı raporda, yeni bir kenevir endüstrisinde gelişen kısa vadeli istihdam fırsatlarının, sektördeki belirsizlik nedeniyle sınırlı kalacağı vurgulanmaktadır. USDA Ekonomik Araştırma Servisi (2000), kenevir piyasalarının küçük kalacağı, uzun vadeli talep ve aşırı arz potansiyeli konusunda belirsizliğin süreceği sonucuna varmış ve ABD'de ekonomik açıdan uygun bir alternatif ürün olarak kenevirin şansını en aza indirmiştir.

Kenevir endüstrisinin gelişmesini kısıtlayan temel faktörlerden birisi de bu sektöre ilişkin veri temininde sıkıntı yaşanmasına bağlanmaktadır. Kenevirin sadece kârlılığın odaklanmak kenevir yetiştiriciliği ve endüstrisinin küçük bir kısmına odaklanmak anlamına gelmektedir. Kenevir yetiştiriciliği ve endüstrisi şu anki haliyle, küresel pazarda hem arz hem talep açısından önemli dalgalanmalara sahiptir. Sokolchik (2014), küresel kenevir endüstrisini açıklayan tutarlı resmi rakamların bulunmamasının çiftçileri böyle bir girişime başlamak konusunda huzursuz edeceğini ifade etmektedir. Küresel bazda kenevir endüstrisine ilişkin verilerin sınırlı olmasının yanı sıra kenevir yetiştiriciliğine ilişkin verilere ulaşmada da sorunlar yaşanmaktadır. Luke (2017)'e göre bir ürün olarak endüstriyel kenevirin üretim ve pazarlamasının ekonomik olarak uygulanabilirliği hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu sebeple Small ve Marcus (2002) hasat uygulamalarının, verimlerin ve üretim maliyetlerinin iyileştirilmesine yönelik araştırma

yapılmasını önermektedir. Endüstriyel kenevir diğer tarım ürünleri ile rekabet etmesinin yanı sıra rakip işletmeler ile de rekabet etmektedir. Marcus (1996) ve Vantreese (1997) endüstriyel kenevirin hemen hemen tüm dünyada yetiştirilebilmesine rağmen rekabet avantajları büyük ölçüde yerel iş gücü maliyetlerine ve ham maddenin büyüklüğünden dolayı işleme kapasitesine bağlı olduğunu ifade etmektedirler.

Yapılan detaylı literatür taramasında da görüldüğü gibi günümüzde endüstriyel kenevir hala tartışılan bir konudur. Endüstriyel kenevir ve esrar ilişkisi konusundaki olumsuz tutum devam etmekle birlikte yapılan çalışmalarda endüstriyel kenevir yetiştiriciliğinin ve pazarının ekonomik açıdan gelişme potansiyeli bulunmaktadır. Başta pamuk olmak üzere diğer lif bitkilerine göre daha çevreci olması (daha az gübre ve ilaç isteği), kullanım alanlarının daha geniş olması ve üretim maliyetlerinin karşılaştırılabilir düzeyde olması sebebi ile alternatif bir tarımsal ürün olarak yetiştirilebileceği sonucu çıkarılabilir. Diğer taraftan, kenevir endüstrisinin yeterince gelişmemiş olması, lif üretiminin büyük ölçüde insan gücüne dayalı olması, ikame ürünlerle rekabet edebilecek yüksek verimli çeşitlerin sayısının sınırlı olması, kenevir ticaretine ilişkin verilerin kısıtlı olması ve kenevir konusunda yeterince araştırma yapılmaması sektörün önündeki sorunlar olarak sıralanabilir. Türkiye'de endüstriyel kenevirin yetiştiriciliği konusunda araştırmaların sınırlı olmasının yanında, kenevir endüstrisini ekonomik açıdan inceleyen çalışma bulunmaması bu çalışmanın yapılmasını gerekli kılmaktadır ve özgün bir değer katmaktadır.

3. Dünya ve Türkiye'de Endüstriyel Kenevir Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu

Dünya genelinde endüstriyel kenevir liflik ve tohumluk olarak üretilmekte ve istatistikleri ayrı ayrı tutulmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun 2017 yılı verilerine göre dünya genelinde endüstriyel kenevir 16 ülkede liflik, 12 ülkede ise tohum üretmek amacıyla yetiştirilmektedir. Dünya genelinde lif elde etmek amacıyla 42.2 bin hektar, tohum elde etmek amacıyla 28.1 bin hektar alanda kenevir yetiştirilmektedir. Dünya genelinde 1961 yılında 473.3 bin hektar olan lif amaçlı kenevir üretimi sürekli bir düşüş göstererek 2017 yılında 42.2 bin hektara kadar düşmüştür. Bu düşüşten tohum amaçlı üretilen kenevir de nasibini almış olup 1961 yılında 330.1 bin hektar olan üretim alanları 2017 yılında 28.1 bin hektar olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1). Dünyada lif amaçlı endüstriyel kenevirin yetiştirildiği başlıca ülkeler Kuzey Kore (%50.3), Çin Halk Cumhuriyeti (%11.5), Şili (%10.4) ve Rusya Federasyonu (%9.7)'dur. Lif amaçlı kenevir en fazla Kuzey Kore'de yetiştirilmesine rağmen bu ülkede üretilen kenevir dünya piyasalarında doğrudan yer almamaktadır. Dünya endüstriyel kenevir endüstrisinin yoğun olduğu ABD; Kanada ve Çin Halk

Cumhuriyeti'nden, AB ülkeleri ise genellikle üye ülkelerde yetiştirilen keneviri hammadde olarak kullanmaktadır. Tohum amaçlı kenevir üreten ülkelerin üretim alanları ve dünya üretiminden aldıkları pay Çizelge 2'de verilmiştir. Fransa (%44.0), Çin Halk Cumhuriyeti (%21.0) ve Rusya Federasyonu (%12.8) dünyada en fazla tohum amaçlı kenevir yetiştiren ülkelerdir. Türkiye'de tohum amaçlı kenevir üretimi oldukça düşüktür. Türkiye'de kenevir ekim alanları ve verimlerinin son on yıllık değişimi incelenerek Çizelge 3'te verilmiştir. Türkiye'de kenevir üretimi 2004 yılına kadar Kütahya, Çorum, Kastamonu ve Samsun illerinde

yetiştirilirken ekim alanları giderek azalmış ve 2008 yılından sonra sadece Samsun ilinde sınırlı bir alanda yetiştirilmeye devam edilmiştir. Samsun ilinde kenevirden üretilen lifler küçük dokuma atölyelerinde değerlendirilirken elde edilen tohumlar ise yine üreticiler tarafından ekim amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye'de kenevir yetiştiriciliği 2018 yılında tekrar gündeme gelmiş ve kamu tarafından özel bir ilgi gösterilmiştir. Bu konuda ıslah çalışmaları, yeni çeşit tescil çalışmaları ve endüstrisinin gelişmesi için altyapı çalışmalarına ağırlık verilmiştir.

Çizelge 1. Lif amaçlı kenevir yetiştiren ülkeler ve ekim alanları (FAO, 2017)

Table 1. *Hemp growing countries and planting areas for fiber purposes (FAO, 2017).*

Ülke	Liflik kenevir ekim alanı (ha)
Kuzey Kore	21,247
Çin Halk Cumhuriyeti	4,841
Şili	4,411
Rusya Federasyonu	4,089
Romanya	2,357
Ukrayna	1,565
Hollanda	1,272
Fransa	705
Avusturya	673
İtalya	459
Macaristan	256
Çekya	218
Polonya	96
İspanya	10
Türkiye	10
Güney Kore	9
Toplam	42,218

Çizelge 2. Tohum amaçlı kenevir üreten ülkeler ve ekim alanları (FAO, 2017)

Table 2. *Hemp producing countries and seed areas for seed purposes (FAO, 2017).*

Ülke	Tohumluk kenevir ekim alanı (ha)	Oran (%)
Fransa	12,333	44.0
Çin Halk Cumhuriyeti	5,894	21.0
Rusya Federasyonu	3,600	12.8
Şili	2,461	8.8
Macaristan	1,403	5.0
Ukrayna	1,043	3.7
Romanya	898	3.2
İran	198	0.7
İspanya	140	0.5
Polonya	60	0.2
Pakistan	28	0.1
Türkiye	2	0.01
Toplam	28,060	100

Çizelge 3. Türkiye kenevir ekim alanları ve verimdeki değişim (TÜİK, 2018)

Table 3. Turkey hemp cultivation areas and changes in yield (TurkStat, 2018).

Yıl	Kenevir tohumu ekim alanı (da)	Kenevir lifi ekim alanı (da)	Tohum verim (kg/da)	Lif verim (kg/da)
2008	294	294	41	71
2009	66	66	45	61
2010	221	221	32	45
2011	140	157	57	102
2012	64	63	63	95
2013	7	12	143	83
2014	10	10	100	100
2015	10	10	100	100
2016	25	45	50	156
2017	24	46	42	152
2018	59	55	51	127

4. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın ana materyalini, Samsun ilinde kenevir üretiminin yapıldığı Vezirköprü ilçesi Narlısaray köyündeki üreticilerden anket yolu ile elde edilen veriler oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılan veriler 2018-2019 yılı üretim dönemini kapsamaktadır. Çalışmada ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığı Vezirköprü İlçe Müdürlüğü kayıtlarından, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) ilgili verilerden yararlanılmıştır. Vezirköprü ilçesinde toplam 58 üretici liflik ve tohum üretmek amacıyla kenevir yetiştirmektedir. Araştırma kapsamında gayeli olarak seçilen 15 üretici ile anket çalışması yapılmıştır. Patton (1997)'a göre gayeli örnekleme, zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine çalışılmasına olanak veren bir yöntemdir.

Bu çalışmada kenevir yetiştiriciliğinin kârlılık durumu işletmede yetiştirilen tüm ürünler için değil, sadece araştırma konusu ürün olan kenevir için hesaplanmıştır. Kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak kârlılığının belirlenmesi amacıyla kenevir yetiştiriciliği için girdi kullanım miktarları ve toplam üretim maliyetleri tahmin edilmiştir. Üretim maliyetini oluşturan masrafları, değişken ve sabit masraflar olmak üzere iki başlık altında incelemek mümkündür. Değişken masraflar, üretim hacmine bağlı olarak miktarları değişen ve genellikle belirli bir ürünün üretimine kolaylıkla dağıtılabilen masraflardır. Bu çalışmada, toprak hazırlığı-ekim masrafları, tohum bedeli, su, gübre, tüm işçilik giderleri ve döner sermaye faizi değişken masraf olarak kabul edilmiştir. Döner sermaye faizi değişken bir masraf olup, üretim faaliyetine yatırılan sermayenin fırsat maliyetini ifade etmektedir. Döner sermaye faizi, değişken masraflara T.C. Ziraat Bankasının bitkisel üretim kredilerine uyguladığı faiz oranının (%13) yarısı uygulanarak hesaplanmıştır. Sabit masraflar üretim miktarına bağlı

olmaksızın ortaya çıkan ve üretim yapılmasa dahi gerçekleşen masraflardır. Bu çalışmada sabit üretim masrafları; arazi kirası karşılığı ve genel idare giderleri olarak hesaplanmıştır (Kıral ve ark. 1999). Genel idare giderleri olarak kendisi dışındaki masrafların %3'ü alınmıştır. Araştırmada, üreticilerin kendi makinelerini kullanmaları halinde, bölgedeki birim makine kiralari esas alınmıştır.

Kenevir işletmelerinde üretim faaliyetinin kârlılık düzeylerinin belirlenmesi için birim alandan elde edilen maliyetler ve gelirler hesaplanmıştır. Kenevir yetiştiriciliği için birim alana maliyet, brüt, net ve nispi kârların hesaplanmasında;

Birim maliyet (TL/kg) = (Toplam masraflar (TL) – yan ürün geliri (TL)) / Ana ürün miktarı (kg) (1)

Brüt kâr = Gayrisafı üretim değeri (TL) – Değişken masraflar (TL) (2)

Net kâr = Gayrisafı üretim değeri (TL) – Toplam üretim masrafları (TL) (3)

Nispi kâr = Gayrisafı üretim değeri (TL) / Toplam üretim masrafları (TL) (4)

formülleri kullanılmıştır (Açıl ve Demirci, 1984; Kral ve ark., 1999; Tanrıvermiş, 2000). Kenevir yetiştiriciliğinin kârlılık durumu; bölgede yoğun olarak üretimi yapılan ayçiçeği, buğday, şekerpancarı ve silajlık mısır verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu ürünlerin üretim gider ve gelirlerine ilişkin veriler TOB Samsun İl Müdürlüğü veritabanlarından elde edilmiştir.

Kenevir tarımının dünya genelinde ve Türkiye'de gelecek dönemlerde nasıl bir yön izleyeceğinin tahmin edilmesi amacıyla geçmiş dönemlere ait zaman serisi verileri (ekim alanları ve ithalat verileri) kullanılarak bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Modelde kullanılacak kenevire ait zaman serisi verileri TÜİK'ten elde edilmiştir. Projeksiyonu yapılacak ürüne ait zaman serisi verilerinin otoregresyon ve kısmi otoregresyon grafikleri ve ilgili istatistik testler (Dickey Fuller vb.)

yardımıyla durağanlıkları incelenmiştir ve seriler analize uygun hale getirilmiştir. Kenevir ekim alanları ve ithalat verilerinden oluşan zaman serileri Çift Üstel Düzeltme Yöntemi (ÇÜDY) kullanılarak gelecek yıllardaki öngörüler yapılmıştır.

Üstel düzeltme yöntemleri, geçmiş verileri matematiksel olarak düzeltmekte ve veri setindeki en son gözlem değerine en yüksek, daha önceki gözlem değerlerine de azalan bir biçimde ağırlık vermektedir. Çift üstel düzeltme yöntemi belli bir trend içeren seriler için kullanılmaktadır (Bowerman ve O'Connell, 1979; Boken, 2000; Aydoğan ve ark., 2015). Çift üstel düzeltme yöntemi, öngörü aşamasında son yılların verilerine daha fazla ağırlık vermesi ve Türkiye'de kenevir tarımının da benzer bir eğilim göstermesi sebebi ile tercih edilmiştir.

5. Bulgular ve Tartışma

5.1 Kenevir üretim masrafları ve getirileri

Literatür taramasında da görüldüğü üzere dünya genelinde kenevir yetiştiriciliği sadece lif, sadece tohum veya her ikisini elde etmek için üç farklı amaçla yapılmaktadır. Ticari amaçlı büyük alanlarda yapılan kenevir yetiştiriciliğinde tek ürün elde etmek (bir üründe uzmanlaşma) amaçlanırken küçük alanlarda yetiştirilen kenevirlerden hem lif elde etme hem de tohum elde etme amaçlanmaktadır (Sokolchik, 2014). Araştırma alanı olan Vezirköprü ilçesindeki kenevir işletmelerinin ortalama kenevir ekim alanlarının 3.4 dekar olduğu göz önüne alındığında aynı bitkiden karma üretim yapıldığı söylenebilir. Yapılan arazi çalışması ile Vezirköprü ilçesi Narlısaray köyünde yetiştirilen kenevirde lif, tohum ve soyulmuş sap (kıtık) olmak üzere üç farklı ürün elde edilebildiği saptanmıştır. Bu üç ürünün elde edilmesi için yapılan üretim masrafları yaklaşık olarak hasat işlemine kadar aynıdır. Kenevir yetiştiriciliğinde; asıl amaç tohum üretmek ise birim alanda daha az bitki, asıl amaç lif elde etmek ise birim alanda daha fazla bitki tavsiye edilmektedir. Bu teknik ayırmadan dolayı, üretim masrafları arasında farklılıklar oluşabilmektedir. Yapılan çalışmada, kenevirin pazarlama aşamalarında farklılık olduğu belirlenmiştir. Bölgedeki üreticiler kenevir bitkisinden elde ettikleri ürünlere ve pazarlama şekillerine göre beş farklı grupta sınıflandırılmıştır.

Birinci gruptaki işletmeler (Ürün 1); keneviri hem tohum için hem de lif için üretmektedirler. Bu işletmeler kenevir bitkisinin lif kısmını kenevir saplarından ayırmadan ham halde pazarlamaktadırlar (ürün=tohum+soyulmamış sap). Ana ürün tohum olup, soyulmamış sap yan üründür.

İkinci gruptaki işletmeler (Ürün 2); keneviri sadece lif için üretmekte, kenevir bitkisinin lif kısmını kenevir saplarından ayırmadan ham halde pazarlamaktadırlar (ürün=soyulmamış sap).

Üçüncü gruptaki işletmeler (Ürün 3); keneviri sadece lif için üretmekte, kenevirde lif elde ettikten sonra kalan kısım olan kıtığı (soyulmuş sap) ayrıca pazarlamaktadırlar (ürün=lif+kıtık).

Dördüncü gruptaki işletmeler (Ürün 4); keneviri hem lif hem de tohum amaçlı üretmekte, lifi bitkiden ayırmakta ve soyulmuş sapı da ayrıca pazarlamaktadır (ürün=tohum+lif+kıtık).

Beşinci gruptaki işletmeler (Ürün 5); keneviri sadece lif için üretmekte, kenevirde lif elde ettikten sonra kalan kısım olan kıtığı ayrıca pazarlamaktadırlar. Bu gruptaki işletmeler lif sıyırma işlemini makine ile gerçekleştirmektedirler (ürün=lif+kıtık).

İncelenen işletmelerin kenevir bitkisinden farklı şekillerde fayda sağlama çalışmaları, bu ürünlerin masraf ve gelirlerinin de farklı olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla kenevir tarımından maksimum faydayı sağlayacak ürün grubunun belirlenmesi için her ürün grubunun kârlılık durumu ayrı ayrı incelenmiştir (Çizelge 4).

Farklı senaryolara göre kenevir yetiştiriciliğinin masraf ve gelirlerinin verildiği Çizelge 4 incelendiğinde, Ürün 1, Ürün 2 ve Ürün 5 gruplarında yer alan senaryoların Ürün 3 ve Ürün 4 grubunda yer alan senaryolardan daha kârlı olduğu görülmektedir. Bölgede kenevir yetiştiriciliği; kenevirde tohum elde edilmesi ve kenevir liflerinin bitkiden soyulmadan pazarlandığı Ürün 1 grubunda en kârlı bulunmuştur. Bunu lif amaçlı üretilen ancak liflerin bitkiden soyulmadan pazarlandığı Ürün 2 grubu takip etmektedir. Ürün 1 (2,088.5 TL/da), Ürün 2 (1,837.6 TL/da) ve Ürün 5 (205.6 TL/da) grubunda kenevir işletmeleri yapmış oldukları üretim masraflarından daha fazla gelir elde ederken Ürün 3 (-1,015.3/da) ve Ürün 4 (-1,240.0 TL/da) grubunda yer alan işletmelerin elde ettikleri toplam gelirler yapılan değişken masrafları dahi karşılamamaktadır.

Kenevir üretim masraflarının ortalama %90.6'sı değişken masraflardan, %9.4'ü ise sabit masraflardan oluşmaktadır. Kenevir yetiştiriciliğinin kârlılığı üzerinde en fazla hasat ve sonrası işçilik maliyetleri etkili olmaktadır. Kenevir lifinin bitkiden ayrıştırılmadan pazarlandığı grupta (ürün 1 ve ürün 2) hasat ve sonrası işçilik masraflarının, toplam üretim masraflarına oranı %53.6 iken, kenevir lifinin bitkiden ayrıştırılarak lif halinde pazarlandığı grupta (ürün 3 ve ürün 4) hasat ve sonrası işçilik masraflarının toplam üretim masraflarına oranı %71.4 olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla hasat işlemleri ve lif elde etme süreçlerinde makinalı tarıma geçilmesi üretim masraflarını düşüreceğinden kenevir yetiştiriciliğini daha kârlı duruma getirebilecektir.

Araştırmada sap, tohum ve lif maliyetleri Formül 1'e göre hesaplanmıştır. Birim maliyetler Çizelge 4'te verilen ana ürün grupları esas alınarak hesaplanmıştır. Diğer bir ifade ile soyulmamış sap maliyetinin belirlenmesinde ürün 2, tohum maliyetinin belirlenmesinde ürün 1 ve lif maliyetinin

belirlenmesinde ürün 3 grupları baz alınmıştır. Çalışmada 1 kg soyulmamış sap maliyeti 1.8 TL, 1 kg tohum maliyeti 30.0 TL ve 1 kg lif maliyeti ise 22.8 TL olarak hesaplanmıştır. Ancak lif sıyırma işlemi bu amaç için geliştirilmiş makine ile yapıldığında lif birim

maliyeti %34.6 oranında daha az maliyetle elde edilebilmektedir ve lif maliyeti 14.9 TL olarak hesaplanmıştır. Lif üretim maliyetinin yüksek olması sebebi ile bölgedeki üreticiler genellikle kenevir bitkisinden lifi ayırmadan pazarlamaktadırlar.

Çizelge 4. Ürün gruplarına göre masraflar ve kârlılık göstergeleri.

Table 4. Costs and profitability indicators by product groups.

Masraflar/Kârlılık ölçümleri	Ürün 1	Oran (%)	Ürün 2	Oran (%)	Ürün 3	Oran (%)	Ürün 4	Oran (%)	Ürün 5	Oran (%)
Toprak Hazırlığı	122.5	5.1	100.0	4.5	118.0	3.0	125.0	2.8	118.0	4.3
Tohum/Fide Bedeli	75.0	3.1	120.0	5.4	120.0	3.0	75.0	1.7	120.0	4.3
Ekim/Dikim Masrafları	17.0	0.7	17.0	0.8	17.0	0.4	17.0	0.4	17.0	0.6
Su Bedeli ve İşçiliği	280.0	11.6	300.0	13.5	254.5	6.4	270.0	6.1	254.5	9.2
Gübre ve İşçiliği	140.5	5.8	160.0	7.2	153.5	3.8	145.0	3.3	153.5	5.5
Hasat İşçiliği	725.0	30.1	750.0	33.7	673.5	16.9	680.0	15.3	673.5	24.3
Döndürme/tohum Çırpma	500.0	20.7	300.0	13.5	196.0	4.9	600.0	13.5	196.0	7.1
Demet Yapma	113.5	4.7	100.0	4.5	112.0	2.8	150.0	3.4	112.0	4.0
Havuzlama	0.0	0.0	0.0	0.0	675.5	16.9	675.5	15.2	0.0	0.0
Bağlama, Kurutma ve Taşıma	0.0	0.0	0.0	0.0	160.5	4.0	160.5	3.6	160.5	5.8
Lif Sıyırma	0.0	0.0	0.0	0.0	972.0	24.4	972.0	21.8	426.6	15.4
Pazarlama	37.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Döner Sermaye Faizi (0,065)	134.7	5.6	119.3	5.4	224.4	5.6	254.8	5.7	224.4	8.1
Değişken Masraflar	2,145.2	89.0	1,966.3	88.4	3,676.9	92.2	4,124.8	92.7	2,456.0	88.8
Genel İdare Giderleri (0,03)	66.2	2.7	58.6	2.6	110.3	2.8	125.2	2.8	110.3	4.0
Tarla Kirası	200.0	8.3	200.0	9.0	200.0	5.0	200.0	4.5	200.0	7.2
Sabit Masraflar	266.2	11.0	258.6	11.6	310.3	7.8	325.2	7.3	310.3	11.2
Üretim Masrafları	2,411.5	100	2,224.9	100	3,987.2	100	4,450.0	100	2,766.3	100
Tohum Verimi (Kg/da)	50.0		0.0		0.0		50.0		0.0	
Tohum Fiyatı (TL/kg)	30.0		0.0		0.0		30.0		0.0	
Lif Verimi (Kg/da)	0.0		0.0		147.5		90.0		147.5	
Lif Fiyatı (TL/kg)	0.0		0.0		16.3		14.0		16.3	
Sıyırılmamış Sap Verimi (Kg/da)	1,000.0		1,250.0		0.0		0.0		0.0	
Sıyırılmamış Sap Fiyatı (TL/kg)	3.0		3.3		0.0		0.0		0.0	
Kıtık Verimi (Kg/da)	0.0		0.0		1,150.0		900.0		1,150.0	
Kıtık Fiyatı (TL/Kg)	0.0		0.0		0.5		0.5		0.5	
GSÜD (TL/da)	4,500.0		4,062.5		2,971.9		3,210.0		2,971.9	
Brüt Kâr (TL/da)	2,354.8		2,096.2		-705.0		-914.8		515.9	
Net Kâr (TL/da)	2,088.5		1,837.6		-1,015.3		-1,240.0		205.6	
Nispi Kâr	1.87		1.83		0.75		0.72		1.07	

5.2 Kenevir ve diğer başat ürünlerin kârlılık durumlarının karşılaştırılması

Araştırmanın yapıldığı Vezirköprü ilçesinde buğday, şekerpancarı, ayçiçeği ve silajlık mısır tarımı yoğun olarak yapılmaktadır.

Diğer bir ifade ile araştırma bölgesinde kenevir yetiştiriciliği sayılan bu başat ürünlerle rekabet etmektedir. Bölgede yoğun olarak yetiştirilen bu başat ürünler ile Çizelge 4'te üretimi kârlı bulunan kenevir ürün gruplarının masraf ve gelirlerine ilişkin karşılaştırma yapılarak Çizelge 5'de sunulmuştur.

Çizelge 5 incelendiğinde, kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik getirisinin (ürün 1 ve ürün 2) Vezirköprü ilçesinde diğer başat ürünlerin ekonomik getirisinden daha fazla olduğu saptanmıştır. Nispi kâr, işletmeye

yatırılan bir birim sermayenin üretim faaliyeti sonucunda işletmeye getirisini ifade etmektedir. Buna göre araştırma alanında işletmeye yatırılan 1 TL; işletmeye, kenevir ürünlerinde ortalama 1.85 TL gelir getirirken bunu sırasıyla ayçiçeği (1.53 TL), buğday (1.36 TL), silajlık mısır (1.34 TL) ve şekerpancarı (1.27 TL) takip etmektedir.

Bölgede kenevir yetiştiriciliğinde üretim faktörlerinin daha etkin kullanıldığı sonucu çıkarılabilir.

Diğer taraftan, kenevir yetiştiriciliğinde lifi makine ile veya geleneksel yöntemle ayırarak pazarlamak, lifi saptan ayırmadan pazarlamaya göre daha az kazançlı hale getirmektedir. Ancak özellikle lif elde edilmek istenildiği durumlarda makineli tarım önerilmektedir.

Çizelge 4. Ürün gruplarına göre masraflar ve kârlılık göstergeleri
Table 4. Costs and profitability indicators by product groups.

Masraflar/Kârlılık ölçümleri	Ürün grupları					
	Ayçiçeği	Buğday	Şekerpancarı	Silajlık mısır	Ürün 1	Ürün 2
Değişken masraflar (TL/da)	453.6	340.7	799.2	491.4	2,145.2	1,966.3
Sabit masraflar (TL/da)	133.6	110.2	149.0	114.7	266.2	258.6
Üretim masrafları (TL/da)	587.2	451.0	948.2	606.1	2,411.5	2,225.0
Verim (kg/da)	325.0	425.0	5,400.0	3,000.0	1,000.0	1,250.0
Ürün satış fiyatı (TL/kg)	2.3	0.9	0.2	0.2	3.0	3.3
Yan ürün geliri (TL/da)	-	175.0	-	-	1,500.0	-
Destekleme geliri (TL/da)	153.0	48.8	14.0	154.0	-	-
GSÜD (TL/da)	900.5	614.8	1,202.0	814.0	4,500.0	4,062.5
Brüt kâr (TL/da)	446.9	274.0	402.8	322.6	2,354.8	2,096.2
Net kâr (TL/da)	313.3	163.8	253.8	207.9	2,088.5	1,837.5
Nispi kâr	1.53	1.36	1.27	1.34	1.87	1.83

5.3 Kenevir tarımının gelecek dönemler tahmini

Kenevir yetiştiriciliğinin dünya genelinde ve Türkiye'de gelecek dönemlerdeki ekim alanları ve ticaretindeki değişiklikleri öngörmek için geçmiş dönem verileri kullanılarak gelecek dönemler tahminleri yapılmıştır.

Dünya genelindeki kenevir ekim alanları FAO, dünya kenevir ticareti verileri Uluslararası Ticaret Merkezi (ITC), Türkiye kenevir ekim alanları TOB ve Türkiye kenevir ithalatı verileri ise TÜİK veritabanlarından elde edilmiştir.

Dünya genelinde 2018-2022 yılları arasında kenevir ekim alanları tahmin edilerek öngörüler Şekil 1'de sunulmuştur.

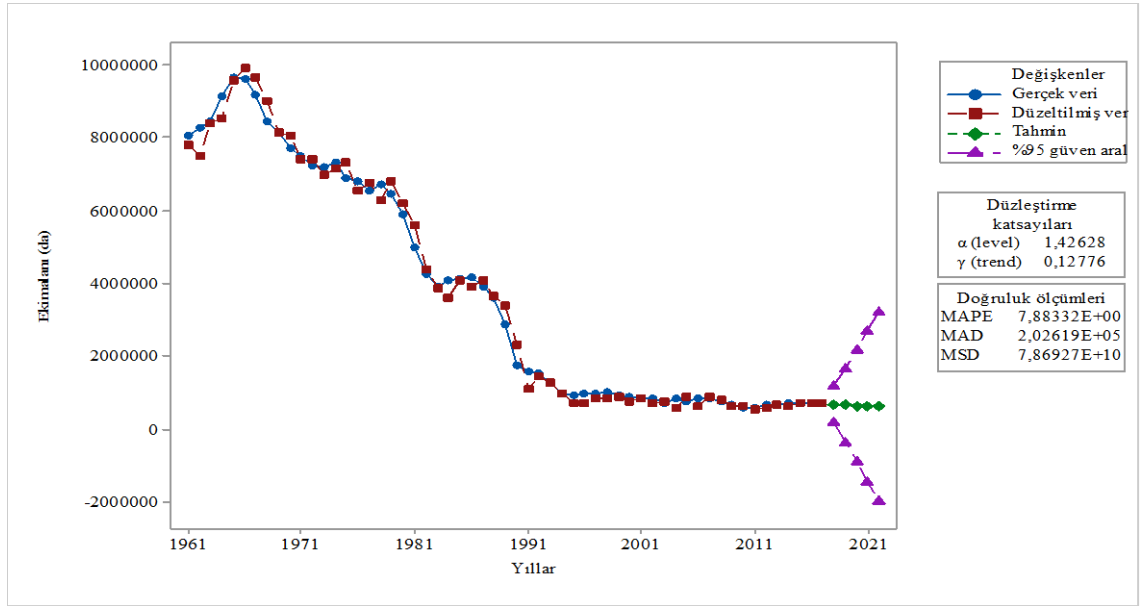
Dünya genelinde kenevir ekim alanları 1961 yılından başlayıp 1990'lı yıllara kadar sürekli düşme eğilimindedir.

Ekim alanlarındaki azalma 1990'dan sonra giderek yavaşlamakta ve günümüzde 700 bin dekar civarında seyretmektedir.

Dünya kenevir ekim alanlarında gelecek beş yıl için her yıl ortalama 20 bin dekarlık bir azalma olacağı tahmin edilmektedir.

Dünya genelinde 2019 yılında 662 bin dekar, 2020 yılında 642 bin dekar, 2021 yılında 623 bin dekar ve 2022 yılında 603 bin dekar kenevir ekimi yapılacağı %95 ihtimalle tahmin edilmiştir.

Yapılan bu tahminler, bugünkü şartlarda geçerli olup politika, teknoloji vb. konulardaki değişiklikler tahmin sonuçlarını da doğrudan etkileyecektir (Şekil 1).



Şekil 1. Dünya kenevir ekim alanlarının gelecek dönemler tahmini.
Figure 1. Forecasting of hemp planting areas in the next periods in the world.

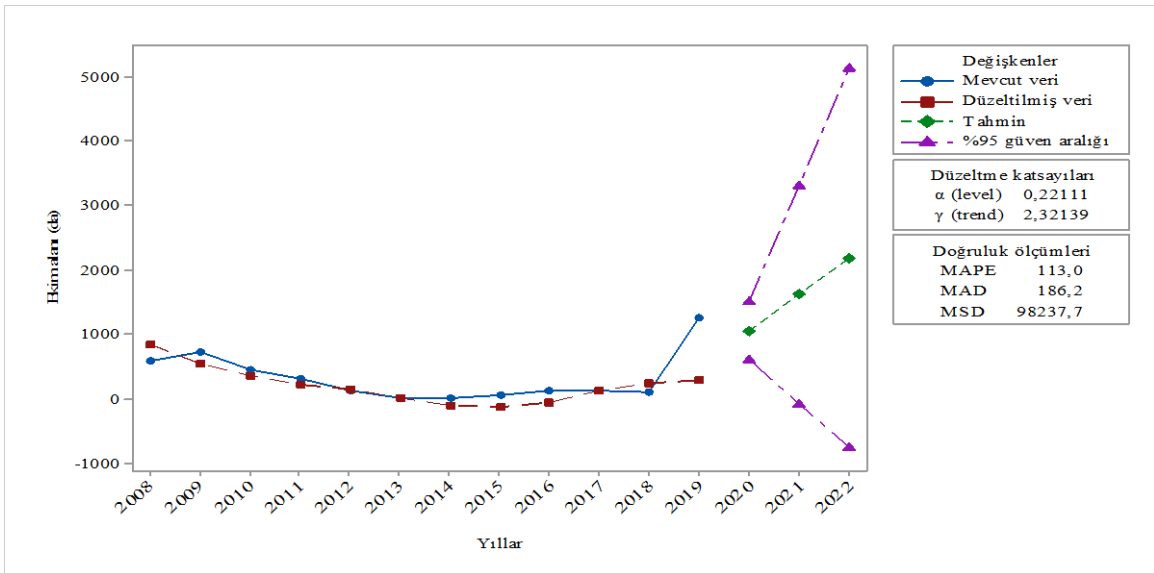
Türkiye’de son 12 yılda kenevir ekim alanları ve gelecek üç yıl için kenevir ekim alanları tahminleri hesaplanarak Şekil 2’de verilmiştir.

Türkiye kenevir ekim alanları, ülkenin sınırlı bölgelerinde yapılması ve endüstrisinin kısıtlı gelişim göstermesi sebebi ile yıllar içerisinde çok dalgalı bir seyir izlemektedir.

Ancak 2016 yılı ve sonrasında kenevir politikasındaki değişiklikler ve kamuoyunda kenevire

olan ilginin artması sebebi ile 2019 yılında ekim alanlarındaki artış yaklaşık on katına yükselmiştir. Türkiye’de kenevir ekim alanlarının 2020 yılında 1,058 dekar, 2021 yılında 1,622 dekar ve 2022 yılında ise 2,185 dekaraya yükseleceği %95 ihtimalle tahmin edilmiştir (Şekil 2).

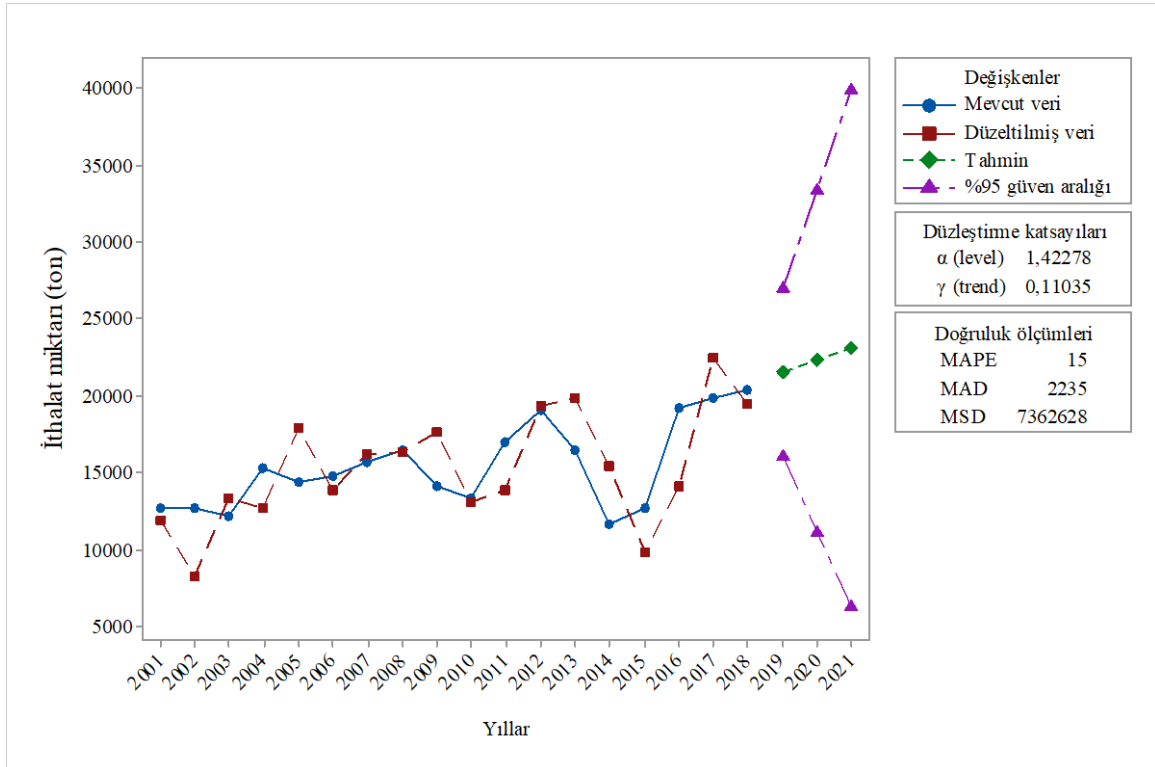
Yapılan bu tahminler bugünkü şartlarda geçerli olup politika, teknoloji vb. konulardaki değişiklikler tahmin sonuçlarını da doğrudan etkileyecektir.



Şekil 2. Türkiye kenevir ekim alanlarının gelecek dönemler tahmini.
Figure 2. Forecasting of hemp planting areas in the next periods in Turkey.

Kenevir ekim alanlarının artması veya azalmasında kenevirde elde edilen ürünlere olan talep doğrudan etkilidir. Bir ürüne olan talebin belirlenmesinde iç tüketim verileri ve dış ticaret verileri belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışmada kenevire olan talebin ölçülmesinde ithalat verileri esas alınmıştır. Dış ticarete konu olan bir ürünün ihracat ve ithalat verileri aynı olduğundan ithalat verisi tercih edilmiştir. Dünyada 2001-2018 yılları arasındaki kenevir ithalat verileri ve 2019-2021 yıllarına ait ithalat tahmin verileri Şekil 3’de verilmiştir.

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 70 bin ton kenevir lifi üretilmekte ve bunun yaklaşık 20 bin tonu uluslararası ticarete konu olmaktadır. Kenevir lifine olan talep 2001 yılından beri yıllara göre dalgalı bir seyir izleyerek artmaktadır. Dünya genelinde kenevir ithalatının 2019 yılında 21,476 ton, 2020 yılında 22,272 ton ve 2021 yılında 23,068 ton olacağı tahmin edilmektedir. Diğer bir ifade ile uluslararası pazarda kenevire olan talebin artması öngörülmektedir. Yapılan bu tahminlerin de bugünkü şartlarda geçerli olduğu unutulmamalıdır.

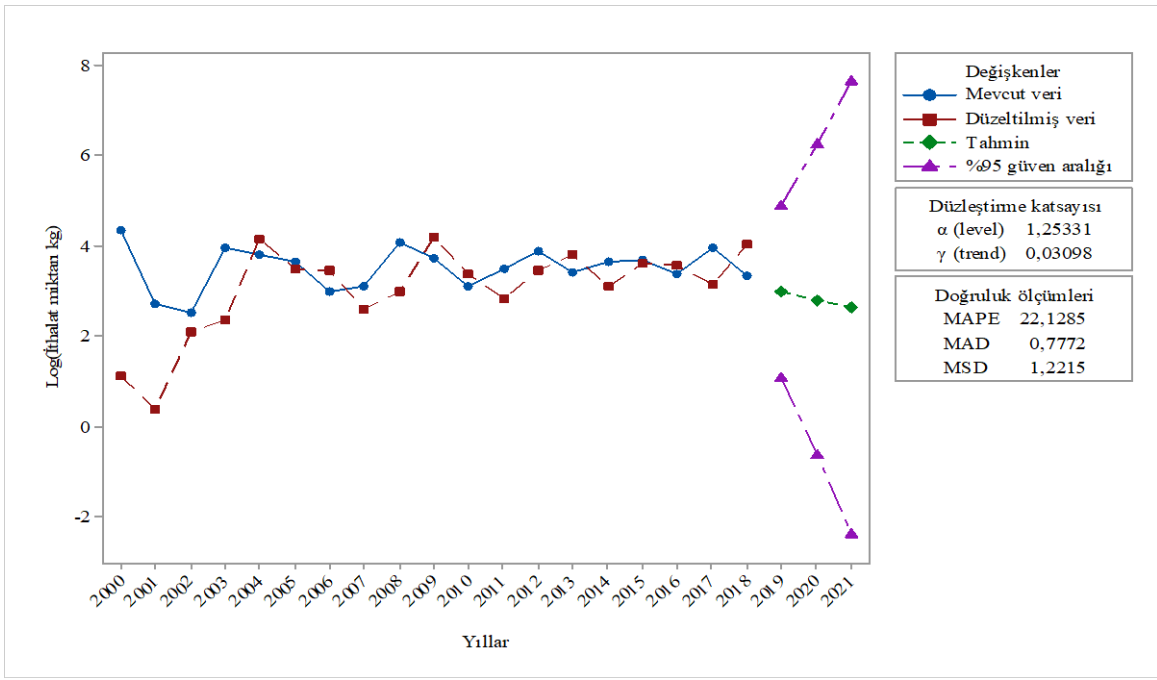


Şekil 3. Dünya kenevir lifi ithalatının gelecek dönemler tahmini.

Figure 3. Forecast of world hemp fiber imports in the next periods.

Türkiye’de kenevir üretim alanlarının az ve sınırlı olması sebebi ile kenevir lifi ihracatı yapılmamaktadır. Türkiye’de ihtiyaç duyulan kenevir lifinin büyük bölümü ithalat ile karşılanmaktadır. Türkiye kenevir lifi ithalat verileri ve gelecek dönem tahminleri Şekil 4’de verilmiştir. Türkiye’de kenevir ekim alanlarındaki artışa

paralel olarak kenevir lifi ithalatının önümüzdeki yıllarda azalacağı öngörülmektedir. Türkiye’de kenevir lifi ithalatının 2019 yılında 916 kg, 2020 yılında 619 kg ve 2021 yılında 418 kg dolaylarında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Yine yapılan bu tahminler bugünkü şartlarda geçerlidir.



Şekil 4. Türkiye kenevir lifi ithalatının gelecek dönemler tahmini.

Figure 4. Forecast of Turkey hemp fiber imports in the next periods.

6. Sonuç ve Öneriler

Kenevir bitkisi ile ilgili en temel tartışma endüstriyel kullanım amacıyla üretilen kenevirin esrar üretiminde de kullanılabileceği düşüncesidir. Bu düşünce Türkiye’de de geçerlidir. Günümüzde endüstriyel kenevir ve esrar üretimi algısı ve endüstriyel kenevir yetiştiriciliğinde kontrol mekanizmasının yeterince işletilemeyeceği düşüncesi azalmakla birlikte hala devam etmektedir. Ancak günümüzde ıslah tekniklerinin gelişmesiyle, endüstriyel amaçlı geliştirilen kenevirden esrar elde etme olanağı azaltılabilmektedir. Kamuoyu nezdindeki bu olumsuz algının kırılabilmesi için bilimsel veriler kullanılarak kamuoyu aydınlatılmalıdır. Bu konu ile ilgili olarak bilimsel çalışmaların sayısı ve niteliği artırılmalı, yapılan çalışmalar ve sonuçları kamuoyu ile şeffaf bir şekilde paylaşılmalıdır.

Kenevir tarımına ilginin tekrar artmasında, tüketici zevk ve tercihlerinde doğal ürünlere ve çevre dostu ürünlere yönelik tercihlerdeki değişimin etkisi yadsınamaz. Kenevir tarımında kimyasal ilaç kullanmaya ihtiyaç duyulmaması ve ikame ürünlerine göre daha az sentetik gübrelere ihtiyaç duyması kenevir bitkisini organik tarım için alternatif bir bitki olarak ortaya çıkarmaktadır. Özellikle organik olarak üretilen kenevir liflerinden, organik ürün talebi yüksek olan bebek giysileri üretilebilir. Organik olarak yetiştirilen kenevir liflerinden üretilen organik ürünler, kendisine niş bir pazar yaratma potansiyeline sahiptir. Kenevir bitkisinden çok sayıda nihai ürün üretilmesinin rağmen dünya genelinde sadece lif,

tohum ve kozmetik alanlarındaki ürünlerin gelişme potansiyelinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu durum Türkiye için de geçerli olmakla birlikte, sınırlı enerji kaynaklarına sahip olan ülkede kenevirden elde edilen biyokütleden enerji kaynağı olarak yararlanılabilir. Diğer taraftan, kenevir lifinin pamuk ve keten lifi; kenevir tohumunun ise diğer yağlı tohumlu bitkilerle rekabetinde dezavantajlı olması kenevir bitkisinden kannabinoid üretimini öne çıkarabilir. Bu konudaki yasal düzenlemelerin yapılması durumunda Türk keneviri kozmetik ve eczacılık alanında önemli bir hammadde kaynağı olma potansiyeli taşırken kannabinoid üretiminin ekonomiye katma değeri daha yüksek olabilir.

Dünya genelinde çevreci ürünlere olan talep son yıllarda otomotiv endüstrisinde de kendisini göstermektedir. Otomotiv endüstrisinde üretilen araçların ağırlıklarının azaltılması yakıt tüketimi ve dolayısıyla karbonmonoksit salınımını doğrudan etkilemektedir. Kenevir lifinden elde edilen biyokompozitler hafif olmasının yanı sıra dayanıklı bir yapıda olması ile otomotiv endüstrisinin bu ihtiyacını karşılayabilecek niteliktedir. Türkiye’de liflik kenevir tarımının tekstil sanayisinden ziyade biyokompozit üretimi konusunda da uzmanlaşması önerilmektedir. Ülkede üretilen kenevir lifleri için otomotiv endüstrisi gelişmeye açık bir pazar potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca Türkiye’nin 2023 hedefleri doğrultusunda çevreci bir yaklaşımla üretilmesi planlanan yerli elektrikli otomobillerin (TOGG) plastik aksamlarında kenevirden elde edilen biyokompozitlerin kullanılması yerli otomobilin daha çevreci olmasına katkı

sağlayabilir. Bu durumda ihtiyaç duyulacak biyokompozitler ülkede yetiştirilen kenevirlerden üretilebilecektir. Dolayısıyla hem kenevirde katma değer yaratılırken aynı zamanda üretilecek otomobillerde milli kaynak kullanım oranı da artırılabilir.

Yapılan bu çalışmada ve mevcut şartlarda, kenevirin hem tohum hem de lif amaçlı yetiştirilmesi (karma üretim) ve lifin kenevir saplarından ayrıştırılmadan ham halde pazarlanmasının diğer yöntemlere ve bölgedeki başat ürünlere göre daha kârlı olduğu saptanmıştır. Türkiye’de endüstriyel kenevir lifi üretim masraflarının yarısından fazlasını hasat ve sonrası işçilik masrafları oluşturmaktadır. Endüstriyel kenevir tarımında, kültürel işlemlerin geleneksel yöntemlerle insan iş gücüne dayalı olarak yapılması bu alandaki mekanizasyon ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Kenevir hasat makineleri veya hem hasat hem de lif elde etmeye yarayan kombine makinelerin geliştirilmesi tohum ve lif üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından önemli bulunmaktadır. Türkiye’de kenevir tarımına ilişkin diğer bir çıkarım ise, kenevir tohumu liflik karakterli bitkilerden elde edilmektedir. Araştırma bölgesinde, tohum verimi yüksek olan endüstriyel kenevir çeşitlerinin verim denemelerinin yapılması, demonstrasyon faaliyetlerinin artırılması ve bu doğrultuda ıslah çalışmalarına ağırlık verilmesi önerilmektedir.

Bu çalışmanın kapsamı dışında olmakla birlikte yapılan gözlem ve incelemelerde, Türkiye’de kenevir ürünlerini işleyecek sanayi kapasitesinin çok kısıtlı olması ve elde edilen liflerin sınırlı bir şekilde geleneksel el tezgâhlarında işlenmesi kenevir tarımı önündeki en önemli sorunlardan birisidir. Yapılan zaman serisi analizinde gelecek yıllarda kenevir ekim alanlarının artacağı öngörülmektedir. Keza, kamuoyundaki ilgiyi takiben 2019 yılında Türkiye’deki kenevir ekim alanları bir önceki yıla göre on kat artmıştır. Diğer bir ifade ile üreticilerin kenevir tarımı konusunda algıları uyarılmış ancak faaliyete geçmeleri yeterince sağlanamamıştır. Kenevir üretiminin artmasına paralel olarak kenevir ürünleri sanayisinin altyapısının hazırlanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, kenevir tarımı ile ilgili olarak tüm paydaşları içerisine alan detaylı bir araştırma çalışmasının yapılması kenevir tarımının geleceği açısından zaruri niteliktedir.

Kaynaklar

- Acar, M. ve Dönmez, A. 2016. Kenevire farklı bir bakış. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu bildiriler kitabı, 265-270, 27-30 Eylül. Samsun
- Açıl, A.F., Demirci, R., 1984. Tarım Ekonomisi Dersleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 880, Ankara.
- Akpınar, D. ve Nizamoğlu, A., 2019. Osmanlı’dan Cumhuriyet’e kenevir üretimi. *Social Sciences*, 14(4), 1223-1236.
- Alden, D. M., Proops, J. L., Gay, P. W., 1998. Industrial hemp's double dividend: a study for the USA. *Ecological Economics*, 25(3), 291-301.
- Allegret, S., Bouloc, P., Arnaud, L., 2013. The history of hemp. In: Bouloc, P. (Ed.), *Hemp: Industrial Production and Uses*. pp. 4–26.
- Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F.H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, S.L., 2015. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Ind. Crops Prod.* 68, 2–16.
- Arnold, MS. 1996. Drive to Legalize Hemp Heats Up. *The Times-Picayune*, 14 January.
- Arslanoğlu, Ş.F., Aytaç, S., Ayan, A.K., 2017. Keten. In: Ayan, A.K., Aytaç, S., Arslanoğlu, Ş.F., Şahin, H.A. (Eds). *Karadeniz’in Lif Bitkileri Çalıştayı Keten-Kenevir-İsırgan*. 5-6 Mayıs, Samsun.
- Averink, J., 2015. Global water footprint of industrial hemp textile (Master's thesis, University of Twente). <http://essay.utwente.nl/68219/1/Averink,%20J.%200198501%20openbaar.pdf> [17.07.2019]
- Aydemir, T., 2017. Farklı tarımsal artıklar kullanılarak hazırlanan karışım peletlerinde kenevir sapı kullanımının pelet kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 79s, Tekirdağ.
- Aydoğan, M., Demiryürek, K., Abacı, N. İ., 2015. Türkiye’de kuru fasulye üretiminin mevcut durumu ve gelecek dönemler üretiminin tahmin edilmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(12), 962-968. doi:10.24925/turjaf.v3i12.962-968.384
- Aydoğdu, M., Döğner, R., Akgür, S. A., 2017. Türkiye pazarında yeni bir ürün: kenevir özütü soğuk içecekler. *Adli Tıp Bülteni*, 22(2), 97-100.
- Aytaç, S., Arslanoğlu, Ş. F., Ayan, A. K., 2018. High temperature inhibition of seed germination of hemp cannabis sp. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12), 8200–82041.
- Aytaç, S., Ayan, A.K., Arslanoğlu, Ş.F., Gizlenci, Ş., Çelik, A.E., 2017a. Kenevir popülasyonlarından THC oranı düşük genotiplerin geliştirilmesi. ARGE projesi TÜBİTAK. Basılmamış, Samsun.
- Aytaç, S., Arslanoğlu, Ş.F., Ayan, A.K., 2017b. Endüstriyel tip kenevir yetiştiriciliği. In: Ayan, A.K., Aytaç, S., Arslanoğlu, Ş.F., Şahin, H.A. (Eds). *Karadenizin Lif Bitkileri Çalıştayı Keten-Kenevir-İsırgan*. sf 27:35, 5-6 Mayıs, Samsun
- Barth, M., Carus, M., 2015. Carbon footprint and sustainability of different naturalfibres for biocomposites and insulation material. nova-Institute, Hürth, Germany.
- Boken, V. K., 2000. Forecasting spring wheat yield using time series analysis. *Agronomy Journal*, 92(6), 1047-1053.
- Bouloc, P. and Werf, H.M.G., 2013. The role of hemp in sustainable development. In: Bouloc, P. (Ed.), *Hemp: Industrial Production and Uses*, pp. 278–289.
- Bowerman, B. L. and O’Connell, R. T., 1979. Time series and forecasting. North Scituate, MA: Duxbury Press.
- Carus, M., Karst, S., Kauffmann, A., Hobson, J., Bertucelli, S., 2013. The European hemp industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds. European hemp Industry Association.
- Cherney, J. and Small, E., 2016. Industrial hemp in North America: production, politics and potential. *Agronomy*, 6(4), 58.

- Das, L., Liu, E., Saeed, A., Williams, D. W., Hu, H., Li, C., Shi, J., 2017. Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum. *Bioresource technology*, 244, 641-649.
- FAO, 2017. Kenevir ekim alanları veritabanı. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fortenbery, T.R. and Bennett, M., 2004. Opportunities for commercial hemp production. *Rev. Agric. Econ.* (26), 97-117.
- Gedik, G., Avınç, O. O., Yavaş, A., 2010. Kenevir lifinin özellikleri ve tekstil endüstrisinde kullanımıyla sağladığı avantajlar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 39-48.
- Gizlenci, Ş., Acar, M., Yiğen, Ç., Aytaç, S., 2019. Kenevir tarımı. *Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü yayınları*. Samsun.
- Johnson, R., 2014. Hemp as an agricultural commodity. Library of Congress Washington DC Congressional Research Service. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a599368.pdf> [01.08.2019]
- Karagölge, C. ve Peker, K., 2002. Tarım ekonomisi araştırmalarında tabakalı örnekleme yönteminin kullanılması. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*33 (3), 313-316.
- Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F.F., Fidan, H., Gündoğmuş, E., 1999. Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veritabanı rehberi. *Proje Raporu 1999-13*, Yayın No:37, Ankara.
- Kuglarz, M., Gunnarsson, I. B., Svensson, S. E., Prade, T., Johansson, E., Angelidaki, I., 2014. Ethanol production from industrial hemp: Effect of combined dilute acid/steam pretreatment and economic aspects. *Bioresource technology* (163), 236-243.
- Luke, L.T., 2017. An assessment of economic considerations for industrial hemp production. *Agricultural Economics and Agribusiness Undergraduate Honors Theses*. 6. <http://scholarworks.uark.edu/aeabuht/6>
- Marcus, D., 1998. Commercial hemp cultivation in Canada: An Economic Justification. London, Canada: University of Western Ontario. Available from: <http://www.hemphesis.com/>
- Poisa L, Adamovics A., 2015. Hemp (*Cannabis sativa* L.) as an environmentally friendly energyplant. *Scientific Journal of Riga Technical University*; 5:80-5.
- Prade, T., Finell, M., Svensson, S.E., Mattsson, J.E., 2012. Effect of harvest date on combustion related fuel properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Fuel* 102, 592-604.
- Rehman, M. S. U., Rashid, N., Saif, A., Mahmood, T., Han, J. I., 2013. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renewable and sustainable energy reviews*, 18, 154-164. /15440478.2012.706439.
- Saleh, A., 2019. Gökkuşak alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) üretiminde kenevir tohumu yağının (*cannabis sativa*) immunostimulant potansiyelinin belirlenmesi. *Doktora tezi*. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 45s, Kastamonu.
- Salentijn, E. M., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., Trindade, L. M., 2015. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial crops and products*, (68): 32-41.
- Satana, A., 2002. Türkiye ve Trakya'da bitkisel yağ üretimi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (5) 201-224.
- Serin, S., Macit, M. E., Çinar, E. C., Çelik, S., 2018. Doğal kenevir lifi kullanımının asfalt beton karışımlara etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (4), 732-744.
- Small, E., Marcus, D., 2002. Hemp: A new crop with new uses for North America. Janick, J. & A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses*. Alexandria, USA: ASHS Press.
- Sokolchik, A., 2014. Cannabis Farming. <https://ag.purdue.edu/agecon/Documents/Cannabis%20Farming%20The%20Potential%20of%20Hemp%20in%20Indiana's%20Agricultural%20Landscape.pdf> [01.08.2019]
- Struik, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Venturi, G., Cromack, H.T.H., 2000. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Ind. CropsProd.* (11): 107-118.
- Tang, K., Struik, P. C., Yin, X., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Amaducci, S., 2016. Comparing hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products*, (87): 33-44.
- Tanrıvermiş, H., 2000. Orta Sakarya Havzası'nda domates üretiminde tarımsal ilaç kullanımının ekonomik analizi. *Ankara Üniversitesi Araştırma Enstitüsü*, Yayın No:42, Ankara.
- TÜİK, 2018. Bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> [16.07.2019]
- USDA, 2000. Industrial hemp in the United States: Status and market potential, AGES001E. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- Vantreesse, V.L., 1997. Industrial hemp: Global markets and prices; Department of Agricultural Economics, University of Kentucky: Lexington, KY, USA, 1997.
- Wang, Q. and Shi, G., 1999. Industrial hemp: China's experience and global implications. *Review of Agricultural Economics*, 21(2), 344-357.
- Zatta, A., Monti, A., Venturi, G., 2012. Eighty years of studies on industrial hemp in the Po Valley (1930--2010). *Journal of Natural Fibers*, 9:3, 180-196, doi: 10.1080



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.608600

Orman üçgülü (*Bituminaria bituminosa* L.) Genotiplerinin Tuzluluğa Dayanıklılık Düzeylerinin Belirlenmesi

Gülcan Kaymak^{a*}, Zeki Acar^a

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: gulcankaymak92@gmail.com

Geliş/Received 21/08/2019 Kabul/Accepted 03/01/2020

ÖZET

Bu çalışma, Orta Karadeniz Bölgesinden toplanmış 85 adet *Bituminaria bituminosa* (*Bitbit*) genotipinin tuzluluğa dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, 2017 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Laboratuvar ve Seralarında yürütülmüştür. İki aşamalı olarak planlanan çalışmada, ilk aşamada 85 genotipe ait tohumlar sert tohum kabuğu giderildikten sonra farklı NaCl yoğunluklarında (0, 25, 50, 75 ve 100 mM) çimlendirilmiştir. Tuz yoğunluğu arttıkça çimlenme oranı, kökçük ve sürgün uzunluğu ve ağırlıkları azalmıştır. Yüksek dozlarda bazı genotiplerde hiç çimlenme olmamıştır. İkinci aşamada ise en iyi sonuç veren 10 genotip seçilmiş ve bu 10 genotiple serada fide aşamasında aynı tuz yoğunluğu içeren çözeltiler kullanılarak çalışılmıştır. Sera çalışmalarında, yüksek NaCl yoğunluğuyla beraber topraktaki tuzluluk artmış, belirli bir süreden sonra 75 ve 100 mM çözelti uygulanan bitkiler tamamen ölmüştür. Artan tuz yoğunlukları ile birlikte fidelerde bitki boyu, yaprak sayısı, bitki kök ve gövde ağırlığı azalmıştır. Yine tuz yoğunluğu arttıkça yapraklardaki klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarı azalırken, lipid peroksidasyonu ve prolin miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Bituminaria
bituminosa
karotenoid
klorofil
prolin
tuzluluk

Determination of Salinity Tolerance Levels of Teder (Bituminaria bituminosa L.) Genotypes

ABSTRACT

This study was carried out to determine salinity resistance level of 85 Bitbit genotypes collected from Central Black Sea Region of Turkey, in OMU greenhouses and laboratories in 2017. The study was conducted in two steps. In the first step scarified seed of 85 genotypes were germinated in different NaCl concentrations (0, 25, 50, 75 and 100 mM). As salt concentration increase germination ratio, length and weight of radicle and pedicel decreased. There was no germination for some genotypes in higher doses. In the second step, the best 10 genotypes selected and same salt concentrations applied to seedlings of those genotypes in greenhouse. Soil salinity increased with increasing NaCl concentration and, all plants in 75 and 100 mM NaCl treatments were failed after application of saline water for a while. With increasing salt concentration plant height, leaf number, root and stem weight of the plants decreased. As salt concentration increase, amount of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid of the leaves decreased while lipid peroxidation and prolin level increase.

Keywords:
Bituminaria
bituminosa
carotenoid
chlorophyll
prolin
salinity

1. Giriş

Baklagiller familyasına ait çok yıllık bir bitki olan *Bituminaria bituminosa* kuraklık ve sıcaklığa son derece dayanıklı olması, yaz ayları boyunca büyümesini sürdürebilmesi ve yeşilliğini koruması, marjinal alan olarak tanımlanan eğimli, taşlık, üst toprak tabakasını kaybetmiş, derinliği az olan topraklarda sulanmadan yetiştirilebilmesi nedeniyle üzerinde en çok durulan bitkilerden birisidir. Hayvanlar için önemli bir yeşil yem kaynağıdır. Anavatanı Akdeniz olmakla beraber, Türkiye, Güney Avrupa, Kırım, Batı Suriye, Kıbrıs, Kafkasya, İsrail, Kuzey Afrika, Portekiz, İspanya gibi ülkelerin doğal vejetasyonunda da geniş bir yayılım göstermektedir (Davis, 1965). Uzun yıllardan beri Kanarya Adaları ve Fas'ta tarımı yapılmakla birlikte, son yıllarda uygulanan projeler ve geliştirilen çeşitlerle Avustralya'nın kurak batı bölgelerinde yetiştiriciliği giderek yaygınlaşmaktadır. Genel olarak açık yerlerde, yol kenarlarında, üst toprak tabakası kaybolmuş alanlarda, döküntü topraklı yamaçlarda, ağaçlık ve ormanlık alanlarda ve 4.7 ile 8.5 arasındaki pH'da yetişmektedir (Davis, 1965). Bunların yanında bitki sıcak ve kurak yaz aylarında yeşil kalabilme yeteneğine sahiptir (Acar ve ark., 2001). *Bituminaria* türleri üzerinde özellikle son yıllarda yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Kanarya Adaları'nda *Bituminaria bituminosa* hayvanlar tarafından yoğun olarak otlatılmaktadır. Hayvanların yoğun baskısı ve otlatılmasına karşı bitki oldukça dayanıklıdır. Taze olarak tüketilmesinin yanı sıra kuru ot olarak da hayvanlara yedirilmektedir.

Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır (Ergene, 1982; Kara, 2002). Toprakta veya suda tuzluluk, bitki büyümesini ve verimliliğini olumsuz etkileyen önemli abiyotik stres faktörlerinden birisidir. Dünya üzerinde 800 milyon hektardan daha fazla alanın tuz stresinden etkilendiği, bu alanın dünya toplam kara alanının %6'sına karşılık geldiği bilinmektedir (FAO, 2009). Tuz stresini bitkilerde, türe, bitkinin gelişim dönemindeki sürekliliğine ve etki süresine bağlı olarak, bitki-su ilişkilerini ve beslenme düzenini etkilemektedir. Tuz stresini sonucunda ortaya çıkan su, beslenme ve enerji düzenlerindeki dengesizliklerin her biri, hem birbirlerinden bağımsız olarak, hem de birbirlerinin etkilerini arttırarak bitki gelişimi, verim ve kalite üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadır (Can, 1999).

Çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerle birlikte meydana gelen tuza tolerans özelliğinin esas kaynağı kalıtsal unsurlardır. Tuza tolerans bakımından bitkiler arasında önemli farklılıklar olduğu kadar, aynı türe ait genotipler arasında da tuza tolerans bakımından farklılıklar bulunduğu bilinmektedir (Ashraf, 1994).

Abiyotik faktör olarak tuz stresini, bitkilerde çimlenme geriliğine, kök ve toprak üstü organlarının gelişiminin engellenmesine, ayrıca kök ve sap kuru ağırlıklarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, tuzlu şartlarda ekonomik bir ürün üretebilen tuza toleranslı bitki tür ve çeşitlerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Epstein, 1985). Nitekim tuza dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalara gittikçe daha fazla önem verilmektedir. Wilson ve ark., (2006), 7 farklı konsantrasyonda hazırlanan artan tuzluluk seviyelerine (EC: 2.6-20.1 dS m⁻¹) 12 farklı *Vigna unguiculata* genotipinin büyüme tepkilerini inceleyen bir çalışmada ise, 2.6-20.1 dS m⁻¹ arasında değişen tuzluluğun fidelerin yaprak alanı, yaprak kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığını önemli derecede azalttığı bildirilmiştir.

Birçok çalışma glisinbetain ve prolin gibi organik maddelerin sentezlenmesi ile strese tolerans arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Ashraf ve Foolad, 2007). Prolin genellikle stres koşullarında birikimi gerçekleşen, bitkinin dayanım yeteneğini sağlaması bakımından bir indikatör görevini yapan, suda çözünebilir bir aminoasittir (Bian ve ark., 1988). Ozmolit olarak görev yapmasının yanında, hücrelerin stabilizasyonu, sitozolik pH'nın ayarlanması ve hidroksil radikallerinin düzenlenmesinde etkili bir organik maddedir (Matysik ve ark., 2002). Literatürde gösterilen bir diğer önemli parametre ise hücre zarında bulunan yağların (lipitlerin) peroksidasyonudur. Yağların peroksidasyonu, yaşayan her canlı organizmada meydana geldiği bilinen en zarar verici işlemler olarak nitelendirilmektedir. Çeşitli stresler altında, hücre zarındaki yıkım, bazen lipid yıkım seviyesinin tek belirleyicisi olarak ele alınır.

Bezelye, börülce ve hint baklası gibi çeşitli baklagillerde yapılan çalışmalarda, artan tuz yoğunluğunun yarattığı stres sonucu bitkilerde prolin ve lipit peksidasyon miktarının arttığı, klorofil a ve klorofil b miktarı ile birlikte çimlenme oranı, bitki kök ve yaş ağırlıkları gibi parametrelerin azaldığı belirlenmiştir (Shahid ve ark., 2012; Cha-um ve ark., 2013).

Bu çalışma da TÜBİTAK 111 O 651 nolu proje kapsamında Samsun, Sinop ve Kastamonu illerinden toplanan *Bituminaria bituminosa* genotiplerinin tuzluluğa dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Toplamda 85 genotipe ait tohumlar 5 farklı NaCl yoğunluğunda (0-25-50-75-100 mM) ilk önce laboratuvar koşullarında çimlendirilmiş, daha sonra yüksek tuz yoğunluklarında en çok çimlenme görülen 10 genotiple serada fide aşamasında çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Samsun, Sinop ve Kastamonu illerinden 2008, 2009 ve 2012 yıllarında 85 farklı yerden toplanan *Bituminaria bituminosa* 'ya ait tohumlar OMÜ Ziraat Fakültesi'ne

ait Deneme Alanına ekilmiş ilerleyen yıllarda bakım ve biçim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2015 yılında elde edilen tohumlar kullanılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülen bu çalışma iki aşamalı olarak kurulmuştur. İlk aşamada, 85 tane *Bituminari bituminosa* genotipine ait tohumlar zımparalanıp tohum kabuğu sertliği giderildikten sonra, farklı yoğunluktaki tuzlu çözeltiler kullanılarak çimlendirilmiştir.

Çimlendirme çalışmaları kontrollü şartlarda Nüve Growthchamber- GC400 marka iklim dolabı kullanılarak % 60 nem ve 24° C'de yapılmıştır. Çimlendirme testlerinde NaCl'in 0 (Kontrol), 25, 50, 75 ve 100 mM yoğunluğa sahip çözeltileri kullanılmıştır. Çimlendirme çalışmasında Kontrol uygulamasında saf su kullanılmıştır. Her bir genotipe ait tohumlar 3 tekrarlı olmak üzere petri kaplarında kurutma kağıdı arasına 20'şer tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Her petri kabına iki günde bir 10 ml olacak şekilde çözelti verilmiştir. Fungus gelişimini engellemek amacıyla çözeltilere 0.5 g l-1 Captan 50 wp eklenmiştir. Daha sağlıklı bir çimlenme için kurutma kağıtları her iki günde bir değişmiş, petri ler tamamen temizlendikten sonra yeniden çözelti eklenmiştir. Çimlendirme denemesinde çimlenme oranı, sürgün ağırlığı, kökçük uzunluğu, gövde uzunluğu özellikleri incelenmiştir. İkinci aşamada incelenen özellikler yönünden en iyi sonuç veren 10 genotip

seçilerek bunlar serada saksı denemesinde kullanılmıştır. Seçilen genotiplerin tohumları viyollerde çimlendirildikten sonra fideler derinliği ve çapı 20 cm olan saksılara şaşırtılmıştır. Her bir saksıya homojen olmak üzere 2:1 oranında 3 kg toprak:gübre karışımından oluşan harç konulmuştur. Saksılarda kullanılan toprağın kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda saksı toprağının EC'si hafif tuzlu toprak (EC=5.4 mS/cm) olarak belirlenmiştir. Saksılar 10 gün boyunca musluk suyu ile sulanmıştır. Musluk suyu EC'si 1.5 mS/cm'dir. Şaşırtma işleminden 10 gün sonra saksılar dozlara göre gruplandırılarak 0, 25, 50, 75 ve 100 mM yoğunluğuna sahip çözeltiler sera sıcaklığı, hava ve saksı toprağının nem durumu, bitkinin evaporasyon ve transpirasyon durumları göz önünde bulundurularak her saksıya iki günde 150 ml olacak şekilde vermeye başlanmıştır. Bu işlem 4 hafta boyunca devam etmiştir. Sürenin sonunda 75 ve 100 mM dozu uygulanan tüm bitkiler öldüğünden, kök ve gövdelerde uzunluk ve ağırlık ölçümleri yapılamamıştır. Ancak, tuzlu su uygulaması başladıktan 20 gün sonra, henüz tüm bitkiler ölmemiş olduğundan yapraklarda kimyasal analizler yapılabilmektedir.

Saksılarda kullanılan toprağın kimyasal analizleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Toprağın kimyasal özellikleri Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Saksılarda kullanılan toprağın kimyasal analiz değerleri
Table 1. Chemical analysis values of soil used in pots

pH	EC (µS/cm)	Organik Madde (%)	Ca (meq/100gr)
7.47	5397	5.72	22.3
Mg (meq/100 gr)	P (ppm P ₂ O ₅)	Toplam Azot (%)	Nem (%)
24.18	101.03	0.39	7.6

Sera denemesinde ise bitki boyu, yaprak sayısı, gövde yaş-kuru ağırlığı, kök boğazı çapı, kök yaş-kuru ağırlığı, Arnon (1949)' a göre pigmentlerin belirlenmesi, Heath ve Packer, (1968)'e göre lipit peroksidasyonu, Claussen, (2005)'e göre prolin miktarı ve saksı topraklarının elektriksel iletkenliği özellikleri incelenmiştir.

Elde edilen verilerin varyans analizi SPSS 17.0 programında yapılmış, aralarında farklılık olan ortalamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma yöntemi ile 0.01 önem düzeyine göre gruplandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çimlendirme çalışması sürecinde, 85 adet Bitbit genotipine ait tohumlar 5 farklı tuz yoğunluğunda çimlendirilmiş, genotiplerin artan tuzluluğa olan tepkileri saptanmıştır. Çalışmada, genotiplere ait çimlenme oranı, sürgün ağırlığı, kökçük ve gövde

uzunlukları ölçülmüştür. Çalışmaya ait sonuçlar Çizelge 2' de verilmiştir.

Genotiplerin ortalaması olarak tuz yoğunlukları karşılaştırıldığında, en yüksek çimlenme oranı kontrol grubunda tespit edilmiştir. Tüm dozlar birbirinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Kontrol grubundaki ortalama çimlenme oranı %56.86 iken, bu değer artan tuz yoğunluklarına bağlı olarak azalmış ve 100 mM dozunda %14.51 oranına inmiştir (Çizelge 2). Benzer şekilde, Zennouhi ve ark. (2018)'nin Fas'ta yaptıkları çalışmada artan tuz yoğunluğuna bağlı olarak *Bitbit* tohumlarında çimlenme oranının düştüğü belirlenmiştir.

Artan tuz yoğunluğu ile birlikte ortamın osmotik basıncı da arttığından tohumların su alıp çimlenmesi zorlaşmakta ve ortalama çimlenme süresi uzamaktadır (Steppuhn ve ark., 2001; Duan ve ark., 2004). Nitekim, artan tuz yoğunluklarının çimlenme oranını azalttığı birçok araştırmacı tarafından da tespit edilmiştir (Kaya ve İpek, 2003; Öz ve Karasu, 2007; Dumlupınar, 2005; Day ve ark., 2008; Kusvuran, 2015; Önal Aşçı ve Üney,

2016). Bu çalışmada da artan tuz yoğunluklarına paralel olarak çimlenme oranı azalmış ortalama çimlenme süresi uzamıştır. Çimlenme süresi Kontrol grubunda 9 günde tamamlanırken, 25, 50, 75 ve 100 mM dozlarında çimlenme sırasıyla 24, 26, 29 ve 32 günde tamamlanmıştır.

En yüksek sürgün ağırlığı kontrol grubunda tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ortalama sürgün ağırlığı 0.31 g iken, en düşük sürgün ağırlığı 100 mM dozunda 0.16 g olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan 25 ve 50 mM NaCl dozları sürgün ağırlığı bakımından aynı grupta yer alırken, diğer dozlar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Tuz yoğunluğu arttıkça sürgün ağırlığı değerleri azalmıştır (Çizelge 2).

Tuz yoğunlukları karşılaştırıldığında en yüksek kökçük uzunluğu Kontrol ve 25 mM uygulamalarında görülmüştür. Bu dozlarda kökçük uzunluğu değeri sırasıyla 2.13 ve 2.23 cm olarak ölçülmüştür. En yüksek

doz olan 100 mM' da ise bu değer 1.01 cm' ye düşmüştür. Tuz yoğunlukları karşılaştırıldığında, en yüksek gövde uzunluğu Kontrol ve 25 mM uygulamasında görülmüştür. Bu dozlarda gövde uzunluğu sırasıyla 4.37 ve 4.80 cm olarak ölçülmüştür.

50 ve 75 mM dozlarında ortalama gövde uzunlukları, sırasıyla 2.90 ve 2.57 cm olurken, en yüksek doz olan 100 mM' da ortalama 2.34 cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 2). Çimlenme özellikleri yönünden genotipler arasında önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır.

Sonuçta, tuzluluğa en olumlu tepki gösteren 10 genotip seçilmiştir. Bu genotipler sırasıyla 7, 8, 11, 13, 15, 33, 56, 71, 77 ve 78 numaralı genotiplerdir. Seçilen bu genotipler sera denemesinin materyalini oluşturmuştur. Sera çalışmasında da, 0, 25, 50, 75 ve 100 mM NaCl yoğunluklarına sahip çözeltiler saksılarda bulunan bitkilerin kök bölgesine verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı NaCl yoğunluklarının Bitbit genotiplerinde (85 adet) çimlenme oranı, sürgün ağırlığı, kökçük ve gövde uzunluğuna etkisi*

Table 2. Effect of different NaCl concentrations on germination rate, shoot weight, root and stem length of bitbit genotypes (85)*

Tuz Yoğunluğu	Çimlenme Oranı (%)	Sürgün Ağırlığı (g)	Kökçük Uzunluğu (cm)	Gövde Uzunluğu (cm)
Kontrol	56.86 a	0.31 a	2.13 ab	4.37 ab
25 mM	44.10 b	0.28 b	2.23 a	4.80 a
50 mM	32.20 c	0.26 b	1.83 b	2.90 c
75 mM	25.54 d	0.20 c	1.60 c	2.57 cd
100 mM	14.51 e	0.16 d	1.01 d	2.34 d

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında 0.01 düzeyinde farklılık yoktur

Çizelge 3. Sera denemesinde NaCl uygulamasının bitkilerin morfolojik özelliklerine etkisi*

Table 3. The effect of NaCl application on the morphological characteristics of plants in greenhouse experiment*

Tuz Yoğunluğu	Bitki Boyu (cm)	Yaprak sayısı (Adet/bitki)	Kök Boğazı Çapı (mm)	Kök kuru ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)
Kontrol	15.81 a	58.40a	15.02a	4.08a	2.71
25 mM	13.53 ab	46.60b	14.41a	3.07a	2.13
50 mM	12.46 b	41.67bc	7.48b	1.18b	1.7
75 mM	-	-	-	-	-
100 mM	-	-	-	-	-

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında 0.01 düzeyinde farklılık yoktur.

Çizelge 3'ü incelediğimizde, artan tuz yoğunluklarıyla beraber 75 ve 100 mM grubundaki bitkiler tamamen öldüğü için, bu dozlara ilişkin olarak bitki boyu ve yaprak sayısı değerleri alınamamıştır. Bitki boyu değerleri yönünden ölçüm yapılabilen uygulamalar arasında çok önemli farklılıklar saptanmıştır. En yüksek ortalama bitki boyu değeri Kontrol (15.81 cm) ve 25 mM NaCl (13.53 cm) uygulamasında belirlenmiştir. Artan tuz yoğunluğu ile

birlikte hem bitkilerin su alımı, hem de fizyolojik faaliyetleri engellendiğinden, bitkiler daha kısa boylu gelişmişlerdir (Sharma ve ark., 2005; Karakulluğu ve Adak, 2008).

Yaprak sayısı yönünden uygulamalar arasında çok önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulama sonucunda en yüksek yaprak sayısı kontrol grubunda belirlenmiştir (58.4). Her ne kadar tuz yoğunluğu artıkça yaprak sayısında bir azalma olsa da, 25 ve 50

mM dozları arasındaki farklılık istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. Yem bitkilerinde bitki yaprak sayısı verim ve kalite açısından çok önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Acar ve Ayan, 2012). Artan tuz yoğunluğuna bağlı olarak bitkiler strese girmiş, klorofil miktarı azalmış, azalan fotosentez ve diğer fizyolojik faaliyetlerin sonucu olarak (Lacerda ve ark., 2003; Adavi ve ark., 2007) yaprak sayısında azalmalar olmuştur.

Kök boğazı çapı yönünden genotiplerin ortalaması olarak uygulamalar arasında çok önemli farklılık olduğu belirlenmiştir.

Artan NaCl yoğunluğuyla birlikte bitkilerin kök boğazı çapı azalmıştır. En geniş kök boğazı çapı Kontrol grubu ve 25 mM uygulamasında, sırasıyla 15.02 ve 14.41 mm olarak ölçülmüştür.

Diğer morfolojik özelliklerde olduğu gibi, artan tuz yoğunluğu bitkilerin fizyolojik özelliklerini engelleyip, morfolojik ölçüm değerlerini azaltmıştır (Lacerda ve ark., 2003; Adavi ve ark., 2007).

Kök kuru ağırlığı bakımından genotiplerin ortalaması olarak tuz uygulamaları arasında çok önemli farklılık bulunmuştur.

Artan NaCl yoğunluklarıyla beraber genotiplerin kök kuru ağırlıkları azalmıştır. Her ne kadar 25 mM uygulamasında sayısal olarak bir azalma görülse de, Kontrol grubu ile aralarındaki farklılık önemsiz bulunmuştur. 50 mM dozu uygulanan bitkilerin kök ağırlıklarında çok keskin bir azalma ortaya çıkmıştır.

Artan tuz yoğunluğuyla birlikte genotiplerin gövde kuru ağırlık değerleri azalmış, ancak bu azalma istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Bu sonuç, kök gelişimi ile karşılaştırılınca, artan tuz yoğunluğundan bitki sürgün gelişiminin daha az etkilendiğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, artan tuzluluk düzeylerinin kök gelişimi üzerine olan etkisinin gövdeden daha fazla olduğunu göstermektedir (Zeinali ve ark., 2002; Eroğlu, 2007).

Çizelge 4. *Bitbit* genotiplerinin yapraklarında belirlenen klorofil, lipid peroksidasyonu ve prolin miktarı ortalama değerleri*

Table 4. *Chlorophyll, lipid peroxidation and proline levels found in the leaves of Bitbit genotypes **

Tuz Yoğunluğu	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Karotenoid (mg/g)	Lipit Peroksidasyonu (nmol g ⁻¹)	Prolin (µmol g ⁻¹)
Kontrol	0.0060a	0.0026ab	0.0031a	0.0096 c	0.11 b
25 mM	0.0061a	0.0029a	0.0030a	0.0117b c	0.07 b
50 mM	0.0045b	0.0018a-c	0.0019b	0.0096 c	0.13 ab
75 mM	0.0012c	0.0009c	0.0007c	0.0163 b	0.17 a
100 mM	0.0023c	0.0016 bc	0.0012c	0.028 a	0.13 ab

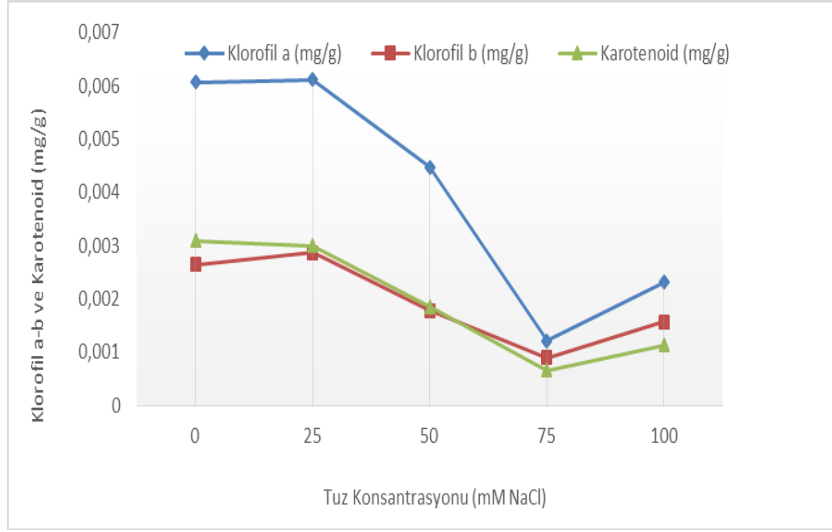
* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında 0.01 düzeyinde farklılık yoktur.

Bitbit genotiplerinin yapraklarında belirlenen klorofil a, klorofil b ve karotenoid değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Her üç pigment yönünden de tuz yoğunluğu uygulamaları arasında çok önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Tuz yoğunluğu arttıkça her üç pigmentin yapraklardaki miktarı azalmıştır. Özellikle 50 mM dozundan sonra klorofil a miktarında ortaya çıkan azalış çok belirgindir. Ancak, 75 mM'dan sonra pigment miktarında yeniden artış olmuş, fakat bu artış istatistiksel yönden anlamlı bulunmamıştır. Kontrol ile 25 mM dozu arasında pigment yoğunluğu yönünden anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.

Hatta istatistiksel açıdan önemsiz olmakla birlikte 25 mM dozunda hafif bir artış görülmüştür (Şekil 1). 75 ve 100 mM dozlarında belirlenen pigment miktarları aynı istatistik grup içinde yer almışlardır.

Lipit peroksidasyonu yönünden uygulamalar arasında çok önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Ortamdaki NaCl yoğunluğu arttıkça bitkide lipit peroksidasyonu da artmıştır. En yüksek lipit peroksidasyon değeri 100 mM'da 0.028 nmol g⁻¹ iken, en düşük değer Kontrol, 50 ve 25 mM'da, sırasıyla 0.0096, 0.0096 ve 0.0117 nmol g⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Yapılan birçok çalışmada da artan NaCl yoğunluğuna paralel olarak lipit peroksidasyonu miktarı artmıştır (Babakhani ve ark., 2011; Shahid ve ark., 2012). Artan tuz yoğunluğuyla beraber *Bitbit* genotiplerinin yapraklarında belirlenen prolin miktarı artmış ve bu artış istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.



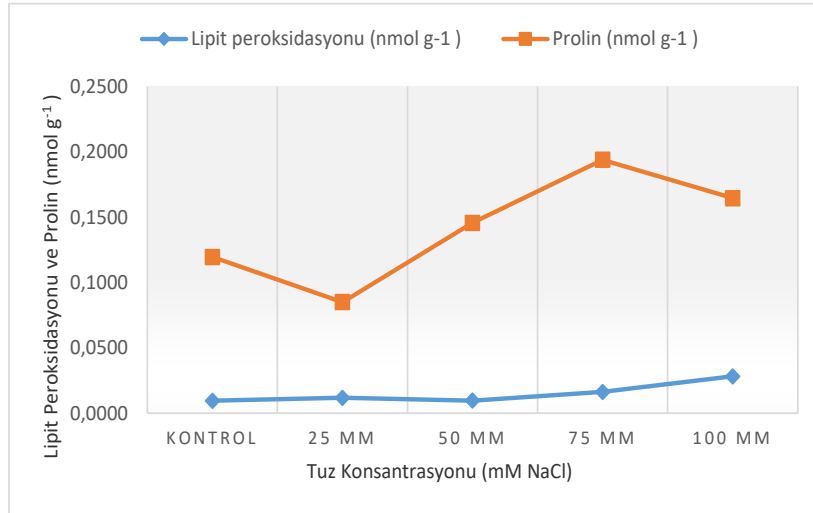
Şekil 1. *Bitbit* genotiplerinin yapraklarında belirlenen pigment değerleri (mg/g)
 Figure 1. Pigment values determined in the leaves of *Bitbit* genotypes (mg/g)

En yüksek prolin miktarı 100, 75 ve 50 mM gruplarında sırasıyla 0.13, 0.17 ve 0.13 $\mu\text{mol g}^{-1}$ olarak bulunurken, en düşük prolin birikimi kontrol ve 25 mM uygulamasında sırasıyla 0.11 ve 0.07 $\mu\text{mol g}^{-1}$ olmuştur (Çizelge 4, Şekil 2).

Prolin genellikle stres koşullarında birikimi gerçekleşen, bitkinin dayanım yeteneğini sağlaması bakımından bir indikatör görevini yapan, suda çözünebilir bir aminoasittir.

Foster at al. (2014), yaptıkları çalışmada kuraklık stresine maruz bıraktıkları *Bitbit* bitkisinde yapraklarda prolin birikiminin arttığını tespit etmişlerdir.

Tuzluluk stresine maruz bırakılan bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Birçok araştırmacı tarafından da stres koşullarında bitkide prolin içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Cha-um ve ark., 2013; Talukdar, 2013).



Şekil 2. *Bitbit* genotiplerinin yapraklarında belirlenen lipit peroksidasyonu ve prolin miktarı (nmol g^{-1})
 Figure 2. Lipid peroxidation and proline content determined in the leaves of *Bitbit* genotypes (nmol g^{-1})

Çizelge 5. Deneme sonunda saksı topraklarında belirlenen elektriksel iletkenlik (EC) değerleri (mS/cm)
Table 5. At the end of the experiment, the electrical conductivity (EC) values determined in the potting soil (mS/cm)

Uygulama	EC (mS/cm)
Kontrol	4.688
25 mM	10.888
50 mM	14.902
75 mM	20.716
100 mM	22.928

Çizelge 5'te de görüldüğü gibi tuz yoğunluğu arttıkça toprakta biriken tuz miktarı ve bunun göstergesi olan EC değerleri de artmıştır. En yüksek iki doz olan 75 ve 100 mM uygulamalarında ilerleyen dönemlerde canlı bitki kalmamıştır. Özaslan Parlak (2008), sulama suyu tuzluluğunun korunganın (*Onobrychis viciifolia* Scop.) verimi ve kalitesi üzerine olan etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmada, 5 sulama suyu

tuzluluğu (0.2, 3.5, , 10 ve 13 dS m⁻¹) kullanmışlardır. Artan tuz miktarı ile beraber bitki boyunun kısalacağını, kuru ot verimi ve ham protein oranının azaldığını belirtmişlerdir. En yüksek tuz yoğunluğunda canlı bitki kalmadığını ve sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak toprak tuzluluğunun artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

4. Sonuç

Tuzluluk stresi koşullarında genotiplerin gösterdikleri kimyasal ve morfolojik tepkiler yönünden aralarında önemli farklılıklar olmakla birlikte, sulama suyuyla verilen NaCl'le beraber saksılardaki tuzluluk artmış en yüksek NaCl yoğunluğuna sahip 75 ve 100 mM grubundaki bitkiler tamamen ölmüştür. Her iki grupta da en son ölenler 56 ve 78 numaralı genotipe ait bitkiler olmuştur. Bu genotiplerden 56 numara Samsun-Bağkur, 78 numara Samsun-Ladik-Toptepe arasından toplanmıştır. Tuz yoğunluğu belirli bir düzeye kadar olan toprakların değerlendirilmesi ve ıslahı açısından, seçilecek genotipler kullanılabilir. Ancak, daha dayanıklı çeşitlerin geliştirilebilmesi için çalışmaların sürdürülmesi yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma OMÜ BAP tarafından PYO.ZRT.1904.16.004 proje numarası ile desteklenmiştir. Bu makaledeki veriler Gülcan KAYMAK' ın Yüksek Lisans Tezinden alınmıştır.

Kaynaklar

- Acar, Z., Ayan, İ., 2012. Yem Bitkileri Kültürü. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 2, Samsun
- Acar, Z., Ayan, İ., Gülser, C., 2001. Some morphological and nutritional properties of legumes under natural conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences. 4 (11): 1312 – 1315.
- Adavi, Z., Mobil, M., Razmjoo, K., Landi, E., 2007. Effects of Salinity of Irrigation Water on *Cynodon* Spp. Cultivars Grown on Salinity Soil in Isfahan. J.Sci and Technol. Agric and Natur. 10: 4.

- Arnon, G.L., 1949. Copper enzyme in isolated chloroplasts: Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24, 1-15.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for Salinity Tolerance in Plants. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, 13: 17-42.
- Ashraf, M., and Foolad, M.R., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
- Babakhani B, Khavari-Nejad R, Hassan sajadi R, Fahimi H, Saadatmand S. 2011. Biochemical responses of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars subjected to NaCl salinity stress. African Journal of Biotechnology. Sep;10(55):11433-41.
- Bian, Y.M., Chen, S.Y., Xie, M.Y., 1988. Effects of HF on Proline of Some Plants, Plant Physiology Communications, 6, 19-21.
- Can, H.Z., 1999. Satsuma Mandarininde (Citrus Unshiu Marc) Tuzluluğun Verim ve Kalite Öğelerine Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.205, İzmir.
- Cha-um S, Batin CB, Samphumphung T, Kidmanee C. 2013. Physio-morphological changes of cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) and jack bean (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) in responses to soil salinity. Australian Journal of Crop Science. 7(13):2128-35.
- Claussen, W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant Science, 168, 241-248.
- Davis, P.H., 1965. Flora of Turkey And The East Aegean Islands. 1965 – 1988. 1 (1965); 2 (1967); 3 (1970); 4 (1972); 5 (1975); 6 (1978); 7 (1982); 8 (1984); 9 (1985); Edinburgh Univ. Press. Edinburgh.
- Day, S., Kaya, M.D., Kolsarıcı, Ö. 2008. Bazı çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin çimlenmesi üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (3); 230-236.

- Duan D, Liu X, Khan MA, Gul B. 2004. Effects of salt and water stress on the seed germination of *Chenopodium glaucum* L. Pak J Bot. 36(4):793–800.
- Dumlupınar, Z. 2005. Elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının makarnalık buğdayda çimlenmeye etkisi. Yüksek Lisans Tezi, K.S.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 44, Kahramanmaraş.
- Epstein, E., 1985. Salt-tolerant crops: origin, development, and prospects of the concept. Plant and Soil, 89, 187-198.
- Ergene, A., 1982. Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No:42, Erzurum.
- Eroğlu, İ. 2007. Tuz stresinin bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) kültür çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 77, İzmir.
- FAO, 2009. FAO Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/>. (Erişim: Kasım 2018).
- Foster, K., H. Lambers, D. Real, P. Ramankutty, G.R. Cawthray1 & M.H. Ryan, 2014. Drought resistance and recovery in mature *Bituminaria bituminosa* var. *Albomarginata*. Annals of Applied Biology ISSN 0003-4746.
- Heath, R.L. and K., Packer, 1968. Leaf senescence; correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany, 32, 93-101.
- Kara, T., 2002. Irrigation Scheduling to Prevent Soil Salinization from a Shallow Water Table, Acta Horticulture, Number 573, pp. 139-151.
- Karakullukçu, E. ve Adak, S.İ. 2008. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin tuza toleranslarının belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (4); 313-319.
- Kaya, M.D., İpek, A. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turk.J.Agric., 27; 221- 227.
- Kusvuran, A., 2015. The effects of salt stress on the germination and antioxidative enzyme activity of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) varieties. Legume Research, 38 (1): 51-59.
- Lacerda, C.F., Cambraria, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Prisco, J.T., 2003. Solute Accumulation and Distribution During Shoot and Leaf Development in Two Sorghum Genotypes under Salt Stress. Environmental and Experimental Botany, 49: 107-120.
- Matysik, J.A., Bhalu, B. and Mohanty, P. 2002. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. Curr. Sci. 82, 525–532.
- Önal Aşçı, Ö. ve Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. Akademik Ziraat Dergisi 5 (1):29-34.
- Öz, M. ve Karasu, A., 2007. Pamuğun çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi. UÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 9-21.
- Özaslan Parlak A., 2008. "Effect Of Salinity In Irrigation Water On Some Plant Development Parameters Of Sainfoin (*Onobrychis Viciifolia* Scop.) And Soil Salinization. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (Journal Of ", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, cilt.14, ss.320-325,
- Shahid, M. A., Balal, R. M., Pervez, M. A., Abbas, T., Ashfaq, M., Ghazanfar, U., Afzal, M., Rashid, A., Garc'ia-Sanchez, F., and Mattson, N. S. 2012. Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. Aust. J. Crop Sci. 6: 828–838.
- Sharma, D.P., Singh, K.N. and Kumbhare, P.S., 2005. Response of sunflower to conjunctive use of saline drainage water and non-saline canal water irrigation. Agronomy and Soil Science, Volume 51, Number 1, February 2005, pp. 91- 100(10).
- Steppuhn,H., Volkmar, K.M and Miller, P.R., 2001. Comparing Canola. Field Pea, Dry Bean , and Durum Wheat Crops Grown in Saline Media. Crop Science , 41:1827-1833.
- Talukdar D. 2013. Growth Responses and Leaf Antioxidant Metabolism of Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Genotypes under Salinity Stress. ISRN Agronomy. 2013:1-15.
- Wilson, C., LIU, X., Lesch, S.M., Suarez, D.L. 2006. Growth Response of Major U.S. Cowpea Cultivars. 1. Biomass Accumulation and Salt Tolerance. HortScience, 41 (1): 225-230.
- Zeinali, E., Soltani, A. and Galeshi, S., 2002. Response of germination components to salinity stress in oil seed rape (*Brassica napus* L.), Iranian J. of Agric. Sci, 33, 137-45pp.
- Zennouhi, O., Rfaki, A., El Mderssa, M., Bouiamrine El H., Bijbijen J., Nassiri L. 2018. Effect Of Salinity And Temperature On The Seed Germination Of *Bituminaria bituminosa* var. *bituminosa*. International Journal of Current Research Vol. 10, Issue, 08, pp.72610-72613, August, 2018.



Seçilmiş Üstün Oryantal Tütün Hatlarının Bazı Morfolojik ve Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Dursun Kurt^{a*}, Güngör Yılmaz^b

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi, Bafra Meslek Yüksekokulu, Bütiksel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Samsun, Türkiye

^bTokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: dursun.kurt@omu.edu.tr

Geliş/Received 22/09/2019

Kabul/Accepted 29/11/2019

ÖZET

Bu çalışma ile Basma tipi tütün hatlarının fenolojik ve morfolojik olarak tanımlanması, tütün ıslahı konusunda yapılacak çalışmalara materyal hakkında bilgi verilmesi hedeflenmiştir. Tarla denemeleri Orta Karadeniz Bölgesi'nde tütün üretiminin en fazla olduğu Bafra, Erbaa ve Gümüşhacıköy'de 4 farklı arazide yürütülmüştür. Morfolojik bakımdan yaprak tipi, yaşmak eni, aya şekli, yaprak ucu şekli, aya kabarcıklığı, yaprakta ondülek ile alt yüzey orta damar rengi ve fenolojik bakımdan çiçeklenme zamanı, taç yaprak rengi ile çiçek kümesi şekli parametreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; yaprak tipi bakımından genotiplerin tamamı yaşmaklı, yaşmak eni bakımından %84'ü orta-geniş yaşmak enine sahip, aya şekli bakımından %92'si dar yada geniş eliptik, %92'si orta sivri yada sivri yaprak ucuna sahiptir. Çiçeklenme zamanı bakımından genotiplerin %32'si geçici karakterli, %72'sinin taç yaprak rengi açık pembe ve tamamının çiçek kümesi şekli küreseldir.

Anahtar Sözcükler:
Basma tipi
Karakterizasyon
Nicotiana tabacum L.

Determination of Selected Superior Oriental Tobacco Lines with Some Morphological and Phenological Characteristics

ABSTRACT

In this study, it is aimed to define the Basma type tobacco lines as phenological and morphological. In addition, it is aimed to give information about the materials to be used in the studies on tobacco breeding. Field trials were conducted in 4 different locations in Bafra, Erbaa and Gümüşhacıköy districts where tobacco production was highest in the Central Black Sea Region. As morphological parameters, leaf type, width at blade, shape of blade, leaf tip shape, blistering of blade, undulations of margin and color of midrib on lower side and as phenological parameters, time of flowering, color of corolla and shape of inflorescence have been investigated. According to the results, all genotypes in terms of leaf type are sessile. 84% of the width at blade basis has medium or broad sessile width. 92% of the shape of blade is narrow elliptic or broad elliptic. 92% of the leaf tip shape is medium pointed or strongly pointed. According to time of flowering, 32% of the genotypes have late characteristics. %72 of color of corolla are light pink color and the shape of inflorescence of all genotypes is spherical.

Keywords:
Basma type
Characterization
Nicotiana tabacum L.

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Türkiye, yüksek kaliteli aromatik oryantal tütünlerin bilinen en büyük üreticisidir. Üretim, kaliteli sigara harmanlarında kullanılmak amacıyla çoğunlukla ihracata yönelik yapılmaktadır. Sigaralık tütünlerin istenen içim özelliklerini tek başına sağlayamaması harman yapma ihtiyacını doğurmaktadır.

Dünyada kullanılan en yaygın sigara harmanları virginia, burley ve oryantal tip tütünlerden oluşmaktadır. Oryantal tütünler, içerdikleri yüksek aroma özellikleri ile sigara harmanlarının içim özelliklerini düzenlemektedir. Tütün üretimimizin ve ihracatımızın yüksek olması tütünlerimizin, sigara harmanlarına sağladığı ıslah edici kalitesinden kaynaklanmaktadır.

Basma tipi tütünler küçük kısmen orta kıtalı olup, renkleri açık kırmızı ve koyu sarı tonları taşımaktadır. Kokulu olmaları en önemli özellikleridir. Dokusu ince, kalınca ve kadifemsi yapıya sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı bazı özel sigara harmanları için sigara sanayinin önemli ve vazgeçilmez harman hatlarından birisidir (Çamaş ve ark., 2009a).

Basma tütün çeşitleri genel olarak, tarımsal özellikler yönünden incelendiğinde orta erkenci (70 gün), bitki boyu açısından orta boylu (100 cm) ve ortalama 30 adet ticari değeri olan yaprağa sahiptir. Bitkinin yapraklarını temsil eden 2. ellerde, yaprak ucunun hafif sivri, ortalama yaprak boyunun 20 cm, yaprak eninin 10 cm, ovalite katsayısının ve çaplar oranının iki olduğu bilinmektedir. Yaprak yüzeyi orta kabarcıklı olup, yaprak ayası aşağı sarkmalar şeklinde gövdeye sarılma özelliği göstermektedir. Yaprakların gövde üzerinde sarmal olarak dizildiği, divergens (phyllotaxy)'in 3/8 ve çiçek renginin pembe olduğu da bir başka özelliğidir (Peksüslü, 1998; Çamaş ve ark., 2011). Erbaa'da yaptıkları çalışmalarda Çamaş ve ark. (2009b) ile Yılmaz ve Kınay (2011), Basma tütün tiplerinin yaprak biçimini eliptik, küçük-orta boyutlu, yaşmaklı, uç açısı sivri-az sivri, kalınca, ince damarlı, elastik, kokulu ve parlak-turuncu-açık kırmızı-kırmızı pişkin renk tonlarına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ege Tütün İhracatçıları Birliği Basma üreticilerine hazırladığı rehber kitabında, kaliteli ve yüksek verimli üretim için sertifikalı tohum kullanımının öneminden bahsetmiş ve Basma üretim alanlarına iki sertifikalı çeşit üretimini tavsiye etmiştir. Bunlar Xanthi 2A ve Xanthi 81'dir. Bu çeşitlerin ılıman ve sıcak iklime sahip bölgelerde; düz, hafif veya çok eğimli, derin ve yüzeysel profilli, azotça orta ve potasyumca zengin süzek topraklarda iyi yetiştiği ifade edilmiştir. Yetiştirildiği bölgelerin ise; Erbaa, Taşova, Tokat, Niksar, Gümüşhacıköy, Vezirköprü, Havza, İnegöl, Orhaneli, Yenice ve Hamdibey olduğu aktarılmıştır (Anonim, 2012). Çeşit tanımlarının yapıldığı kitapta Xanthi 2A; orta boylu, 28-30 yapraklı, yaprakları kabarcıklı, eliptik, küçük boyutlu, sivri uç açılı, yaşmaklı ve ince dokuludur. Dekara verimi 100 kg, orta erkenci ve kuraklığa dayanıklıdır. Kurutulmuş yaprakları ince dokulu, altın sarısı ile turuncu arası renklere, %1.6 nikotin ve %15 şeker içeriğine sahiptir. Xanthi 81 çeşidi ise uzun boylu, 30-32 yapraklı, yaprakları kabarcıklı, eliptik, orta-kısmen küçük boyutlu, yaprak ucu az sivri, yaşmaklı ve kalınca dokuludur. Dekara verimi 125-150 kg, orta erkenci ve kuraklığa dayanıklıdır. Kurutulmuş yaprakları ince dokulu, altın sarısı ile turuncu arası renklere, %1.7 nikotin ve %13 şeker içeriğine sahiptir (Anonim, 2012). UPOV tarafından bütün *Nicotiana tabacum* L. varyetelerinde kullanıma sunulan test rehberinde Xanthi 2A-81-101 çeşitlerine ait bazı özellikler paylaşılmıştır. Rehberde göre bu çeşitler kısa-orta boylu, koltuk sürgünü olmayan, yaprakları bitkiye yapışık ve küçük boyutlu, orta yaşmaklı, geniş eliptik, orta-sivri uç açılı, orta kabarcıklı, ondüleliği orta,

beyazımsı yeşil damarlı, orta-erkenci, küresel çiçekli ve çiçek rengi açık pembedir (Anonim, 2002). Peksüslü ve ark. (2014), UPOV test rehberi kullanarak Karadeniz bölgesi tütünlerine yönelik yaptıkları katalog çalışmasında, tescilli çeşitlerin yanı sıra köy popülasyonlarına da yer vermiş ve bu doğrultuda Gümüşhacıköy, Erbaa, Niksar ve Tokat Merkezine ait tütünlerin bazı özelliklerini tespit etmişlerdir. Bu kapsamda tüm popülasyonlarda yaprak tipi yapışık ve aya şekli geniş eliptik iken yaşmak eni orta-geniş, yaprak ucu orta sivri-sivri, aya kabarcıklığı zayıf-çok zayıf, yaprakta ondülelik çok zayıf-zayıf-orta olarak belirlenmiştir. Bu popülasyonların taç yaprak rengi açık pembe, çiçek kümesi yassı küresel-küresel ve çiçeklenme zamanına göre orta veya geçici karakterdedir. Korubin-Aleksoska ve ark. (2014), ebeveyn olarak kullandıkları Xanthi Djebel XDj-1 tütün çeşidinin bitki boyunun 65 cm, yapraklarının yaşmaklı ve sayısının 17 adet/bitki, yaprak boyunun 17 cm ve yaprak eninin 8.4 cm olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar bu basma çeşidinin 43. günde çiçeklenmeye başladığını, 47. günde %50 çiçeklenmeye ulaştığını ve 70. günde çiçeklenmenin tamamlandığını aktarmışlardır.

Renk, yaprak boyutları ve içim özellikleri gibi çevresel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir. Dış faktörlere bağlı olarak değişmeyen yaprak formu, çiçek rengi ve sümbüle durumu vb ise genetik özellikler olup, özellikle yaprak formu teşhiste kullanılmaktadır (Peksüslü, 1998). Marmara (Dölek, 1984) ve Karadeniz (Karpat, 1989) bölgesi tütünlerinde çalışan araştırmacılar, bitki şekli ve boyu ile yaprak sayısı ve boyutlarının yıl ve çevreden etkilenirken, yaprak formunun değişmediğini bildirmiştir.

Şenbayram ve ark. (2006), oryantal tütünlerde kalite kriterleri açısından önem arz eden doğal stresörleri, yüksek sıcaklık, su azlığı ve mineral besin elementleri noksanlığı olarak belirtmektedir. Lambers ve ark. (2000), ağır metallerin varlığı, aşırı tuzluluk, eksik yağış ve azotun önemli stres faktörleri olduğunu, bitkilerin stres kaynaklı olumsuz etkilerden kurtulmak için savunma oluştururken verim kayıpları yaşadıklarını aktarmaktadır. Bu stresörlere karşı bitkiler, fotosentezi ve yaprak alanını azaltma, yaprağı kalınlaştırma, yaprak sayısını artırarak alt yaprakları gölgeleme, yaprak açısını daraltarak güneşten kaçma gibi mekanizmalar geliştirmektedir (Smith ve ark., 2004).

Bruck ve ark. (2008), yaprakta şeker ve özellikle nişasta miktarındaki artışın yaprak kalınlığını da artırdığını bildirmektedir. Oryantal tütünde zamanla uç yaprak sayısının artmasını da bitkinin alt yaprakları koruma amacıyla uyum mekanizması ile oluşturduğu ifade edilmektedir. Yani oryantal tütünlerin anılan yaprak boyutu, rengi, uç açısı, higroskopisitesi, kalınlığı gibi kalite kriterleri aslında onun stresörlere karşı uyum sürecinde ortaya çıkardığı özelliklerdir (Şenbayram ve ark., 2006).

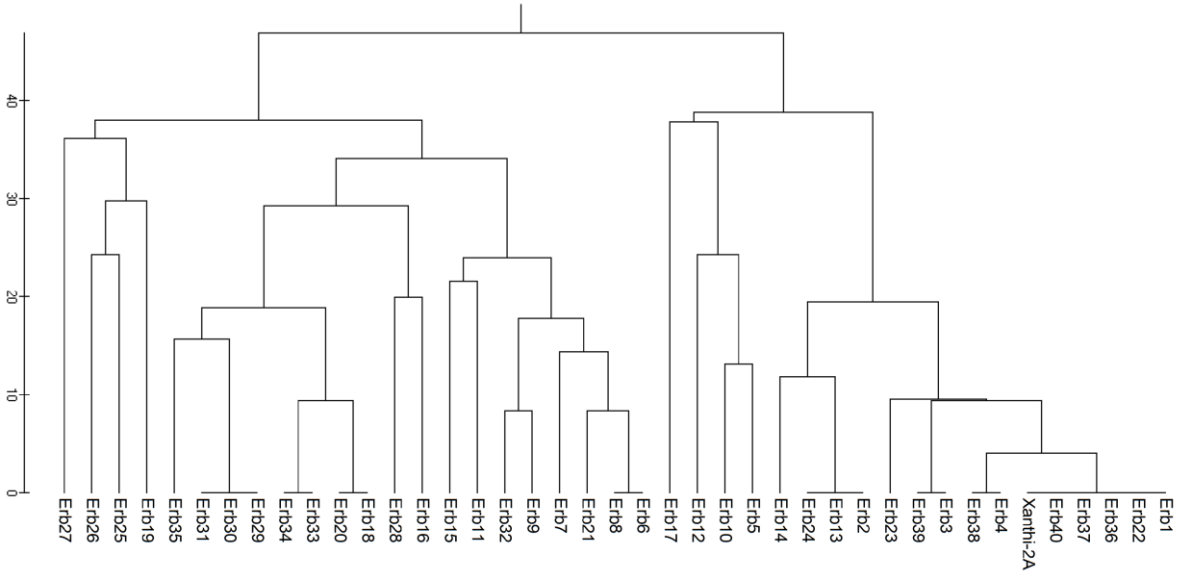
Yeni harmanlar geliştirmek veya mevcut harmanı sürdürebilmek için tütünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Harmanlar; soslar, nemlendiriciler, koku ve lezzet vericiler ile kaplanmasına rağmen içiciler tarafından algılanan öncül kaynak tütündür (Wu ve ark., 1992). Günümüzde tütünler, kimyasal içerikleri (zellikle nikotin ve şeker), sübjektif değerlendirmeler ve içim özelliklerine göre satın alınmakta ve harmanlarda kullanılmaktadır. Bu nedenle yeni tütün hatlarının ıslahında bu durumların göz önünde tutulması ve uyum sağladığı belli ekolojiler de yetiştiriciliğinin yapılması gerekmektedir. İstenilen özelliklerde üretim yapılabilmesi, yetiştirilen hat/çeşidin özelliklerinin tam olarak bilinmesi ve uygun üretim koşullarının oluşturulabilmesi ile mümkündür. Bu alışma ile materyallerin fenolojik ve morfolojik olarak tanımlanması, tütün ıslahı konusunda yapılacak çalışmalara materyal hakkında bilgi verilmesi ve

yöntemin ele alınış bçimi bakımından rehber oluşturulması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Türkiye Basma tipi tütün yetiştiriciliğinin yapıldığı tüm alanlar 2015 yılında taranarak morfolojik olarak farklı olan bitkiler kendilerine tohumları toplanmış, yapılan DNA parmakizi analizi sonucunda 27 hattın farklı olduğu belirlenmiştir (şekil 1). Bu 27 hattan ne çıkan 21 Basma tütün hattı ile dört standart tütün çeşit/hattı (Xanthi 2A, Nail, Canik 190-5, Xanthi 81) olmak üzere 25 genotip çalışmanın materyalini oluşturmuştur.



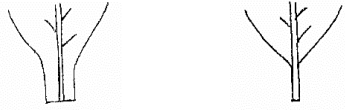
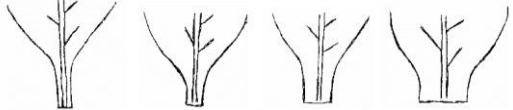
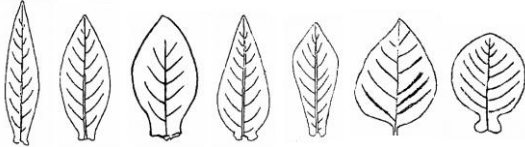

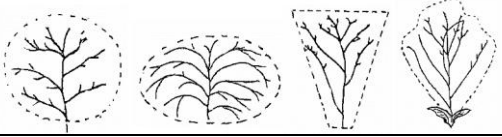
şekil 1. Tütün genotiplerinin genetik yakınlıklarını gösteren dendrogram
Figure 1. Dendrogram showing the genetic affinity of tobacco genotypes

2.2 Yöntem

Araştırma, 2017 yılında Orta Karadeniz Bölgesinin en yoğun tütün üretimi yapılan Gümüşhacıköy ve Bafra ilçeleri ile Erbaa'nın Evciler ve Karayaka köyleri olmak üzere 4 lokasyonda yrtlmştir. Çalışma için ihtiyaç duyulan fideler float (su kültürü) sisteminde, torf ortamında, köpük viyollerde yetiştirilmiştir. Tarla denemeleri tesadüf blokları deneme deseninde  tekrarlamalı olarak yrtlmştir. Araştırmada kullanılan hat/çeşitlerin bazı morfolojik ve fenolojik özelliklerine ait gözlemler alınmıştır. Bu zellikler belirlenirken "Yeni Bitki eşitlerinin Korunması İçin Uluslararası Birlik (UPOV)" tarafından bütün Nicotiana tabacum L. varyetelerinde kullanıma sunulan test rehberi dikkate alınmıştır (Anonim, 2002). Bu rehberde 35 parametre yer almaktadır. Araştırma kapsamında bu kriterlerden seçilen 10 parametre incelenmiştir.

Parametreler belirlenirken Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü'nün Tütün tescil işlemleri için oluşturduğu Teknik Soru Anketi de dikkate alınmıştır (Anonim, 2018). Morfolojik zellikler kapsamında; ¹yaprak tipi, ²yaprakın sapla birleştiği kısmın genişliği (yaşmak eni), ³aya şekli, ⁴yaprak ucunun şekli, ⁵aya kabarcıklığı, ⁶yaprak kenarında ondülelik (kıvrım) ve ⁷alt yüzey orta damar reği incelenmiştir. Fenolojik zellikler kapsamında; ¹ieklenme zamanı, ²ta yaprak reği, ³iek kümesi şekli incelenmiştir. Morfolojik zellikler için gözlemler her parselde 10 bitkide, çiçeklenme başında ikinci ana ellerde, fenolojik özelliklerden çiçeklenme zamanı için %50 çiçeklenme ve diğer iek özellikleri için ise her parselde tamamen iek açmış 10 bitkide izelge 1'de yer alan skalalara göre yapılışmış ve Gencer (2002)'e göre frekansları hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Morfolojik ve fenolojik özelliklerin gözlemlerinde kullanılan skalalar
Table 1. Scales used in observing morphological and phenological features

Morfolojik Özellikler	
1. Yaprak tipi	2. Yaprığın sapla birleştiği kısmın genişliği
	
<p>1 Yaprışık (yaşmaklı) 2 Saplı (zenepli)</p>	<p>1 Çok dar 3 Dar 5 Orta 7 Geniş</p>
3. Aya şekli	4. Yaprak ucunun şekli
	
<p>1 Mızrak 2 Dar eliptik 3 Geniş eliptik (karınlı) 4 Yumurta şeklinde (hafif omuzlu) 5 Ters yumurta şeklinde (yukarı karınlı) 6 Yürek şeklinde (omuzlu) 7 Yuvarlak</p>	<p>1 Sivrilik yok 3 Hafif sivri 5 Orta sivri 7 Sivri 9 Çok sivri</p>
6. Yaprak kenarında ondülelik (kvrım)	5. Aya kabarcıklığı
<p>1 Yok veya çok zayıf 3 Zayıf 5 Orta 7 Kuvvetli</p>	<p>1 Yok veya çok zayıf 3 Zayıf 5 Orta 7 Kuvvetli 9 Çok kuvvetli</p>
7. Alt yüzey orta damar rengi	7. Alt yüzey orta damar rengi
<p>1 Yok veya çok zayıf 3 Zayıf 5 Orta 7 Kuvvetli</p>	<p>1 Beyazımsı 2 Beyazımsı yeşil 3 Yeşil</p>
Fenolojik Özellikler	
1. Çiçeklenme Zamanı	3. Çiçek Kümesi Şekli
<p>(bitkilerin en az %50'si çiçek açtığında) 1 Çok erken (<25 gün) 3 Erken (26-50 gün) 5 Orta (51-60 gün) 7 Geç (61-70 gün) 9 Çok geç (>71 gün)</p>	<p>1 Küresel 2 Yassı küresel 3 Ters konik 4 Çift konik</p>
2. Taç Yaprak Rengi	
<p>1 Beyaz 2 Açık pembe 3 Pembe 4 Koyu pembe 5 Kırmızı</p>	

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Morfolojik özellikler

Türkiye'de, Basma tütün tipinin yaygın olduğu sahalardan toplanarak seçilen 21 hat ile 4 standarttan oluşan çalışma setinin, incelenen bazı morfolojik karakterlerine ait gözlem sonuçları ve frekansları Çizelge 2 ve 3 ile Şekil 2'de verilmektedir.

Yaprak tipi açısından tamamı yapışık (yaşmaklı/sapsız/zenepsiz) karakter taşıyan hatların %56'sı orta ve %28'i geniş yaşmak enine sahip olup, ERB-30 ile Canik 190-5'in yaşmak eni dardır. En dar yaşmak eni ERB-11 ve ERB-25 hatlarında tespit edilmiştir. Bu hatlar aya şekli ile de diğer örneklerden ayrılmakta ve yürek şeklinde (omuzlu) aya şekli göstermektedir. Örneklerin kalan kısmında ise dar (%40) veya geniş (%52) eliptik form hâkimdir (Çizelge 2, 3; Şekil 2). Zenepli (yaşmaksız, saplı) olan tütün tipleri ile karşılaştırıldıklarında, yaşmaklı tipler üretim sürecinde el ile kırım ve dizim işlemlerinde kolaylık sağlamakta, makineli dizime imkân vermekte, yaprak alanında artış ile verime katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda yaşmaklı yaprakların yaprak ayası oranının zeneplilere göre daha yüksek olması, tütün harmanlığı

açısından da olumlu bir kalite faktörü olarak kabul edilmektedir (Şuben, 1989). Yaprak ucu şekli (yaprak uç açısı) bakımından genotiplerin %48'i orta sivri ve %44'ü sivri uç açısına sahiptir. ERB-18 ve ERB-35 hatlarında ise yaprak ucu hafif sivri özellik göstermiştir.

Örneklerin yarısından fazlası yok/çok zayıf (%40) veya zayıf (%20) aya kabarcıklığı göstermektedir. %24'ü orta düzeyde aya kabarcıklığına sahip olan genotipler içinde ERB-27 ile ERB-30 kuvvetli ve ERB-17 ile ERB-25 çok kuvvetli aya kabarcıklığı ile öne çıkmaktadır (Çizelge 2, 3; Şekil 2). Tütün tiplerinin morfolojik tanımlarında kullanılan yaprak uç açısında, yaprak ayası miktarının daha fazla olması nedeniyle az sivri/küt yani büyük dereceli uç açıları, olumlu kalite faktörü olarak tanımlanmaktadır (Otan ve Apti, 1989).

Aya kabarcıklığı gibi tip özelliğinin belirgin şekilde görülmesine imkan veren yaprakta ondülelik (yaprak kenarlarında kıvrımlılık), örnek grubunda en belirgin olarak orta (%20) düzeyde tespit edilmiş, %80'inde yok/çok zayıf veya zayıf özellik göstermiştir. ERB-12, ERB-19, ERB-27 ve ERB-38 hatlarının diğerlerine göre daha yüksek düzeyde ondülelik özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Alt yüzey orta damar rengi açısından beyazımsı özellik gösteren ERB-11 ve Xanthi 81 dışında kalan tüm genotiplerde bu karakter beyazımsı yeşil olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 2, 3; Şekil 2).

Basma tütünlerini konu alan çalışmalarda bu tip tütünler, yaşmaklı, eliptik, az sivri-sivri uç açısına sahip olup yaprak yüzeyi orta kabarcıklıdır (Peksüslü, 1998;

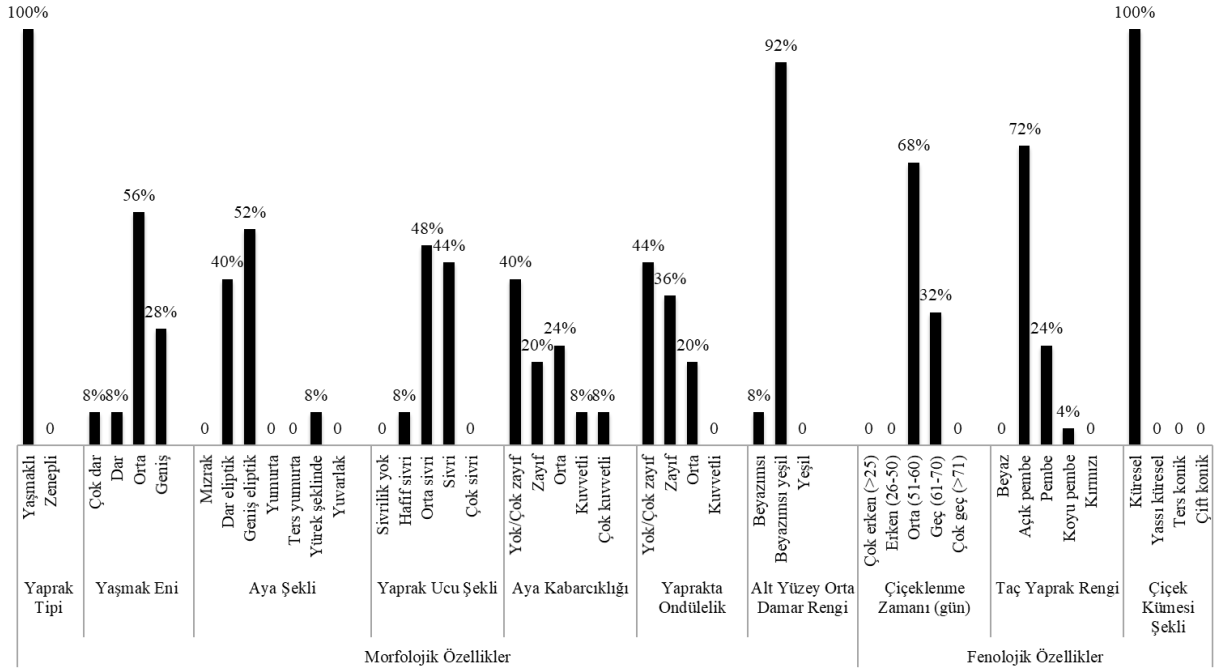
Çamaş ve ark., 2009b, 2011; Yılmaz ve Kınay, 2011). Peksüslü ve ark. (2014)'da basma tütünlerinin yapışık yaprak tipine, geniş eliptik orta-geniş yaşmak enine, orta sivri-sivri uç açısına, çok zayıf/zayıf kabarcıklığa ve çok zayıftan ortaya değişen ondüleliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışma sonuçlarımızda örneklerin tamamının yaşmaklı (yapışık) olması, %84'ünün orta-geniş yaşmağa sahip olması, %92'sinin eliptik özellik göstermesi, %92'sinin orta sivri-sivri uç açısına sahip olması, %84'ünün çok zayıftan ortaya değişen kabarcıklık ve %80'nin çok zayıf/zayıf ondüleklik göstermesi önceki çalışma sonuçları ile örtüşmektedir (Çizelge 2, 3; Şekil 2).

Çalışmada kullanılan standartlar incelendiğinde, Çamaş (1998) Nail popülasyonunun yaşmaklı (yapışık) ve sivri uç açısına sahip olduğunu bildirmiş ve araştırma sonuçlarımızla örtüştüğü tespit edilmiştir. Peksüslü ve ark. (2012)'na göre Canik 190-5 çeşidi yaşmaklı, eliptik ve orta sivri uç açısına sahiptir. Çizelge 2

incelendiğinde Canik 190-5 çeşidinin yaşmaklı, eliptik (dar) ve orta sivri uç açısına sahip olduğu görülmektedir.

UPOV test rehberinde Xanthi 2A ve Xanthi 81 çeşitleri orta yaşmaklı, geniş eliptik, orta-sivri uç açılı, orta kabarcıklı, ondüleliği orta ve beyazımsı yeşil damarlı olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2002). Ülkemizde yapılmış bir başka çalışmada (Anonim, 2012) Xanthi 2A ve Xanthi 81 çeşitleri yaşmaklı, eliptik, az sivri-sivri uç açılı, kabarcıklı olarak tanımlanmıştır. Çalışmamızda Xanthi 2A çeşidi orta yaşmaklı, geniş eliptik, orta sivri uç açılı, orta kabarcık ve zayıf ondüleklik gösteren, beyazımsı yeşil alt damar rengine sahip olduğu gözlenmiştir. Xanthi 81 çeşidi ise; orta yaşmaklı, dar eliptik, orta sivri uç açılı, zayıf kabarcık ve ondüleklik gösteren, beyazımsı alt yüzey damar rengine sahip bir çeşit olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2, 3; Şekil 2).



Şekil 2. Tütün genotiplerinin morfolojik ve fenolojik özelliklerine ait frekansları gösterir grafik

Figure 2. Graph showing the morphological and phenological characteristics of tobacco genotypes

3.2 Fenolojik özellikler

Farklı tütün hat ve çeşitlerinde gözlenen bazı fenolojik karakterler ve bu karakterlerin frekansları Çizelge 2 ve 3 ile Şekil 2'de verilmektedir. Bu kapsamda incelenen ilk karakter olarak erkencilik veya geçcilik bilgisini veren, popülasyonda %50 çiçeklenme tarihleri tespit edilmiş ve genotiplerin %68'inin 51-60 günde çiçeğe geçtiği anlaşılmıştır. ERB-6, ERB-7, ERB-9, ERB-16, ERB-19, ERB-21, ERB-25 ve ERB-35'in 61-70 günde %50 çiçeklenmeyle geçici özellik gösterdiği gözlenmiştir.

Peksüslü (1998) ve Çamaş ve ark. (2011) basma tütün tiplerinin orta erkenci özellik gösterdiğini, Korubin-Aleksoska ve ark. (2014) Xanthi Djebel XDj-1 çeşidinin 47. günde %50 çiçeklenmeye ulaştığını Peksüslü ve ark. (2014) da ülkemizde yetiştirilen basma tipi tütünlerin orta ve geçici olduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak çalışmamızda, Xanthi 2A ve Xanthi 81 çeşitlerinin 51-60. günde %50 çiçeklenmeye ulaşmasından hareketle belirlenen orta erkenci özelliği de Anonim (2002, 2012) ile örtüşmektedir (Çizelge 2, 3; Şekil 2). Daha önceki çalışmalarda basma tip tütünlerde taç yaprak rengi pembe (Peksüslü, 1998; Çamaş ve ark.,

2011) ve açık pembe (Peksüslü ve ark., 2014) olarak tespit edilmiş, çiçek kümesi şeklinin ise küresel (Anonim, 2002; Peksüslü ve ark., 2014) olduğu aktarılmıştır.

Taç yaprak rengi bakımından örnek grubunun %72'si açık pembe ve %24'ü pembedir. ERB-12 koyu

pembe taç yaprak rengi ile araştırma setinin tümünden farklı bir özellik göstermiştir. Araştırma setinin tamamında çiçek kümesi şekli küresel olarak gözlenmiş, sonuçların önceki çalışmalar ile uyum içinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2, 3; Şekil 2).

Çizelge 2. Tütün genotiplerinde gözlenen morfolojik ve fenolojik karakterler

Table 2. Morphological and phenological characteristics observed in tobacco genotypes

No	Genotip	Yaprak Tipi	Yaşmak Eni	Aya Şekli	Yaprak Ucu Şekli	Aya Kabarcık	Yaprakta Ondülelik	Alt Yüzey Damar Rengi	Çiçeklenme Zamanı	Taç Yaprak Rengi	Çiçek Kümesi Şekli
1	ERB-5	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
2	ERB-6	Yaşmaklı	Orta	Geniş eliptik	Orta sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
3	ERB-7	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
4	ERB-9	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Pembe	Küresel
5	ERB-11	Yaşmaklı	Çok dar	Yürek şekli	Orta sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
6	ERB-12	Yaşmaklı	Geniş	Dar eliptik	Sivri	Yok/çok zayıf	Orta	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Koyu pembe	Küresel
7	ERB-13	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Orta sivri	Zayıf	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Pembe	Küresel
8	ERB-14	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Orta sivri	Yok/çok zayıf	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
9	ERB-15	Yaşmaklı	Orta	Geniş eliptik	Orta sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Pembe	Küresel
10	ERB-16	Yaşmaklı	Orta	Geniş eliptik	Sivri	Zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
11	ERB-17	Yaşmaklı	Geniş	Geniş eliptik	Sivri	Çok kuvvetli	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Pembe	Küresel
12	ERB-18	Yaşmaklı	Orta	Geniş eliptik	Hafif sivri	Yok/çok zayıf	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
13	ERB-19	Yaşmaklı	Geniş	Geniş eliptik	Orta sivri	Orta	Orta	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
14	ERB-21	Yaşmaklı	Geniş	Geniş eliptik	Sivri	Zayıf	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
15	ERB-23	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Sivri	Orta	Orta	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
16	ERB-25	Yaşmaklı	Çok dar	Yürek şekli	Sivri	Çok kuvvetli	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
17	ERB-26	Yaşmaklı	Geniş	Geniş eliptik	Orta sivri	Zayıf	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
18	ERB-27	Yaşmaklı	Geniş	Geniş eliptik	Sivri	Kuvvetli	Orta	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
19	ERB-30	Yaşmaklı	Dar	Geniş eliptik	Orta sivri	Kuvvetli	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
20	ERB-35	Yaşmaklı	Orta	Geniş eliptik	Hafif sivri	Orta	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Geç (61-70 gün)	Açık pembe	Küresel
21	ERB-38	Yaşmaklı	Geniş	Geniş eliptik	Orta sivri	Orta	Orta	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Pembe	Küresel
22	Xanthi 2A	Yaşmaklı	Orta	Geniş eliptik	Orta sivri	Orta	Zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
23	Nail	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Sivri	Orta	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Pembe	Küresel
24	Canik 190-5	Yaşmaklı	Dar	Dar eliptik	Orta sivri	Yok/çok zayıf	Yok/çok zayıf	Beyazımsı yeşil	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel
25	Xanthi 81	Yaşmaklı	Orta	Dar eliptik	Orta sivri	Zayıf	Zayıf	Beyazımsı	Orta (51-60 gün)	Açık pembe	Küresel

Çizelge 3. Tütün genotiplerinde gözlenen karakterlere ait frekans değerleri

Table 3. Frequency values of the characters observed in tobacco genotypes

Morfolojik Özellikler

Yaprak Tipi	Yaşmaklı (%100)
Yaşmak Eni	Çok dar (%8) Dar (%8) Orta (%56) Geniş (%28)
Aya Şekli	Dar eliptik (%40) Geniş eliptik (%52) Yürek şeklinde (%8)
Yaprak Ucu Şekli	Hafif sivri (%8) Orta sivri (%48) Sivri (%44)
Aya Kabarcıklığı	Yok/Çok zayıf (%40) Zayıf (%20) Orta (%24) Kuvvetli (%8) Çok kuvvetli (%8)
Yaprakta Ondülelik	Yok/Çok zayıf (%44) Zayıf (%36) Orta (%20)
Alt Yüzey Orta Damar Rengi	Beyazımsı (%8) Beyazımsı yeşil (%92)

Fenolojik Özellikler

Çiçeklenme Zamanı	Orta (%68) Geç (%32)
Taç Yaprak Rengi	Açık pembe (%72) Pembe (%24) Koyu pembe (%4)
Çiçek Kümesi Şekli	Küresel (%100)

4. Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre; genotiplerin tamamı yaşmaklı, %84'ü orta-geniş yaşmak enine sahip, %92'si dar yada geniş eliptik, %92'si orta sivri yada sivri yaprak ucuna sahip, aya kabarcıklığı yok/çok zayıf (%40), zayıf (%20) veya orta (%24) olan, %56'sı zayıf veya orta ondüleliğe sahip ve alt yüzey orta damar rengi %92'si beyazımsı yeşildir. Genotiplerin %32'si geçici olup, taç yaprak rengi %72'si açık pembe ve tamamı küresel çiçek şekline sahiptir. Bu çalışma ile materyallerin fenolojik ve morfolojik olarak

tanımlanması, tütün ıslahı konusunda yapılacak çalışmalara materyal hakkında bilgi verilmesi ve yöntemin ele alınış biçimi bakımından rehber oluşturulması hedeflenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından "Tokat Yöresi Basma Tipi Tütünlerde Üstün Özelliklere Sahip Hatların Belirlenmesi" projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2002. International union for the protection of new varieties of plants (UPOV) Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability, Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). TG/195/1. http://www.upov.int/en/publications/tgrom/tg195/tg_195_1.pdf (Erişim tarihi: 27.01.2017).
- Anonim, 2012. Basma Tütünü Yetiştirme Tekniği. Ege İhracatçı Birlikleri, Ege Tütün İhracatçıları Birliği Yayınları, İzmir.
- Anonim, 2018. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü (TTSM). Tescil başvuru aşaması teknik soru anketleri. Tütün (*Nicotiana tabacum* L.). http://www.tarim.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?S_ayfaId=44 (Erişim tarihi: 31.10.2018).
- Bruck, H., Jureit, C., Hermann, M., Schulz, A., Sattelmacher, B., 2008. Effect of water and nitrogen supply on water use efficiency and carbon isotope discrimination in Edible Canna (*Canna edulis* Ker-Gawler). *Plant Biology*, 3(4): 326-334. <https://doi.org/10.1055/s-2001-16450>.

- Çamaş, N., 1998. Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) melezlerinde bazı kantitatif özelliklerinin kalıtımının line x tester yöntemi ile analizi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 96 s, Samsun.
- Çamaş, N., Çalışkan, Ö., Odabaş, M.S., Ayan, A.K., 2009a. Organik kökenli gübre dozlarının Esendal tütün çeşidinin verimi ve kalitesi üzerine etkileri. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi (19-22 Ekim 2009, Hatay) Bildirileri, 251-255.
- Çamaş, N., Karaali, H., Çalışkan, Ö., Kurt, D., 2009b. Basma tütün çeşit ve hatlarının Gümüşhacıköy şartlarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, (19-22 Ekim 2009, Hatay) Bildirileri, 247-250.
- Çamaş, N., Karaali, H., Kurt, D., Kınay, A., 2011. Orta Karadeniz bölgesi basma tipi tütün yetiştiriciliğinde kalite unsurlarının değerlendirilmesi. Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi (12-15 Eylül 2011, Bursa) Bildirileri, 908-913.
- Dölek, İ., 1984. Marmara bölgesi *Nicotiana tabacum* L. safhat çeşitlerinin bazı morfolojik özellikleri. Doktora Tezi. Tekel Enstitüsü Yayınları, Yayın No: 306, İstanbul.

- Gencer, A.S., 2002. Türkiye tütün popülasyonlarında bazı özelliklerin saptanması, I: Marmara ve Karadeniz Bölgeleri. Journal of Aegean Agricultural Research Institute, Anadolu, 12(1): 83-95.
- Karpat, H., 1989. Samsun-Bafra tütün çeşitlerinin taksonomik (*Nicotiana tabacum* L.) özellikleri üzerine araştırmalar. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 194 s, İstanbul.
- Korubin-Aleksoska, A., Miceska, G., Aleksoski, J., 2014. Plant breeding for creation of late-maturing oriental tobacco genotypes. Тютун/Tobacco, 64 (1-6): 5-11.
- Lambers, H., Chapin, S.F., Pons, L.P., 2000. Plant physiological ecology. Springer-Verlag, 840 pp, New York.
- Otan, H., Apti, R. 1989. Tütün. T.C. T.O.K.İ.B. Ege T.A.E. Yay. No: 83, 89 s, İzmir.
- Peksüslü, A., 1998. Bazı Türk tütün çeşitlerinin İzmir-Bornova koşullarında morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 79 s, İzmir.
- Peksüslü, A., Yılmaz, İ., İnal, A., Kartal, H., 2012. Tobacco genotypes of Turkey. Journal of Aegean Agricultural Research Institute, Anadolu, 22(2): 82-90.
- Peksüslü, A., Yılmaz, İ., İnal, A., Kartal, H., 2014. Türkiye tütün kaynakları: Karadeniz bölgesi tütünleri. TC Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayın No: 153, İzmir.
- Smith, A.M., Zeeman, S.C., Thorneycroft, D., Smith, S.M., 2004. Starch mobilization in leaves. Journal of Experimental Botany, 54(382): 577-583. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg036>.
- Şenbayram, M., Ekren, S., Sekin, S., 2006. Ekolojik koşulların ve besin elementlerinin oryantal tütün kalitesi üzerindeki etkileri. Tütün Ekspertleri Derneği Bülteni, 75: 13-17.
- Şuben, M., 1989. Özel Harmancılık. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3558, İstanbul.
- Wu, Z., Weeks, W.W., Long, R.C., 1992. Contribution of neutral volatiles to flavor intensity of tobacco during smoking. J. Agric. Food. Chem., 40: 1917-1921. <https://doi.org/10.1021/jf00022a038>.
- Yılmaz, G., Kınay, A., 2011. Tütünde (*Nicotiana tabacum* L.) farklı azot dozlarının verim ve kalite özelliklerine etkileri. IX. Tarla Bitkileri Kongresi (12-15 Eylül 2011, Bursa) Bildirileri Kitabı, 2: 951-956.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.627038

Bitki Koruma Makineleri Kullanımının Tarımda İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Uğur Temel^a, Yeşim Benal Öztekin^{a*}

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: yurtlu@omu.edu.tr

Geliş/Received 30/09/2019 Kabul/Accepted 25/11/2019

ÖZET

Tarım sektörü, gelişmiş ülkeler de dâhil olmak üzere birçok ülkede en tehlikeli sektörlerden biri durumundadır. Tarım makineleri kazaları ile pestisitler ve diğer kimyasallara maruz kalma, sektördeki ölüm, yaralanma ve hastalıkların iki temel nedenidir. Genel olarak tarım makineleri ve özde kimyasal uygulaması yaparak tarımsal mücadelede kullanılan makinelerle ilgili kaza, yaralanma ve hastalıkların azaltılması konularında yapılacak çalışmaların belirlenebilmesi için, çiftçilerin kullanım alışkanlıkları yönünden durumlarının analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Tokat İlinde yoğun olarak kullanılan bitki koruma makinelerinin kullanımları sırasında ortaya çıkan iş güvenliği problemleri açısından incelenmesi ve bu makineleri kullanan çiftçilerin iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Tokat İl'inde Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçelerinde bitki koruma makineleri kullanan çiftçiler ile yüz yüze görüşmeler yoluyla anket çalışması yürütülmüştür. Elde edilen veriler SPSS paket programında istatistiksel analize tabi tutularak bulgular ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler:
Pestisit Uygulama
Pülverizatör
Tarımda İş Sağlığı ve
Güvenliği

Evaluation of Plant Protection Machinery Using from the Point of Agricultural Safety

ABSTRACT

The agricultural sector is one of the most dangerous in many countries, including developed countries. Accidents in agricultural machinery and exposure to pesticides and other chemicals are the two main causes of death, injury and disease in the sector. In order to determine the works to be carried out in order to reduce the accidents, injuries and diseases related to agricultural machines in general by using agricultural machines and especially chemical applications, the situation of farmers in terms of usage habits should be analyzed. In this study, it was aimed to investigate the occupational safety problems that occur during the use of plant protection machines which are used extensively in Tokat Province and to determine the degree of compliance with the occupational health and safety rules of the farmers using these machines. For this purpose, a questionnaire was conducted through face to face interviews with farmers using plant protection machines in Zile, Artova, Erbaa and Niksar districts in Tokat. The obtained data were analyzed statistically in SPSS package program and the findings were presented.

Keywords:
Pesticide Application
Sprayer
Health and Safety in
Agriculture

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Pestisit uygulamaları doğru olarak yapılmadığında insan sağlığı ve çevre üzerinde önemli derecede zarar verici etkilere sahip olabilmektedir. Bu kimyasalların uygulanmasında kullanılan bitki koruma makinelerinin doğru ve sürdürülebilir kullanımı son derece önemlidir. Tarımsal mücadelede kullanılan pestisitlerin uygulanmasında, başta insan sağlığı ve güvenliği olmak üzere, çevresel etkiler ve gıda güvenliği göz önüne alındığında, uyulması gereken teknikler, şartlar ve iş sağlığı ve güvenliği açısından kurallar bulunmaktadır. Uygulama teknikleri, kullanılan doz, uygulanma zamanı ve koşulları, hem etkili mücadelenin yapılması hem de insan sağlığı ve güvenliği, çevresel etkiler ve gıda güvenliğini belirleyici unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Pestisitlerin üretimi, depolanması, taşınması ve satışında çalışan, pestisitleri kullanan, pestisit kalıntıları içeren gıdalarla beslenen ve çevreye bulaşan pestisitlere maruz kalan kişiler, pestisitlerden önemli derecelerde zarar görmektedir. İnsanların pestisitlerle teması, karışımın hazırlanması ve uygulanmaları sırasında olabildiği gibi ilaçlama sonrası boş ilaç kutuları, ilaç artıkları vb kalıntılarla teması sonucunda da ortaya çıkmaktadır. Tarımsal mücadele yapılırken özellikle makinelerin kullanımı sırasında pestisitler insan vücuduna; cilde temas, ağız ve solunum yoluyla olmak üzere üç farklı şekilde girmektedir. Uygulama sırasında pestisitler, çiftçilerin yeteri kadar koruyucu tedbir almamaları, genellikle günlük kıyafetlerle uygulama yapmaları ve pestisitlerin kıyafetlere bulaşma olasılığının oldukça yüksek olması gibi nedenlerle insanlara bulaşabilmektedir. Pestisitlerin çevre üzerine olan olumsuz etkilerini tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmamakla birlikte gerekli güvenlik önlemleri alınarak etkisi azaltılabilir.

Az gelişmiş ülkelerde tarımda iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yerleşmesi ve yaygınlaşmasını engelleyen unsurların başında, tarımsal alanda çalışan kişilerin eğitim seviyesinin son derece düşük olması gelmektedir. Bu durum çiftçilerin teknik bilgi açısından yetersiz kalmalarına neden olmakta, yenilikleri ve gelişmeleri takip etmelerini engellemekte, iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterli bilgi sahibi olamamalarına neden olmaktadır.

Tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan bitki koruma makineleri ve kimyasallar sektöründe yaşanan ölüm, yaralanma ve hastalıkların ana nedenleridir (Yurtlu ve ark., 2015). Tarımda iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili sorunlar sadece makinelerle çalışma sırasında değil tamir, bakım, temizleme, depoyu doldurma-boşaltma ve tıkanıklıkları giderme vb işlemler sırasında da yaşanmaktadır. Tarımda yaşanan iş güvenliği sorunlarının azaltılması için gelişmiş ülkelerde risk unsurlarının belirlenmesi ve en aza indirilmesi için yoğun çaba sarf edilmektedir. Tarımda sağlık ve güvenliği tesis etmek için piyasada güvenli ürün

bulundurulması, çalışanların bilinçlendirilmesi için eğitimler düzenlenmesi ve iş güvenliği kurallarının benimsenmesi gibi bir dizi tedbir alınmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ise tarım çalışanlarının mesleki beceri ve eğitim açısından yetersiz olmaları, çalışanların bilinçlendirilmemesi, eğitim çalışmalarının eksikliği ve iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kurallar ve önlemlerin ilgili kişiler tarafından önemsenmemesi gibi nedenlerle çalışanlar büyük risk altındadır.

Ahioğlu (2008), yaptığı çalışmada İş Kanunu kapsamında olmayan tarım sektörünü incelemeyi amaçlamıştır. Türkiye’de tarım sektörünü iş sağlığı ve güvenliği açısından incelemiş ve tarım sektöründeki tehlikeleri ergonomi, gürültü, havalandırma, kimyasallar, psikolojik stres vb olduğunu belirlemiş ve bu tehlikelerden kimyasalları (pestisit) kapsamlı ve ayrıntılı olarak açıklamıştır. Bayat ve Andırın (2005), yaptığı çalışmada, Avrupa ülkelerinde pülverizatörlerin zorunlu denetime tabi olduğunu, ülkemizde zorunlu denetime tabi tutulması durumunda karşılaşılabilecek sorunlara ait temel verileri tespit etmeyi amaçlamış, çiftçilerin pülverizatör kullanımı konularında yeterli bilgi birikimine sahip olmadıklarını belirlemişlerdir. Araştırmalarında aşırı doz kullanımının çevre kirliliğine neden olduğunu belirtmişlerdir. Önerilen dozun altında ve üzerinde kullanımın neden olduğu sorunları ortaya koymuş, bu olumsuzlukları önlemek için pestisit uygulamalarında kullanılan ekipmanların doğru seçilmesi ve dozun doğru ayarlanması gerektiğini belirtmiştir. Demir (2005), çalışmasında Tekirdağ ili ve çevresinde yer alan tarımsal işletmelerin, ilaçlama makineleri açısından mekanizasyon durumu, makineler ile ilgili sorunları ve bu makinelerin bakım, onarım, satın alma vb. ihtiyaçlarını nasıl belirlediklerini saptamayı amaçlamıştır. Bu amaçla çiftçilerle anketler yapılmış, bu doğrultuda sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Anket sonuçlarına göre, çiftçilerin makinelerin bakım ve ayarlarına dikkat etmedikleri, eksikliklerini giderebilmek için ilgili kuruluşların eğitim seminerleri vermeleri durumunda bunlara katılmak istediklerini belirttiklerini ortaya koymuştur. Öz (2005), yaptığı çalışmada, Ege Bölgesi’nde meydana gelen traktör kazalarının tarımsal iş güvenliği açısından değerlendirmiştir. Anket sonuçları ve yaşanan kazaların incelendiği bu çalışmada çiftçilerin güvenli traktör kullanımı konusunda yeterince bilgilerinin olmadığı görülmüştür. Peker ve Özkan (1995), yaptıkları çalışmada, traktör ve tarım makineleri ile yapılan kazalarda meydana gelen can kayıplarına ilişkin risk analizi yapmışlardır. En önemli risk kaynağının traktör kullanımı ve kuyruk milinden hareket alan tarım makineleri olduğunu tespit etmişlerdir. Tarım makineleri ile çalışma esnasında ölümle sonuçlanan kazalarla sırası ile en fazla %25 harman makineleri, %18 tarım arabası ve %10 pülverizatörler ile çalışmada karşılaşıldığını belirtmişlerdir. Yurtlu ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada, tarım makinesi kullanıcılarının

tarım makineleri kullanımına ilişkin risk algılarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda çiftçilerle anket yapılmış, onların eğitim ve beceri durumları ile birlikte tarım makineleri kullanımına ilişkin risk algıları değerlendirilmiştir. Bu anketler doğrultusunda tarımda yaşanan kazaları azaltmaya yönelik öneriler sunulmuş, araştırma sonucunda, tarım makineleri kaza riskleri konusunda mevcut durumun değişmeden devam ettiği belirlenmiş, ayrıca makineleri güvenli kullanım konusunda eğitim düzeyi düşük kişiler, kadınlar, çocuklar ve diğer kişilerin kazalardan olumsuz etkilendikleri tespit edilmiştir. Kullanıcılara verilecek makine kullanımı konusunda eğitimlerin kazaları azaltacağı vurgulanmıştır.

Bitki koruma makineleri, hem bir tarım makinesi olarak kazalara sebebiyet vermesi açısından hem de kimyasal uygulamada kullanılan bir makine olması nedeniyle, etkili tarımsal mücadele yapılmasındaki önemini yanı sıra, operatörlerin sağlık ve güvenliği, çevresel etkiler ve gıda güvenliği gibi çok yönlü önem ve etkileri olan makinelerdir. Peker ve Özkan (1995) yapmış oldukları bir çalışmada, pülverizatörle çalışmada kazalarda ölüm oranının diğer tarım makineleri arasında %10 gibi önemli bir paya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu makine grubu pestisit uygulamasında kullanılan makineler olduğu için operatörlerin meslek hastalıklarına yakalanması açısından da son derece risklidir. Bu nedenlerle bitki koruma makinelerini kullanırken iş güvenliğine özel önem göstermek gerekmektedir. Bu araştırmanın amacı, pilot il olarak belirlenen Tokat'ta bitki koruma makinelerini kullanan çiftçilerin, kullanım alışkanlıkları ile iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyma durumlarını inceleyerek iş güvenliği açısından bir değerlendirme yapmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma materyalini, Tokat İli Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçelerinde çiftçilerden anket yoluyla elde edilen bilgiler ve araştırma bölgesinde yapılan gözlemler oluşturmaktadır. Anketler, 2016 yılı Mart, Nisan ve Haziran aylarında yapılmıştır. Anket çalışması yapılacak ilçeler belirlenirken, bitki koruma makinelerinin yoğun olarak kullanılması durumu ve Tarım ve Orman Bakanlığı Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) verileri referans alınmıştır. Bu çalışmada anket verilerinin elde edilmesinde Tokat İlini temsil eden, bitki koruma makinelerinin yoğun olarak kullanıldığı Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçeleri seçilmiştir. Örnek büyüklüğü belirlenirken ÇKS verilerinden yola çıkılarak 4 ilçedeki çiftçilerden çalışmada hata payı % 5 olarak kabul edilerek % 95 güven derecesinde 164 adet örnek sayısı tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Optimum örnek hacmi hesaplamasında aşağıda yer alan Eşitlik 1 kullanılmıştır (Yamane, 1967):

$$n = \frac{N \sum N_h S_h^2}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2}$$

Eşitlikte; n: anket yapılacak işletme sayısını, N: ana kitlede bulunan işletme sayısını, Nh: her bir tabakadaki işletme sayısını, Sh: her bir tabakadaki standart sapmayı ve D: çalışmada izin verilen hata payını ile ifade etmektedir.

Yapılan anketlerin ilçelere göre dağılımı ve yüzdeleri, Çizelge 1'de yer almakta olup ÇKS verilerindeki çiftçi sayılarına göre hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Anket yapılan ilçeler ve anketlerin sayısal dağılımı

Table 1. Districts and number of survey

İlçeler	Anket Sayısı (Adet)	Dağılım Oranı (%)
Zile	53	32.3
Erbaa	46	28.0
Niksar	38	23.2
Artova	27	16.5
Toplam	164	100

Anket soruları araştırmanın amacına göre geliştirilmiştir. Anket formlarının işlenebilirliğini test etmek için önce pilot çalışma uygulanmış, bazı sorular araştırmaya uygun olmadığı düşünülerek anket formundan çıkartılmış ve araştırmaya uygun olduğu varsayılan sorular ise anket formuna eklenmiştir. Anketler, araştırmacılar tarafından bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerle birebir görüşmeler yoluyla yürütülmüştür. Anket yapılırken, görüşülen kişilere anlaşılabilirliği pekiştirmek için bazı sorular açıklanmış, böylece soruların yanlış anlaşılma durumu ortadan kaldırılarak elde edilen verilerin güvenilirliği ve doğruluğu artırılmaya çalışılmıştır. Anket çalışması için görüşme yapılan çiftçiler Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçelerinde bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerden tesadüfi olarak belirlenmiştir. Anket formlarında yer alan veriler SPSS paket programında analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 İşletme Sahipleri ile İlgili Bilgiler

Bitki koruma makinesi kullanan çiftçilere ait bilgiler Çizelge 2'de yer almaktadır. Bitki koruma makinesi kullanıcıları genellikle orta yaşta olup erkektir. Kadınlar bu makineleri kullanırken erkeklere yardımcı olmaktadır. Bitki koruma makinesini kullanan çiftçilerin eğitim seviyesine bakıldığında %47'si ilköğretim mezunu, %29.9'u ortaokul mezunu, %19.5'i lise mezunu, %0.6'sı üniversite mezunu iken %3.0'ı okuryazardır. Kullanıcı çiftçilerin tamamı sürekli köyde ikamet etmektedir. Çiftçilerin %75.0'ı ziraat mühendisi, Tarım ve Orman il ve ilçe müdürlüğü ve komşu çiftçilerin

Çizelge 2. Bitki koruma makinesi kullanıcılarına ait bilgiler
Table 2. Information about plant protection machinery users

Çiftçilere Ait Bilgiler		Kişi Sayısı	Dağılım Oranı (%)
Eğitim seviyesi	Okuryazar olan	5	3.0
	İlköğretim	77	47.0
	Ortaöğretim	49	29.9
	Lise	32	19.5
	Üniversite	1	0.6
Sosyal güvence	Yok	32	19.5
	Bağ-Kur	82	50.0
	SSK	12	7.3
	Yeşil kart	2	1.2
	Emekli	36	22.0
İkamet yeri	Köy	164	100.0
	İlçe merkezi	0	0
	Şehir	0	0
Üretici birliği, dernek veya kooperatif üyeliği	Üye	80	48.8
	Üye değil	84	51.2
Tarımsal konularda başkalarına danışma durumu	Evet	123	75.0
	Hayır	41	25.0
Tarım teşkilatlarının yeterince yardımcı olduğunu düşünme durumu	Evet	103	62.8
	Hayır	61	37.2
Tarım makinelerinin güvenli kullanımı konusunda eğitim alma durumu	Evet	9	5.5
	Hayır	155	94.5
Tarımsal kuruluşlarla iş birliği durumu	Evet	79	48.2
	Hayır	85	51.8
Tarımsal konularla ilgili toplantı, eğitim, kurs, sempozyum ve konferanslara katılım durumu	Evet	95	57.9
	Hayır	69	42.1
Tarımsal konularda belge ve sertifika alma durumu	Evet	13	7.9
	Hayır	151	92.1

tarımsal konularda bilgisine başvururken, %25.0'ı başkalarının bilgisine başvurmayıp kendi bilgilerine güvenmektedir. Tokat İl'inde çiftçilerin %94.5'i bitki koruma makinelerinin güvenli kullanımı konusunda eğitim almamıştır. Anket yapılan çiftçilerin %57.9'u tarımsal konularla ilgili toplantı, eğitim, kurs vb katılmış, %42.1'i hiç katılmamıştır.

3.2. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Otlarla Mücadele ile İlgili Bilgiler

Bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerin hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele yöntemlerine ait bilgiler Çizelge 3'de yer almaktadır. Çizelge 3 incelendiğinde Tokat İl'inde bitki koruma makinelerini kullanan çiftçilerin %53.7'sinin zararlıdan örnek alıp Tarım ve Orman İlçe müdürlüğü, özel tarım danışmanı, ziraat mühendisi, ilaç bayii ve Tarım Kredi Kooperatifine incelemeye götürdüğü, çiftçilerin tamamının bitkilerde bulunan hastalık ve zararlılarla ilgili mücadele yöntemlerinden kimyasal mücadele yöntemini tercih ettiği belirlenmiştir. Kimyasal

mücadele yöntemini, çiftçilerin %21.3'ü uygulamanın kolay olması, %3.7'si sonucun gözle görülebilir olması, %46.4'ü kısa sürede sonuç vermesi, %28.0'ı ziraat mühendisi ve tarım danışmanın tavsiyesi, %0.6'sı ise komşu çiftçilerin tavsiyesi ile tercih ettiğini belirtmiştir. Çiftçilerin %97'si hastalığı görmeden ilaçlama yapmadığını ifade etmiştir. Çiftçilerin % 51.8'i hastalığı görür görmez ilaçlama yapmaktadır. Çiftçiler kimyasal ilaçlama sırasında kullanılan ilaç dozunu %9.8'i bayii ve teknik elemanların önerisi ile %38.4'ü kutuların üzerinde yazılı olan bilgiye göre, %45.7'si kendi tecrübelerine dayanarak, %6.1'i ziraat mühendisine danışarak ayarlamaktadır. Çiftçilerin %38.4'ünün kullanılan kimyasalın dozunu kimyasal kutuların üzerinde yazan etiket bilgisine göre ayarladığı, %64.6'sının etiket bilgisine önem vermediği tespit edilmiştir. İlaç kalıntılarının insanlara zararlı olma durumuna dair soruya çiftçilerin %97.0'ı zararlıdır derken %3'ü bilgisinin olmadığını belirtmiştir. Kullanılan ilaçların çevreye zararlı olma durumu sorulduğunda çiftçilerin %93.9'u zararlı olduğunu ifade etmiş, %6.1'i bilgisinin olmadığını belirtmiştir. Bitki

Çizelge 3. Zararlılarla mücadele ile ilgili bilgiler
Table 3. Information about plant protection methods

Çiftçilere Ait Bilgiler		Kişi Sayısı	Dağılım Oranı (%)
Zararlıdan örnek alma ve inceletme durumu	Evet	88	53.7
	Hayır	76	46.3
Bitkilerde bulunan hastalık ve zararlıyla mücadelede en çok kullanılan metot	Kültürel yöntemler	0	0
	Fiziksel ve mekanik yöntemler	0	0
	Biyolojik yöntemler	0	0
	Biyoteknik yöntemler	0	0
	Kimyasal mücadele yöntemler	100	100
Kimyasal mücadele yöntemini tercih etme durumu	Entegre mücadele yöntemler	0	0
	Uygulamanın kolay olması	35	21.3
	Sonucun gözle görülebilir olması	6	3.7
	Kısa sürede sonuç vermesi	76	46.4
	Ziraat mühendisi ve tarım danışmanının tavsiyeleriyle	46	28.0
Hastalığı görmeden ilaçlama durumu	Komşu çiftçilerin tavsiyeleriyle	1	0.6
	Evet	5	3.0
Hastalığı görür görmez ilaçlama durumu	Hayır	159	97.0
	Evet	85	51.8
Kullanılan pestisit dozunun ayarlanması	Hayır	79	48.2
	Bayii ve teknik eleman önerisi	16	9.8
	Kutuların üzerinde yazılı olan etiket bilgisi	63	38.4
	Kendi tecrübem	75	45.7
	Komşu çiftçilere sorma	0	0
İlaç kutularının üzerindeki bilgiye önem verme durumu	Ziraat Mühendisine danışma	10	6.1
	Evet	63	38.4
İlaç kalıntılarının insanlara zararlı olma durumu	Hayır	101	61.6
	Zararlıdır	159	97.0
	Zararlı değildir	0	0
Kimyasal ürünlerin çevreye zararlı olma durumu	Bilgim yok	5	3.0
	Evet	154	93.9
	Hayır	0	0
İlacın uygulandığı alan durumu	Bilgim yok	10	6.1
	Tüm alana	83	50.6
Ziraat Mühendisi kimyasal uygulama gereksiz dediğinde	Hastalık-zararlı olan alana	81	49.4
	Ziraat Mühendisini dinlerim	77	46.9
	Başkasına danışır karar veririm	17	10.4
Kimyasal mücadelede zehirlenmelere en çok maruz kalınan yol	Yine de uygulamam	70	42.7
	Solunum yoluyla	125	76.2
	Deri yoluyla	27	16.5
	Ağız yoluyla	12	7.3

koruma makinesini kullanan çiftçilerin %50.6'sı tüm alana, %49.4'ü sadece zararlıların bulunduğu alana ilaçlama yaptığını belirtmiştir.

Arazide bulunan hastalık, zararlı ve yabancı ot için ziraat mühendisi kimyasal mücadele gereksiz dediğinde çiftçilerin %45.9'u ziraat mühendisini dinlerim uygulamam, %10.4'ü bir başka çiftçiye danışır karar veririm, %42.7'si teknik elemanı

dinlemeyip kendi tecrübeme göre ilaçlama yaparım şeklinde yanıt vermiştir.

Çiftçilerin %76.2'si solunum yolu, %16.5'i deri yolu, %7.3'ü ağız yolu ile zehirlenmeye maruz kalabileceklerini belirtmişlerdir.

3.3 Bitki Koruma Makinelerinin Kullanımı ile İlgili Bilgiler

Tokat İl'inde bitki koruma makinesini kullanan çiftçilerin makine kullanımı ile ilgili bilgi durumları ve tutumları ile ilgili elde edilen veriler Çizelge 4' de yer almaktadır. Çizelge 4 incelendiğinde bitki koruma makinelerinin güvenli kullanımı konusunda çiftçilerin %76.8'i orta düzeyde bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir. Çiftçilerin %64.0'ı bitki koruma makinelerinin güvenli kullanımı konusunda kendi bilgilerini uygulamaktadır. Kalibrasyon hakkındaki bilgileri %0.6 çok iyi, %6.1 yeterli, %14.0 orta, %17.7 yetersiz ve %14.0 çok kötü düzeyde olup kalibrasyonu ilk defa duyanlar ise %47.6'dır. Çiftçilerin %2.4'ü her zaman, %20.1'i ara sıra, %15.9'u nadiren kalibrasyon ayarı yaptığını, %61.6'sı kalibrasyon ayarını yapmadığını belirtmiştir. Bitki koruma makinesini kullanan çiftçilerin %69.5'i her zaman, %12.8'i ara sıra, %4.9'u nadiren iş öncesi makineyi kontrol ettiğini, %12.8'i ise hiç kontrol etmediğini belirtmiştir. Traktör ilerleme hızı, debi ve basınç kontrolünü çiftçilerin %42.1'i hiç yapmamakta, %11.6'sı her zaman, %17.7'si ara sıra %28.6'sı nadiren yapmaktadır. Makinenin kullanım öncesi ayar ve bakımını çiftçilerin %18.3'ü her zaman, % 31.7'si ara sıra, %7.9'u nadiren yapmakta iken %42.1'i hiç yapmadığını bildirmiştir. Makinenin kullanım ve bakım kılavuzunu çiftçilerin %23.8'i her makine için, %20.7'si ara sıra, %22'si nadiren okuduğunu, %45.7'si okumadığını, %2.4'ü ise hiç kullanım kılavuzu görmediğini belirtmiştir. Bitki koruma makinesini kullanan çiftçiler bitki koruma ürünlerini (pestisitleri) %2.4'ü her zaman, %30.5'i ara sıra, %5.5'i nadiren kilitli bir yerde tutarken, %61.6'sı kilit altında tutmadığını belirtmiştir. Kullanılan bitki koruma ürünlerini çiftçilerin %13.4'ü evde kimsenin ulaşamayacağı yüksek bir yerde, %20.1'i kimsenin bilmediği kilitli bir yerde, %4.9'u ahırda, %14.6'sı evin bahçesinde ve %50'si malzeme ve traktör garajında tutmaktadır. Bitki koruma makinesini kullanan çiftçilerin makine ile tarlada kullanmadan önce %20.1'i her zaman, %12.8'i ara sıra, %29.3'ü nadiren ön deneme yaptığını belirtirken, %37.8' inin hiç deneme yapmadığı anlaşılmıştır. Makineyi kullanırken güvenlik kurallarını çiftçilerin %20.7'si her zaman, %61'i ara sıra, %14.6'sı nadiren dikkate aldıklarını söylerken, %3.7'si hiç dikkate almadığını belirtmiştir. Makinedeki güvenlik önlemleri ile ilgili bilgi düzeyleri çiftçilerin %1.2'sinin çok iyi, %25'inin yeterli, %68.9'unun orta, %3.7'sinin yetersiz ve %1.2'sinin çok kötü olduğu anlaşılmıştır. Bitki koruma makinesini kullanan çiftçilerin %8.5'i her zaman, %5.5'i ara sıra, %3.7'si nadiren kişisel koruyucu donanım kullanmakta iken %82.3'ü hiçbir zaman kullanmamaktadır. Çiftçilerin kullandığı maskelerin %1.8'i aktif karbon dondurulmuş nefes alma filtresi olan özellikte iken %98.2'si bu özellikte değildir. Çiftçilerin kullandığı eldivenlerin %4.9'u 0.3-0.6 mm kalınlığında su ve kimyasal

geçirmezken %95.1'i bu özellikte değildir. Kimyasal ilaç uygulaması sırasında çiftçilerin kullandığı giysi ve iş tulumu %4.3'su geçirmez ve kimyasallara dirençlidir, %95.7'si değildir. Giyilen çizmeler %3.7 doğal kauçuktan yapılmış ve kimyasallara dirençlidir, %96.3'ü değildir. Molalarda çiftçilerin %50.6'sı her zaman, %42.1'i ara sıra, %7.3'ü nadiren ellerini sabunlu su ile yıkarken hiç yıkamayan yoktur ve molalarda çiftçilerin %14'ü her zaman, %70.2'si ara sıra, %7.3'ü nadiren katı ve sıvı bir şey tüketip sigara içtiğini, %8.5'i hiçbir şey tüketmediğini belirtmiştir.

Makineyi kullanma esnasında çiftçilerin %6.7'si her zaman, %57.3'ü ara sıra, %19.5'i nadiren çalışma esnasında tıkanan memeleri ağızla üfleterek ya da ağızla hava emerek temizlemeye çalışmakta, %16.5'i ise memeleri bu şekilde temizlememektedir. Çiftçiler rüzgârlı havada rüzgâr hızını, %2.4 parmağını islatıp rüzgara karşı tutarak, %37.2'si meteoroloji haberlerini takip ederek, %60.4'ü havanın rüzgârlı olduğunu görüp tahmin yürüterek belirlemektedir. Rüzgârlı havalarda ilaç yapılamaması gereken rüzgâr hızını çiftçilerin %30.5' i bilmediğini, %3.7'si 2 m s-1, %6.7'si 3 m s-1, %29.9'u ise 4 m s-1, %11.6'sı 5 m s-1, %17.7'si 6 m s-1 olduğunu düşündüklerini söylemiştir. Çiftçilerin %1.8'i her zaman, %9.8'i ara sıra, %25'i nadiren rüzgârlı havalarda ilaçlama yapmaktayken, %63.4'ü yapmamaktadır. Bitki koruma makinesini kullanan çiftçilerin %87.8'i her zaman, %11'i ara sıra, %1.2'si nadiren kimyasal mücadele uygulamasını tek seferde yarım iş gününden fazla yapmaktadır. Kimyasal ilaç uygulaması bittikten sonra çiftçiler kullandıkları eldiven, çizme, maske ve giysilerini %2.4'ü her zaman, %6.1'i ara sıra, %11'i nadiren yıkamakta iken %80.5'i yıkamamaktadır ve yıkama malzemesi olarak normal bulaşık deterjanı ile sabunlu su kullanmaktadırlar. Yıkanan eldiven, çizme, maske ve giysileri çiftçilerin %2.4'ü ara sıra, %1.2'si nadiren 24 saat güneş ışığı altında kimsenin ulaşmadığı bir yerde kurutmakta iken %96.4'ü kurutmamaktadır ve çiftçilerin %1.8'i ara sıra, %1.8'i nadiren naylon torbada muhafaza ederken %96.4'ü etmemektedir ve bu malzemeleri çiftçilerin %92.7'si her zaman, %5.5'i ara sıra, %1.8'i nadiren başka işlerde kullanmakta iken başka işler için kullanmayan yoktur.

Kullanılan bitki koruma ürünlerinin kullanım sonunda boş ilaç kutularını çiftçilerin %16.5'i yaktığını, %14.6'sı çöpe attığını, %66.5'i tarla kenarına bıraktığını, %1.2'si dere kenarına attığını, %1.2'si toprağa gömdüğünü belirtmiştir. Çiftçilerin tamamı kullanım sonunda boş ilaç kutularını başka işler için kullanmadığını belirtmiştir. Kullanım sonunda çiftçilerin %29.9'u her zaman, %31.1'i ara sıra, %14.6'sı nadiren temizlerken %18.3'ü temizlemediğini söylemişlerdir. İlaçlama yapıldıktan sonra çiftçilerin %3.7'si her zaman, %7.9'u ara sıra, %14.6'sı nadiren çevredeki insanları ve hayvanları otlatan insanları en az 2 gün ilaçlama yapılan alana girmemeleri konusunda

bilgilendirdiğini, %73.8'i hiç bilgilendirmediğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada çiftçilerin bitki koruma makinelerinin kullanımı ile ilgili bilgi düzeylerinin orta düzeyi geçmediği tespit edilmiş, çiftçilerin makineyi kullanma sırasında, kullanım öncesi ayar, bakım ve kullanım sonunda arta kalan pestisit ve makine temizliği

konularında, kişisel koruyucu donanımları kullanarak kimyasal zehirlenmeleri önleme konusunda bilgi düzeylerinin yeterli olmadığı ve güvenlik ile ilgili kuralları dikkate almadıkları tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Bitki koruma makinelerinin kullanımı ile ilgili bilgiler

Table 4. Information about plant protection using habits

Çiftçilere Ait Bilgiler		Kişi Sayısı	Dağılım Oranı (%)
Bitki koruma makinelerinin güvenli kullanım bilgisi	Çok iyi	1	0.6
	Yeterli	36	22.8
	Orta	126	76.8
	Yetersiz	1	0.6
	Çok kötü	0	0
Kalibrasyon hakkında bilgi durumu	Çok iyi	1	0.6
	Yeterli	10	6.1
	Orta	23	14.0
	Yetersiz	29	17.7
	Çok kötü	23	14.0
Kalibrasyon yapma durumu	İlk defa duyuyorum	78	47.6
	Her zaman	4	2.4
	Ara sıra	33	20.1
	Nadiren	26	15.9
	Hiç yapmam	101	61.6
İş öncesi makineyi kontrol etme durumu	Her zaman	114	69.5
	Ara sıra	21	12.8
	Nadiren	8	4.9
	Hiç yapmam	21	12.8
Traktör ilerleme hızı, debi ve basınç kontrolü	Her zaman	19	11.6
	Ara sıra	29	17.7
	Nadiren	47	28.6
	Hiç yapmam	69	42.1
İş öncesi makinede ayar ve bakım yapma	Her zaman	30	18.3
	Ara sıra	52	31.7
	Nadiren	13	7.9
	Hiç yapmam	69	42.1
Kullanım ve bakım kılavuzunu okuma	Her zaman	19	11.6
	Ara sıra	34	20.7
	Nadiren	36	22.0
	Hiç okumam	71	45.7
Pestisitlerin kilitli yerde tutulma durumu	Her zaman	4	2.4
	Ara sıra	9	5.5
	Nadiren	50	30.5
	Hiç yapmam	101	61.6
Pestisitleri saklama yeri	Evde yüksek bir yerde	22	13.4
	Kilitli bir yerde	33	20.1
	Ahırda	8	4.9
	Bahçede	24	14.6
	Diğer (Traktör garajı vb)	77	50.0
Kullanmadan önce deneme yapma	Her zaman	33	20.1
	Ara sıra	21	12.8
	Nadiren	48	29.3
	Hiç yapmam	62	37.8
Güvenlik kurallarını dikkate alma durumu	Her zaman	34	20.7
	Ara sıra	100	61.0
	Nadiren	24	14.6
	Hiç dikkate almam	6	3.7

Çizelge 4. Devamı
Table 4. Continued

Çiftçilere Ait Bilgiler		Kişi Sayısı	Dağılım Oranı (%)
Güvenlik önlemleri hakkında bilgi durumu	Çok iyi	2	1.2
	Yeterli	41	25.0
	Orta	113	68.9
	Yetersiz	6	3.7
	Çok kötü	2	1.2
Kişisel koruyucu donanım kullanma durumu	Her zaman	14	8.5
	Ara sıra	9	5.5
	Nadiren	6	3.7
	Hiç kullanmam	135	82.3
Kullanılan maskelerin uygunluğu (aktif karbonlu vb)	Evet	3	1.8
	Hayır	161	98.2
Kullanılan eldivenler 0.3-0.6 mm kalınlığında su ve kimyasal geçirmez özellikte	Evet	8	4.9
	Hayır	156	95.1
Giyilen giysi, iş tulumu vb hava geçirgen, kimyasallara dirençli ve su geçirmez özellikte	Evet	7	4.3
	Hayır	157	95.7
Giyilen çizmeler doğal kauçuktan yapılmış ve kimyasallara dirençli özellikte	Evet	6	3.7
	Hayır	158	96.3
Molalarda elleri yıkama durumu	Her zaman	75	45.7
	Ara sıra	69	42.1
	Nadiren	12	7.3
	Hiç yıkamam	8	4.9
Molalarda katı, sıvı bir şey tüketme ve sigara içme durumu	Her zaman	23	14.0
	Ara sıra	115	70.2
	Nadiren	12	7.3
	Hiçbir zaman	14	8.5
Pülverizatör memelerini ağızla temizleme	Her zaman	11	6.7
	Ara sıra	94	57.3
	Nadiren	32	19.5
	Hiçbir zaman	27	16.5
Uygulama yapılmaması gereken rüzgâr hızı bilgisi	2 m/s	6	3.7
	3 m/s	11	6.7
	4 m/s	49	29.9
	5 m/s	19	11.6
	6 m/s	29	17.7
	Bilmiyorum	50	30.5
Hava hızını ölçme yöntemi	Parmağımı ıslatırım rüzgâra karşı tutarım	4	2.4
	Meteoroloji haberlerini takip ederim	61	37.2
	Havanın rüzgârlı olduğunu görür tahmin ederim	99	60.4
	Diğer	0	0
	Her zaman	3	1.8
Rüzgârlı havada ilaçlama yapma durumu	Ara sıra	16	9.8
	Nadiren	41	25.0
	Hiçbir zaman	104	63.4

Çizelge 4. Devamı
Table 4. Continued

Çiftçilere Ait Bilgiler		Kişi Sayısı	Dağılım Oranı (%)
Pestisit uygularken çalışmayı yarım iş gününden fazla süre devam ettirme durumu	Her zaman	144	87.8
	Ara sıra	18	11.0
	Nadiren	2	1.2
	Hiçbir zaman	0	0
İş sonunda kullanılan eldiven, çizme, maske ve giysileri yıkama durumu	Her zaman	4	2.4
	Ara sıra	10	6.1
	Nadiren	18	11.0
	Hiçbir zaman	132	80.5
Yıkanan eldiven, çizme, maske ve giysilerinizi 24 saat güneş ışığında kimsenin ulaşamadığı yerde kurutma durumu	Her zaman	0	0
	Ara sıra	4	2.4
	Nadiren	2	1.2
	Hiçbir zaman	158	96.4
Bitki koruma uygulamalarında kullanılan eldiven, çizme, maske ve giysilerinizi başka bir iş için kullanma durumu	Her zaman	152	92.7
	Ara sıra	9	5.5
	Nadiren	3	1.8
	Hiçbir zaman	0	0
Boş ilaç kutularını imha etme durumu	Yakarım	27	16.5
	Çöpe atarım	24	14.6
	Tarla kenarına bırakırım	109	66.5
	Dereye atarım	2	1.2
	Başka işler için kullanırım	0	0
Boş ilaç kutularını başka işler için kullanma durumu	Gömerim	2	1.2
	Her zaman	0	0
	Ara sıra	0	0
	Nadiren	0	0
Kullanım sonunda depoyu temizleme durumu	Hiçbir zaman	164	100
	Her zaman	49	29.9
	Ara sıra	51	31.1
	Nadiren	24	14.6
İlaçlamadan sonra çevre insanlarını uyarma durumu	Hiçbir zaman	30	18.3
	Her zaman	6	3.7
	Ara sıra	13	7.9
	Nadiren	24	14.6
	Hiçbir zaman	121	73.8

4. Sonuç

Tokat İl'inde bitki koruma makinelerini kullanan çiftçilerin iş güvenliği, kullanım alışkanlıkları vb mevcut durumlarının araştırıldığı bu çalışmada aşağıda yer alan belirlemeler yapılmıştır:

-Bitki koruma makinelerinin hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede kısa sürede sonuç vermesi, sonucun gözle görülebilir olması ve uygulamanın kolay

-Bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerin tarımsal konularda teknik bilgi almaya eğilimli oldukları görülmektedir.

-Bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerin güvenli kullanım ve iş sağlığı ve güvenliği hakkında bir miktar bilgilerinin olduğu fakat bunları uygulamadıkları belirlenmiştir.

olması gibi nedenlerle çiftçiler tarafından çok yaygın olarak kullanıldığı belirlenmiştir.

-Bitki koruma makinesi kullanan çiftçiler tarım makinelerinin güvenli kullanımı konusunda yeterli düzeyde eğitim alamamaktadırlar. Bunun sonucunda, çiftçiler teknik bilgi açısından yetersiz kalmakta, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yaygınlaşması ve kalıcı olması sağlanamamaktadır.

-Çiftçilerin yaklaşık yarısı bitki koruma makinelerinin kalibrasyonu konusunu ilk defa duyduklarını belirtmişlerdir.

-Çiftçilerin yaklaşık %82'sinin kimyasal ilacın hazırlanması ve uygulanması sırasında herhangi bir kişisel koruyucu donanım kullanmamaktadırlar.

-Çiftçilerin yaklaşık %62'sinin kimyasal ilaç kutularının üzerinde yazılı olan bilgiye önem vermediği, kutulardan duyma bilgilerle ve kendi tecrübeleri ile ilaç dozunu ayarladıkları tespit edilmiştir.

-Çiftçilerin yaklaşık %66'sının kullanılan kimyasalların boş kutularını tarla kenarına bıraktıkları belirlenmiştir.

Öneriler;

-Ülkemizde her yıl gerek tarım alanlarında gerekse makineyi kullanıma hazırlama ve pestisit hazırlama sırasında bitki koruma makinelerinin neden olduğu pestisit zehirlenmesi, hastalıklar, ölümler, yaralanmalı veya maddi hasarlı kazaların önüne geçmek için çiftçilere tarımsal iş sağlığı ve güvenliği kültürünün benimsetilmesi ve konu ile ilgili eğitimlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

-Pestisit satış yerleri başta olmak üzere, pestisitlerin kullanım şekli ve dozu, kullanılan makinelerin ayar ve kalibrasyon işlemleri süreci, kullanıcıların eğitimi, pestisitlerin uygulanması sırasında kullanılması gereken kişisel koruyucu ekipman tedariki ve kullanımı, boş

kimyasal kutu vb atıkları toplama ve imha zorunluluğu konularını kapsayacak şekilde yönetmelikler oluşturulması ve bunların hızlı ve etkin bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir.

-İlgili bakanlıklar ve kamu kuruluşları, üniversiteler, birlikler vb çiftçilere tarla günleri, seminer, toplantı, eğitim, kurs vb bilgilendirme toplantıları yaparak konuya dikkat çekilmelidir. Bitki koruma makineleri kullanım sertifikası zorunluluğu getirilmesi için yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

-Düzenlenen programlarla bitki koruma makinesi ve pestisit kullanıcılarına, pestisitlerin güvenli kullanımı ve hazırlanması, makinelerin ayar ve bakımları, kişisel koruyucu donanımların (maske, iş tulumu, çizme, eldiven vs) zorunlu olarak tedarik edilmesi, boş pestisit kaplarının imhası vb konularda eğitimler verilmelidir. Böylece bilinçsiz olarak bu makinelerin ve pestisitlerin kullanımının neden olduğu zehirlenme, hastalık ve yaralanmaların önüne geçilebilmesi mümkün olabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında PYO.ZRT.1904.15.008 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Ahioğlu, S.S., 2008. Tarım Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği ve Risk Değerlendirmesi. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü, Ankara.
- Bayat, A., Andırın, İ., 2005. Tarla pülverizatörünün zorunlu denetimine ait bazı temel verilerin saptanması. Çukurova Üniversitesi Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 1(2): 135-141.
- Demir, C., 2005. Tekirdağ ili tarım işletmelerinde kimyasal savaşımında kullanılan bitki koruma makinelerinin teknik özellikleri ve uygulama sorunlarının saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Öz, E., 2005. Ege Bölgesi'nde meydana gelen traktör kazalarının tarımsal iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(2): 191-202.
- Peker, A., Özkan, A., 1995. Traktör ve tarım iş makineleri kazalarında meydana gelen can kayıplarının risk analizi. Tarımsal Mekanizasyon 16.Ulusal Kongresi, 618-626, 5-7 Eylül 1995, Bursa.
- Yamane, T., 1967. Elementary Sampling Theory. Printice Hall Incorporated, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Yurtlu, Y.B., Demiryürek, K., Bozoğlu, M., Ceyhan, V., 2012. Çiftçilerin tarım makineleri kullanımına ilişkin risk algıları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(1):93-101.

Yurtlu, Y.B., Öz, E., Alayunt, F.N., Çakmak, B., Şimşek, Z., 2015. Tarımda İş Güvenliği ve Sağlığı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı 2, 1435-1454, 12-16 Ocak, Ankara.

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.641480

Soyanın agronomik parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon ilişkilerin belirlenmesi

İmanverdi Ekberli^{a*} Nalan Kars^b

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

^bT.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: iman@omu.edu.tr

Geliş/Received 01/11/2019 Kabul/Accepted 30/12/2019

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Çarşamba Ovası'nda yetiştirilen soya bitkisinin verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine dayanarak, bu özellikler arasında regresyon modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, ovanın çiftçiler tarafından soya tarımı yapılan arazilerinden toprak ve bitki örnekleri alınmıştır. Bitki boyu ile kil, hacim ağırlığı (Db), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), azot (N), potasyum (K), bitkiye yarayışlı su (BYS), solma noktası (SN) parametreleri arasındaki regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı ($p=0.091$), belirleme katsayısı ($R=0.766$) yüksektir; bin tane ağırlığı ile OM, Db, kum, silt, kireç (CaCO_3), katyon değişim kapasitesi (KDK), N, fosfor (P), K, sodyum (Na), tarla kapasitesi (TK), SN parametreleri arasındaki model istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamış, belirleme katsayısı ($R=0.782$) yüksektir; tane verimi ile OM, KDK, N, P, bakır (Cu), kil, kum, BYS, TK parametreleri arasındaki modelin performansı çok yüksektir ($R=0.853$; $p=0.029$) olarak belirlenmiştir. Verim parametreleri ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde belirleme katsayısı (R), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen regresyon modellerin, ova topraklarında yetiştirilen soya bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmektedir.

Anahtar Sözcükler:
Bitki boyu
Bin tane ağırlığı
Regresyon modeller
Toprak özellikleri
Verim

Creation of Linear Regression Models Between Yield Parameters of Soybean Plant and Some Physical and Chemical Properties of Soil

ABSTRACT

The aim of this study was to develop regression models on the basis of correlation between yield parameters of soybean (plant height, thousand seed weight, and yield) and some physical and chemical characteristics of soils and to determine applicability of obtained models in estimation of plant yield grown in soils of Çarşamba Plain. Soil and plant samples were taken from farmer's fields in the plain. Regression models between soybean plant height and soil properties of bulk density (BD), electrical conductivity (EC), organic matter (OM), nitrogen (N), potassium (K), wilting point (WP), available water content (AWC) and clay yielded high coefficient determination ($R=0.766$) and was significant ($p=0.091$); Model between thousand seed weight and OM, BD, sand, silt, lime (CaCO_3), cation exchange capacity (CEC), N, phosphorus (P), K, sodium (Na), field capacity (FC) and WP, resulted in $R=0.782$ and was insignificant; and model between seed yield and OM, CEC, N, P, copper (Cu), clay, sand, AWC, and FC yielded $R=0.853$ and it was highly significant ($p=0.029$). Determination coefficient (R), root mean square error (RMSE), index of agreement (d), model efficiency (ME) were evaluated together to determine the validity of regression models. In general, statistical parameters were within validity limits. The results suggested that the developed regression models can be applied in the estimation of yield parameters in soybean grown in study area.

Keywords:
Plant height
Properties of soils
Regression models
Thousand seed weight
Yield

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Mevcut tarım arazileriyle artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için, birim tarım arazisinden daha yüksek verim alınması gereksinimi ortaya çıkmakta, verimliliğinin artırılması ve tahmin edilmesi güncel ve araştırma önceliği olan konulardan biri olmaktadır.

Yüksek verim elde edilmesi çeşitli ekolojik, çevresel ve genetik faktörlerle beraber toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, araştırmacılar (Hallauer ve Miranda, 1987; Taban ve ark., 2004; Ekberli ve Kerimova, 2005; Ekberli ve Dengiz, 2016; Kars ve Ekberli, 2019a) tarafından toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve bu özelliklerle çeşitli bitkilerin verim parametreleri arasındaki deneysel ilişkinin belirlenmesine; verimliliğin korunmasına, tahmin edilmesine ve artırılmasına yönelik yöntemlerin oluşturulması gerekliliği vurgulanmıştır.

Yapılan birçok araştırmada bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane veriminin; genotip, çevre şartları, ekim sıklığı gibi faktörlerle beraber toprak özelliklerine önemli düzeyde bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Whitman ve ark., 1985; Dotlacil ve Toma, 1991; Peterson ve ark., 1992; Maiti ve Wesche-Ebeling, 1998).

Karadeniz bölgesinde en önemli tarımsal potansiyele sahip olan Çarşamba Ovası'nda, soya bitkisinin ekim alanı 659 ha, üretimi 2796 ton ve verimi ise 424 kg da⁻¹'dir (Anonim, 2016).

Toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri, iklim koşulları, toprak işleme yöntemleri, tohum çeşidi gibi faktörler soya bitkisinin verimliliğine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Valdivia (1983), soyanın tane verimi ile yetiştirme süresi, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bin tane ağırlığı, çiçeklenme süresi ve bitkideki bakla sayısı arasında önemli bir ilişki saptamıştır. Bitki boyu ile bitkideki bakla sayısı arasında zayıf, tane verimi ile ise önemli pozitif korelasyonun olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Marin, 1975; Manzoor ve Kaleri, 1971; Simpson ve Wilcox, 1983).

Regresyon modellerin ekoloji, hidroloji, çeşitli mühendislik dallarında olduğu gibi, tarım alanında da geniş uygulamaları vardır.

Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde verilerin birikimine paralel olarak, regresyon modellerin amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır.

Toprak ve bitki ekosisteminde regresyon modellerin yapılması ve kullanılması teorik modellerden (Bayraklı ve ark., 1999; Overman ve Scholtz, 2002; Gülser, 2004; Huang ve ark., 2014; Dorsey ve Hardy, 2018; Thiery ve ark., 2018; Kars ve Ekberli, 2019b) daha kolay ve pratik olmaktadır. Deneysel ve teorik modellerin yapılmasında, birçok varsayımlar kabul edilmekte,

benzer etkilere sahip parametrelerin az sayıda kullanılması söz konusu olmaktadır (Bouma ve van Lanen, 1987; Pachepsky ve Rawls, 2004).

Regresyon modellerin yardımıyla, çeşitli bitkilerin agronomik parametreleri (bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane verimi gibi) ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki nicel ilişkiler açıklanabilmektedir.

Araştırmacılar tarafından yapılan regresyon modellerinde bağımsız parametreler olarak; daha kolay belirlenebilen toprak kimyasal ve fiziksel özellikleri tercih edilmektedir (Campbell ve Shiozawa, 1992; Vereecken ve ark., 2010; Gülser ve ark., 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017).

Regresyon modellerinin geçerliliğinin belirlenmesinde farklı istatistiksel parametrelerden kullanılması, model oluşturulmasında önemli ve gerekli aşamalardan biridir.

Birçok araştırmacı tarafından regresyon modellerinin uygulanabilirliğini belirlemek için; hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (*d*), maksimum nispi hata (MNH), mutlak hata (MH), belirleme katsayısı (R) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Budka ve ark., 2015).

Bu araştırma; Çarşamba Ovası'nda geleneksel toprak işleme yöntemiyle soya yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile soya bitkisinin agronomik parametreleri arasındaki korelasyon ilişkilerine dayanarak, bu özellikler arasında regresyon modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma; 2013-2014 yıllarında Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde, çiftçiler tarafından tarım yapılan arazilerden 0-20 cm derinlikten her yıl için 20 toprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Aynı alanlardan bitki örneklerinin alınmasında Anonim (2013)'de gösterilen yöntem kullanılmıştır. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

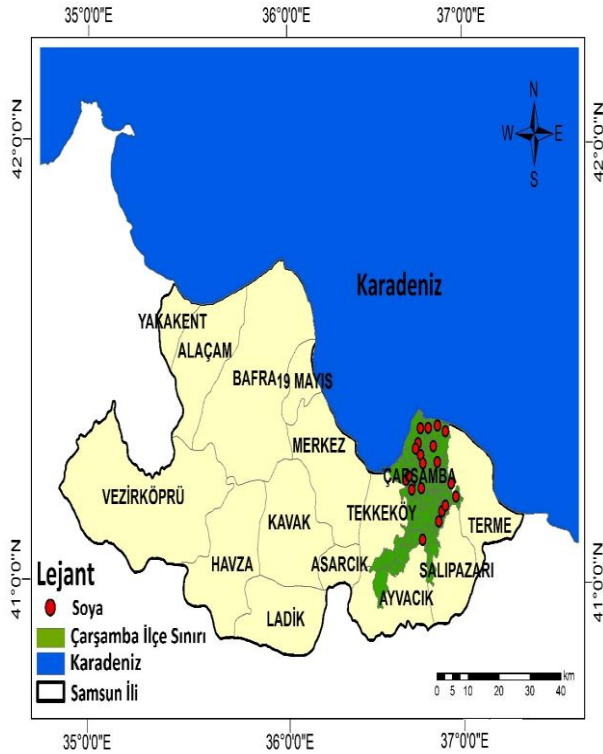
Samsun ili sınırları içerisinde yer alan Çarşamba Ovası, güneyde Canik dağları ile kuzeyde ise Karadeniz ile sınırı bulunan Yeşilirmak'ın oluşturduğu bir delta ovasıdır. Ova 0-50 m kotları arasında, 103 766 hektarlık bir alanı kapsamaktadır.

Çarşamba Ovası doğu-batı istikametinde 65 km, güney-kuzey istikametinde ise 35 km uzunluğa sahiptir. Ova taban arazilerinin genel eğimleri güney-kuzey istikametinde olup ortalama eğim % 0.1'dir. Bu eğim, deniz kenarına yaklaştıkça % 0-0.02'ye kadar düşmektedir. Yamaç arazilerde ise eğim, % 2-40 arasında değişmektedir.

Ova; bitki örtüsü yönünden çok zengin olup, 58 921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ovada soya bitkisi 659 hektar alanda yetiştirilmektedir.

Ova toprakları alüvyial ve kısmen de kolüvyial (kestane rengi topraklar, gri-kestane podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları) karakterdedir (Anonim, 1984).

Ovada yıllık toplam yağış miktarı 985.9 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması ise 15-17 °C'dir (Turan ve ark., 2018).



Şekil 1. Araştırma alanının konumu, toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktalar

Figure 1. Location of the research area, points of soil and plant samples

Alınan toprak örneklerinde tekstür hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993); hacim ağırlığı Demiralay (1993)'a göre; toprak reaksiyonu (pH), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile (Bayraklı, 1987); elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); kireç (CaCO_3), Scheibler kalsimetresiyle volümetrik olarak (Kacar, 1994); organik madde (OM), Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994) ve toplam azot (N) Kjeldahl yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994) belirlenmiştir.

Toprakların yarıyışlı fosfor (P) içeriği, mavi renk yöntemine göre (Olsen ve ark., 1954); değişebilir potasyum (K) ve sodyum (Na), toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH= 7.0) çözeltisi ile ekstrakte

edilmesiyle, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA titrasyonu ile (Sağlam, 1997); katyon değişim kapasitesi (KDK), Bower yöntemine göre (Anonymous, 1954); alınabilir demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) içerikleri ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekli ile (0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl_2 + 0.1 M TEA, pH= 7.3) tespit edilmiştir.

Tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) değeri, basınçlı tabla aletinde sırasıyla 1/3 atm ve 15 atm basınç altında toprak örneklerinin hidrolik denge durumuna gelmesinden sonra ağırlık esasına göre (Black, 1965); bitkiye yarayışlı su miktarı (BYS), TK ve SN arasındaki farktan hesaplanmıştır.

Soya bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

Toprak ve bitki analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler ile toprak özellikleri ve bitki agronomik parametreleri arasındaki korelasyonlar SPSS 17.0 paket programında hesaplanmış, agronomik parametreleri ile toprak özellikleri arasında oluşturulan regresyon modeller ise, Minitab 17.0 paket programında oluşturulmuştur.

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d) ve model etkinliği (ME) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$HKOK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de, n-verilerin sayısı ve ise , ise $m=n$; - ölçülen; - hesaplanan değerlerdir.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|x_i - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)^2} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de, ve sırasıyla hesaplanan ve ölçülen değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), tahmin hatalarının standart sapmasını ifade etmektedir. Uygunluk indeksi (d) modelin geçerliliğinin bir göstergesi olup, d'nin 1'e yakın olması modelin uygulanabilirliğini göstermektedir.

Krause ve ark. (2005) tarafından, deneysel hidrolojik modele yönelik bir araştırmada, ME değerlerinin 1 (mükemmel uyum) ile arasında değiştiği gösterilmiş; ME'nin sıfırdan küçük olması durumunda ise ölçülen ortalama değer, hesaplanan değerden daha

etkin olduğu belirtilmiştir. d ve ME'nin analitik ifadelerinin karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi, genel olarak d ME'den daha büyük değerler almaktadır (Willmott ve Matsuura, 2005; Willmott ve ark., 2012; Kumar ve ark., 2015).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Soyanın agronomik parametreleri

Araştırma alanında yetiştirilen soyanın bazı agronomik parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'den görüldüğü gibi, soya bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da⁻¹ arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 103.31 cm, 200.54 g ve 455.87 kg da⁻¹ olmaktadır.

Görüldüğü gibi, istatistiksel göstergeler geçerli sınırlar (Willmott ve Matsuura, 2005) dahilinde değişmektedir. Bitki boyu ve bin tane ağırlığına ait standart sapma değerleriyle karşılaştırıldığında tane veriminin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni, tane veriminin geniş aralıkta değişimi olabilir. Varyasyon katsayısı (<20) ise verilerin homojen dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

Çarpıklık değerleri ise, sağdan ve soldan sifıra yakın olmakta, dolayısıyla dağılımın genel olarak normale yakın olduğunu göstermektedir.

Soyada bitki boyu; çeşit, ekim sıklığı, ekim zamanı ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak, 30-150 cm arasında değişim göstermektedir (Arioğlu, 2000).

Homer ve ark. (2000), Karadeniz Bölgesinin sahil ve geçit bölgelerine uygun soya çeşitlerini belirlemek ve geliştirmek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada, bitki boylarının 72.9 cm ile 128.8 cm arasında, bin tane

ağırlığın 157.0g ile 298.0g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Soya verimini esas olarak tane ağırlığı ve tane sayısı belirlemekte ve tane sayısı birim alandaki bakla sayısına ve bakladaki tane sayısına bağlı olmaktadır (Karagül ve ark., 2011).

Ay (2012) tarafından, Türkiye'de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine max.* l. merrill) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlendiği bir çalışmada, Terme'de en yüksek tane veriminin 570.68 kg da⁻¹ ile Erensoy çeşidinde; en düşük tane veriminin ise 335.50 kg da⁻¹ ile Üstün 1 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir.

3.2. Soya tarımı yapılan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimi

Ovada soya fasülyesi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, araştırma topraklarının fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri güvenilirlik sınırları dahilinde değişmektedir.

Sağa ve sola çarpıklık değerleri sifıra yakın olmakta, dolayısıyla toprakların fiziksel özellikleri normale yakın dağılım göstermektedir.

Kültivasyon işlemleri ve organik madde, kireç, gübreler ve sentetik toprak düzenleyicilerinin toprağa ilavesi gibi antropojenik etkiler toprak özelliklerinin (P, CaCO₃, Ca+Mg) geniş aralıkta değişimine, dolayısıyla değerlerin heterojen dağılımına ve varyasyon katsayılarının yüksek olmasına sebep olabilir.

Çizelge 1. Soyanın bazı agronomik parametrelerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Table 1. Some descriptive statistics related to some agronomic parameters of soybean (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma	VK, %	Çarpıklık
BB, cm	88.33	127.27	103.31	9.91	9.59	1.127
BTA, g	164.10	242.91	200.54	17.81	8.88	0.505
TV, kg da ⁻¹	280.32	593.16	455.87	81.71	17.92	-0.410

BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, VK: Varyasyon katsayısı

Çizelge 2. Soya bitkisi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler
Table 2. Descriptive statistics about some physical and chemical features of soybean grown soils

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	VK, %	Çarpıklık
Kil, %	15.34	57.23	37.67	12.74	33.82	-0.218
Silt, %	12.19	54.02	37.04	11.14	30.07	-0.752
Kum, %	11.67	42.15	25.27	9.19	36.36	0.429
Db, g cm ⁻³	0.96	1.50	1.21	0.15	12.39	0.143
TK, %	25.59	49.19	37.54	6.18	16.46	0.045
SN, %	12.78	32.11	20.82	4.97	23.87	0.664
BYS, %	12.55	23.01	16.71	2.56	15.32	0.203
pH, (1:1)	7.00	8.02	7.72	0.21	2.72	-1.566
EC, dS m ⁻¹ (1:1)	0.40	0.98	0.60	0.14	23.33	0.881
CaCO ₃ , %	0.55	13.45	5.84	4.08	69.86	0.154
OM, %	1.61	5.05	2.89	1.03	35.64	0.724
N, %	0.11	0.30	0.15	0.04	26.66	1.571
P, ppm	1.74	38.26	13.68	10.08	73.68	0.890
K, cmol kg ⁻¹	0.17	1.17	0.56	0.20	35.71	0.783
Ca+Mg, cmol kg ⁻¹	29.03	94.39	50.52	17.02	308.33	0.692
Na, cmol kg ⁻¹	0.35	2.46	1.37	0.70	51.09	-0.346
KDK, cmol kg ⁻¹	30.05	96.96	52.47	17.30	32.97	0.693
Fe, ppm	21.99	60.74	33.85	9.65	28.50	0.858
Mn, ppm	4.95	31.49	11.68	5.27	45.11	2.679
Cu, ppm	2.27	9.37	5.81	1.61	27.71	0.031
Zn, ppm	0.29	1.26	0.58	0.19	32.75	1.503

Db: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; SN: Solma noktası; BYS: Bitkiye yarayışlı su; pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik; CaCO₃: Kireç; OM: Organik madde; N: Azot; P: Fosfor; K: Potasyum; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum; Na: Sodyum; KDK: Katyon değişim kapasitesi; Fe: Demir; Mn: Mangan; Cu: Bakır; Zn: Çinko; VK: Varyasyon katsayısı.

3.3. Soya bitkisinin bazı agronomik parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler

Soya bitkisinin agronomik parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerine ait korelasyon katsayıları (r) Çizelge 3'te verilmiştir. Soya bitkisinin BB değeriyle BTA'ı arasında önemli pozitif (0.476*); BB ile topraklardaki Cu miktarı arasında ise çok önemli pozitif ilişkiler (0.484**) belirlenmiştir. Soya bitkisinin TV değeri ile topraklardaki K ve P miktarları arasında önemli pozitif ilişkiler (0.384* ve 0.382*) saptanmıştır. Soya bitkisinin BTA'ı ve toprakların Na içeriği arasında önemli pozitif ilişki (0.389*) belirlenmiştir. Soya bitkisinin verim parametreleriyle, toprakların diğer fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Soya tane verimi üzerine, bakla sayısı doğrudan etkiye sahip olmakta; tane verimi ve 100 tane ağırlığı arasında önemli derecede ve pozitif ilişki bulunmaktadır (Rajput ve ark., 1987). Çetin (2010), soya bitkisinin verim ve bazı kalite özelliklerine ait bir çalışmada, fosforun

bitki boyu üzerine etkisini önemli bulurken, bin tane ağırlığı üzerine etkisini ise önemsiz bulmuştur. Arslanoğlu ve ark. (2005), Karadeniz Bölgesi'nde 2 yıl süreyle yürüttükleri farklı farklı olgunlaşma süresine sahip soya çeşitlerinin verim potansiyellerinin belirlendiği çalışmada; dekara verim ile bitki boyu arasında pozitif önemli ilişki bulmuşlardır. Tayyar ve Gül (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, iki yıllık deneme sonuçlarına göre verim ile bitki boyu arasında (r=0.30**) pozitif önemli bir ilişki saptanmıştır.

3.4. Agronomik parametreleri ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modeller

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modeller Çizelge 4'de verilmiştir. Regresyon modellerinin oluşturulmasında verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Soya'nın bazı agronomik parametreleri ile toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine ait korelasyon matrisi

Table 3. Correlation matrix of some agronomic parameters of soybean with chemical and physical properties of soil

Özellikler	BB, cm	BTA, g	Y, kg da ⁻¹
BB, cm	1		
BTA, g	0.476*	1	
TV, kg da ⁻¹	0.199	0.131	1
Kil, %	0.076	0.056	0.166
Silt, %	-0.092	0.082	-0.032
Kum, %	0.006	-0.178	-0.191
Db, g cm ⁻³	0.005	-0.150	0.236
TK, %	-0.015	0.143	0.237
SN, %	0.059	0.202	0.228
BYS, %	-0.151	-0.049	0.129
pH, (1:1)	0.017	-0.137	0.115
EC, dS m ⁻¹ (1:1)	0.194	0.181	0.307
CaCO ₃ , %	0.266	0.182	-0.070
OM, %	0.059	0.321	0.140
N, %	0.189	0.328	0.336
P, ppm	0.172	0.258	0.382*
K, cmol kg ⁻¹	0.321	0.142	0.384*
Ca+Mg, cmol kg ⁻¹	0.213	0.267	0.004
Na, cmol kg ⁻¹	0.000	0.389*	-0.347
KDK, cmol kg ⁻¹	0.213	0.280	-0.006
Fe, ppm	0.101	-0.090	-0.004
Mn, ppm	-0.339	-0.108	-0.365
Cu, ppm	0.484**	0.230	0.273
Zn, ppm	-0.026	0.275	-0.254

** p ≤ 0.01 hata düzeyinde çok önemli, * p ≤ 0.05 hata düzeyinde önemli

Çizelge 4. Soyada bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modeller

Table 4. Regression models among the plant height, thousand-seed-weight and grain yield in soybean with some physical and chemical properties of soils

Modeller	R	F	p
1. $BB = 81.7 - 0.111 KDK + 0.909 CaCO_3 + 0.021 P + 3.72 Cu + 39.9 \sqrt{N} - 1.03 (Db \times BYS) + 0.120 (Db \times Kil)$	0.669	2.32	0.062
2. $BB = 14.5 - 6.59 OM + 112 N + 0.012 P + 26.1 K + 0.00246 (KDK)^2 + 92.1 \sqrt{Db} - 2.59 (Db \times BYS) + 0.105 SN + 0.441 Kil$	0.727	2.24	0.070
3. $BB = 77 - 17.7 (EC)^2 - 0.638 (OM)^2 + 136 N + 2.55 Cu + 19.7 K + 4 Db + 1.04 Kil - 0.36 (Db \times Kil) + 0.368 SN - 3.78 BYS + 17 \sqrt{Db}$	0.766	2.07	0.091
4. $BTA = 305 - 139 EC + 2.59 CaCO_3 + 165 N + 0.727 P - 12.0 K + 82 (EC)^2 - 114 \sqrt{Db} - 0.058 (Db \times Kil) + 1.55 SN$	0.648	1.45	0.241
5. $BTA = 591 - 20.5 EC + 2.50 CaCO_3 + 0.147 (Ca+Mg) + 154 N + 0.871 P - 23.2 K - 0.47 (OM)^2 - 301 \sqrt{Db} + 3.33 (Db \times Kum) + 1.08 SN - 42.9 \sqrt{Kum}$	0.703	1.42	0.253
6. $BTA = 648 + 0.00176 (KDK)^2 + 0.155 (CaCO_3)^2 + 194 N + 0.808 P - 13.7 K - 1.95 Na - 0.16 (OM)^2 - 39.9 (EC)^2 - 253 \sqrt{Db} + 2.72 (Db \times Kum) + 4.83 SN - 3.84 TK - 44.7 \sqrt{Kum} - 0.396 Silt$	0.782	1.46	0.250
7. $TV = -50 - 19 EC - 29.1 OM + 1105 N + 2.51 Kil + 192 Db + 4.78 SN$	0.596	1.93	0.123
8. $TV = 471 - 7.46 (OM)^2 - 158 (EC)^2 + 1481 N + 3.60 P + 23 K - 3.77 Mn - 2.16 Silt - 1.39 Kum + 2.45 (Db \times Kil) + 6.88 SN - 16.2 BYS$	0.709	1.47	0.234
9. $TV = -9 - 3.05 KDK - 178 EC - 35.0 OM + 1893 N + 4.27 P - 158 Zn + 20.7 Cu + 13.9 Kil - 0.03 Kum - 9.8 (Db \times Kil) + 167 (Db)^2 - 10.4 (Db \times BYS) + 8.64 TK$	0.853	2.90	0.029

BB: Bitki boyu, cm; BTA: Bin tane ağırlığı, g; TV: Tane verimi kg da⁻¹; EC: Elektriksel iletkenlik, dS m⁻¹; OM: Organik madde, %; CaCO₃: Kireç, %; N: Azot, %; P: Fosfor, ppm; K: Potasyum, cmol kg⁻¹; Mn: Mangan, cmol kg⁻¹; Cu: Bakır, cmol kg⁻¹; Zn: Çinko, cmol kg⁻¹; Db: Hacim ağırlığı, g cm⁻³; SN: Solma noktası, %; TK: Tarla kapasitesi, %.

Soya bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki (1)-(3) regresyon modellerinden (Çizelge 4) görüldüğü gibi, regresyon katsayıları 0.669 ile 0.766; F değerleri 2.07 ile 2.32; p değerleri ise 0.062 ile 0.091 arasında değişmektedir. F değeri etkileşim ve ana etkenlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılmakta, p değeri azaldıkça F'nin değeri artmaktadır. Kil, Db, EC, OM, N, K, Cu, BYS, SN parametrelerini ve bu parametre değerlerinin karesini, çarpımını, karekökünü de kapsayan 3. modelde belirleme katsayısı en yüksek ($R=0.766$); Db, EC, BYS, $CaCO_3$ ve kil içeren 1. modelde ise en düşük ($R=0.507$) saptanmıştır. p değerlerine göre tüm modeller istatistiksel olarak anlamlılık ($p<0.10$) eğilimi dahilinde bulunmuştur. BTA ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki modellerin regresyon katsayıları 0.648 ile 0.782 arasında değişmektedir. Soya bin tane ağırlığı ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamasına rağmen, 6. modelde belirleme katsayısı ($R=0.782$) yüksek düzeyde saptanmıştır. Elde edilen regresyon ilişkilerinde toprak özelliklerinin farklı biçimlerde nicel olarak dahil edilmesi modellerin performansını yükseltmiştir. Yapılan araştırmalar, regresyon modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesinin, belirleme katsayısını, dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükselttiğini göstermektedir (Kosheleva ve ark., 2002; Gülser ve Candemir, 2014). Soya tane verimi ile toprakların KDK, OM, N, kum, kil, TK gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında oluşturulan regresyon modellerinde regresyon katsayıları 0.596 ile 0.853; F değerleri 1.47 ile 2.90 arasında, p değerleri ise 0.029 ile 0.234 arasındadır (Çizelge 4). En yüksek belirleme katsayısı ($R=0.853$) 9. modelde ve istatistiksel anlamlılık ($p<0.05$) düzeyinde bulunmuştur. Murty (2002) yaptığı bir araştırmada, meteorolojik parametreler ile soya bitkisinin bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verimi arasında regresyon modelleri oluşturmuştur. Araştırmacı, bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verim modelleri için çoklu regresyon katsayı (R^2) değerlerini sırasıyla 0.97; 0.93; 0.93 olarak saptamıştır. Adams ve ark. (2017), soya bitki veriminin 2688-7324 kg ha⁻¹ aralığında değişmesi durumunda,

verimlilik düzeylerini göz önüne alarak verim ile toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri (kil, EC, P,K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, B, tC) arasında oluşturdukları regresyon modellerinde, orta ve yüksek verim düzeyinde belirleme katsayılarını sırasıyla 0.51 ve 0.73 olarak belirlemişlerdir. Fageria ve ark. (2014) tarafından, jips ve kirecin soya verimi ve verim unsurları üzerine yaptıkları bir araştırmada, verim ile toprağın kimyasal özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde $Y=f(x)$ biçiminde ikinci dereceden regresyon denklemlerinden kullanılmış, belirleme katsayıları ise zayıf, orta ve yüksek düzeyde saptanmıştır.

3.5. Agronomik Parametreler ile Toprak Özellikleri Arasında Oluşturulan Regresyon Modellerin Geçerlilikleri

Deneysel verilere göre elde edilen regresyon modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki veya veri bankasındaki değerlerden kullanılması gerekmektedir (Wang ve ark., 2016). Soya bitkisinin BB, BTA ve TV ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait istatistiksel parametreler Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'ten görüldüğü gibi, modelin uygunluk indeksi (*d*) 1'e yakın, modelin etkinliği 1'den büyük olmakta, hata kareler ortalamasını karekökü ise yüksek olmamakta, aynı zamanda *d* değerleri ME'den büyük olmaktadır. Dolayısıyla, regresyon modellerine ait istatistiksel göstergeler genel olarak, geçerlilik sınırları dahilinde değişmektedir (Krause ve ark., 2005; Wang ve ark., 2016). Souza ve ark. (2011) tarafından Kuzeydoğu Amozanda doğal koşullarda soya bitkisinin büyüme ve verim modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait bir çalışmada, HKOK, *d* ve ME değerlerini sırasıyla 197.66; 0.88; 0.61 olarak tespit etmişlerdir. Kumar ve ark. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, farklı 3 çeşit soya bitkisinin tane verimlerinin tahmini için kullandıkları modele ait HKOK değerlerini sırasıyla 86.0 kg ha⁻¹, 123.9 kg ha⁻¹; 28.6 kg ha⁻¹ olarak hesaplanmışlardır.

Çizelge 5. Soya bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimine (TV) ait regresyon modellerin bazı istatistiksel parametreleri

Table 5. Some statistical parameters of regression models of soybean plant height (BB), thousand-seed-weight (BTA) and grain yield (TV)

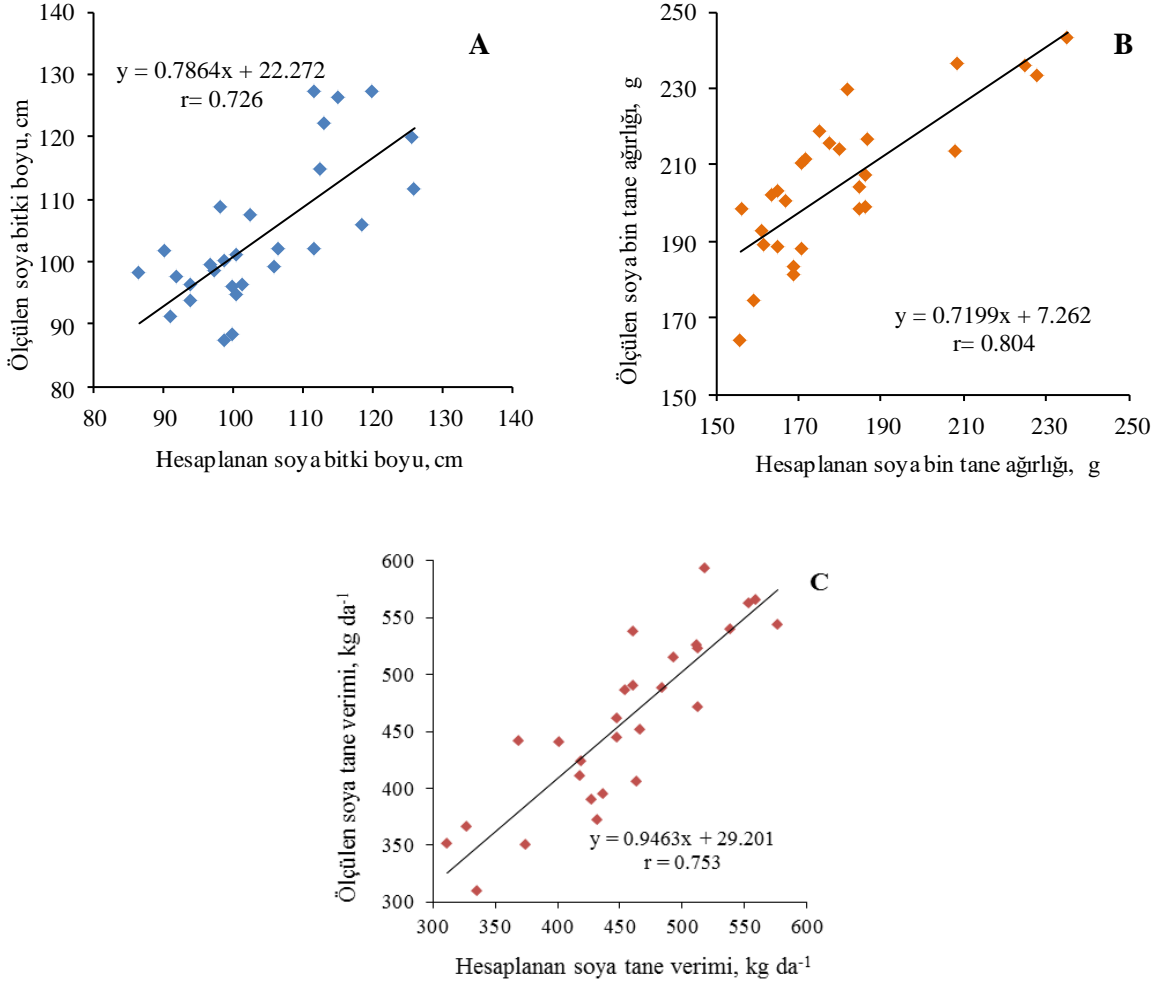
Modeller (No)	R	HKOK	<i>d</i>	ME
BB (3)	0.766	8.144	0.993	0.399
BTA (6)	0.782	23.581	0.976	-2.565
Y (9)	0.853	29.882	0.995	0.615

BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, R: Belirleme katsayısı, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü, *d*: Uygunluk indeksi, ME: Modelin etkinliği

Regresyon modellerin yapılmasındaki bazı sınırlamalara rağmen, modelin yapılmasının ve uygulamasının kolay olması araştırmacılar için avantaj sağlamaktadır (Tamari ve ark., 1996; Schaap ve ark., 2001). Regresyon modellerinin toprak özelliklerine, çevresel değişkenlere bağlı olarak toprak özelliklerinin mekânsal değişimine dayanan sınıflandırması da söz konusu olmaktadır (Minasny ve McBratney, 2008).

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane veriminin üçüncü modele göre hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması Şekil 2’de verilmiştir. Soya BB, BTA,

TV ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellere göre hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki korelasyon değerleri sırasıyla 0.726, 0.804 ve 0.753 olup, 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Şaylan (1996) tarafından soya bitkisinin gelişimi ve veriminin tahmin edilmesine ait yapılan bir modelleme araştırılmasında, hesaplanan verimin gerçek verimden %14.6 düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacı, bu farklılığın, modelin deneme alanına göre düzenlenmemesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir.



Şekil 2. Soya bitki boyu (A), bin tane ağırlığı (B), tane veriminin (C) hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ilişki

Figure 2. Relationship between calculated and measured values of soybean plant height (A), thousand-seed-weight (B), grain yield (C)

4. Sonuç ve Öneriler

Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimi, bitki verimine önemli düzeyde etki yapan faktörlerden biridir. Çarşamba Ovası’nda geleneksel

toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak soya bitkisi yetiştirilen tarım alanlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve soya bitkisinin agronomik parametreleri belirlenmiş; bu özellikler arasındaki korelasyon ilişkileri saptanmış ve bitkilerin bazı agronomik özellikleri ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında

regresyon modelleri oluşturulmuştur. Soya bitki boyu ile toprakların KDK, CaCO₃, P, Cu, N, Db, BYS, kil özellikleri arasındaki regresyon modeline, OM, EC, SN, K özelliklerinin dahil edilmesi belirleme katsayısını yükseltmiştir. Bin tane ağırlık ile toprakların EC, CaCO₃, N,P,K, Db, kil, SN özellikleri arasında oluşturulan modele OM, kum, silt, TK, Na, Ca+Mg, KDK; tane verim ile EC, OM, N, kil, Db, SN arasında oluşturulan modele ise TK, BYS, kum, silt, KDK, P, K, Mn, Zn, Cu değerlerinin ilave edilmesi belirleme katsayısını artırmıştır. Tüm regresyon modellerinin, toprak özellikleri değerlerinin çarpımını, karesini ve karekökünü içeren çokterimli ile ifade edilmesi de belirleme katsayısının yükselmesine eki yapan faktördür. Ölçülen ve regresyon modellerine göre hesaplanan agronomik parametrelerin karşılaştırılması; elde edilen regresyon modellerin araştırma bölgesinin soya yetiştirilen topraklarında parametrelerin tahmini için uygulanabilirliğini göstermiştir. Bu modellerin daha yüksek düzeydeki başarısı, soya bitkisinin optimum verim seviyesine sahip olduğu alanlarda yapılacak çalışmalara bağlıdır. Tahmin sonuçlarının daha iyi olması için, tarımsal ve çevresel faktörlerin modellere dahil edilmesinin gerekliliği düşünülebilir. Regresyon modellerin oluşturulmasının ve uygulanmasının kolaylığı dikkate alınarak, yerel ve bölgesel düzeyde çeşitli bitkiler için farklı regresyon modellerini yapılabilmesi için, toprak özelliklerine ve bitkilerin verim unsurlarına ait veri bankasının oluşturulması önemlidir. Modelin uygulanabilirliğinin belirlenmesinde toprak ve iklim koşullarının benzer olduğu çalışma alanlarının toprak ve bitki verilerinden kullanılması gerekmektedir. Tarımsal işlemlerin düzenli yapılmaması, iklim koşullarının değişimi sonucunda toprak özelliklerinin ve ürün miktarının optimum düzeyde olmaması gibi faktörler, hesaplanan ve ölçülen verim değerleri arasındaki farklılıkların ortaya çıkmasına, dolayısıyla da pratikte uygulanabilir modellerin yapılmamasına neden olabilmektedir. Regresyon modellerin geliştirilmesi toprak bilgi sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olacaktır.

5. Kaynaklar

- Adams, T.C., Brye, K.R., Purcell, L.C., Ross, J., Gbur, E.E., Savi, M.C., 2017. Soil property predictors of soybean yield using yield contest sites. *Journal of Crop Improvement*, 31(6): 816-829.
- Alexandrov, V.A., Hoogenboom, G., 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(4): 315-327.
- Anonim, 1984. Samsun İli Arazi Varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 55; Genel Yayın No: 748, Ankara.
- Anonim, 2013. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü.

- (<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/BeIgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/End%C3%BCstr i%20Bitkileri/soya.pdf>) (Erişim tarihi: 25.01.2019)
- Anonim, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 17.04.2017).
- Anonymous, 1954. U.S. Salinity Laboratory Staff. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. (Ed L.A. Richards). USDA Agriculture Handbook No: 60, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Arioğlu, H., 2000. Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No:A-70C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:220, Adana.
- Arslanoglu, F., Aytac, S., Karaca E., 2005. The Determination of yield criteria of some soybean (*Glycine max* L.) varieties sowed in Samsun and Sinop locations for second crop production. The Sixth Field Crops Congress of Turkey. In: M. Karaca and M. Bilgen (Editors), *Proceeding*, vol I: 387-392.
- Ay, B., 2012. Türkiye’de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine Max*. L. Merrill) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 51, Samsun.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.
- Bayraklı, F., Ekberli, İ., Gülser, C., 1999. Azerbaycan Mil ovası topraklarının verimlilik düzeylerinin deneysel ve matematiksel olarak değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 138-153.
- Black, C.A., 1965. *Methods of Soil Analysis Part I-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, No: 9, USA.
- Bouma, J., Van Lanen, H.A.J., 1987. Transfer functions and threshold values: from soil characteristics to land qualities. In *Proceedings of the International Workshop on Quantified Land Evaluation Procedures*, Washington, DC, USA, pp.106-110.
- Budka, A., Lacka, A., Gaj, R., Jajor, E., Korbas, K., 2015. Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, 78: 84-91.
- Campbell, G.S., Shiozawa, S., 1992. Prediction of hydraulic properties of soils using particle-size distribution and bulk density data. In: Van Genuchten, M.T., Leij, F.J., Lund, L.J. (Eds.). *Proceedings of International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. University of California, Riverside, pp. 317-328.
- Çetin, H., 2010. Soyada fosforlu gübrelemenin verim ve kalite unsurlarına etkilerinin belirlenmesi ve Konya yöresinde soya için uygun fosfor dozunun tespit edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi

- Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Konya.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum.
- Dengiz, O., Ekberli, İ., 2017. Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısasal özelliklerinin incelenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 6(1): 45-52.
- Dorsey, J.W., Hardy, L.C., 2018. Sustainability factors in dynamical systems modeling: Simulating the non-linear aspects of multiple equilibria. Ecological Modelling, 368: 69-77.
- Dotlacil, L., Toman, K., 1991. Testability of the yield of different wheat varieties. Rostlinna Vyroba, 37:33-38.
- Ekberli, İ., Dengiz, O., 2016. Bazı inceptisol ve entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısasal yayılım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerin belirlenmesi. Toprak Su Dergisi, 5(2): 1-10.
- Ekberli, İ., Kerimova, E., 2005. Azerbaycan'ın Şirvan bölgesinde sulanan killi bir toprağın bazı fiziksel-kimyasal parametrelerinin değişimi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(3): 54-59.
- Fageria, N.K., Moreira, A., Moraes, L.A.C., Moraes, M.F., 2014. Influence of lime and gypsum on yield and yield components of soybean and changes in soil chemical properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45: 271-283.
- Gülser, C., 2004. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası değerlerinin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(3): 19-23.
- Gülser, C., Candemir, F., 2014. Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. Eurasian Journal of Soil Science 3(1): 77-81.
- Gülser, C., Ekberli, I., Candemir F., 2016. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. Eurasian Journal of Soil Science, 5(3): 192-200.
- Hallauer, A.B., Miranda Fo, J.B., 1987. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University. Press, Ames, Iowa.
- Homer, A. D., Özçelik, H., Üstün, A., 2000. Karadeniz bölgesi soya ıslahı çalışmaları. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Samsun, 1999 Yılı Teklif, Gelişme ve Sonuç Raporları, S: 22-30, Samsun.
- Huang, F., Zhan, W., Ju, W., Wang, Z., 2014. Improved reconstruction of soil thermal field using two-depth measurements of soil temperature. Journal of Hydrology, 519: 711-719.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Karagül, E.T., Ay, N., Meriç, Ş., Huz, E., 2011. Ege Bölgesi'nde ana ürün olarak yetiştirilen bazı soya genotiplerinin verimi, verim öğeleri ve nitelikleri üzerinde bir araştırma. Journal of Anadolu, 21(2): 59-66.
- Kars, N., Ekberli, İ., 2019a. Çarşamba Ovasının buğday bitkisi altındaki topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. Toprak Su Dergisi, 8(1): 18-28.
- Kars, N., Ekberli, İ., 2019b. Buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin uygulanabilirliği. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(2): 153-164.
- Kosheleva, N.E., Kasimov, N.S., Samonova, O.A., 2002. Regression models fort he behavior of heavy metals in soils of the Smolensk-Moskow upland. Pochvovedeniye, 8: 954-966.
- Krause, P., Boyle, D.P., Base, F., 2005. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. Advances in Geosciences, 5: 89-97.
- Kumar, P., Sarangi, A., Singh, D.K., Parihar, S.S., Sahoo, R.N., 2015. Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. Agricultural Water Management, 148: 72-83.
- Lindsay, L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42(3): 421-428.
- Maiti, R., Wersche-Ebeling, P., 1998. Maize Science. Science Publishers, Incorporation USA, ISBN 1-57808-019-3, pp.519.
- Manzoor, A.A.B., Kaleri, K.K., 1971. Correlation in studies in soybean (*Glycine max* L.) Merrill. Agriculture of Pakistan, 22(2):155-163. (From PBA 43(8), No.6461, 1973).
- Marin, A., 1975. The inheritance of some quantitative characters in soybean and the existence of correlations between them. Biuletyn Instytutu Hodowli aklimatyzacji Roslin No.128/129, 59-62. (From PBA 50(5), No.4590, 1980).
- Minasny, B., McBratney, A.B., 2008. Regression rules as a tool for predicting soil properties from infrared reflectance spectroscopy. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 94: 72-79.
- Murthy, V.R.K., 2002. Crop growth modeling and its applications in agricultural meteorology. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology, 235-261.
- Overman, A.R., Scholtz III, R.V., 2002. Mathematical Models of Crop Growth and Yield. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., 2004. Development of pedotransfer functions in soil hidrology. Delovelment in Soil Science, 30: 497p.
- Peterson, C.J., Graybosch, R.A., Baenziger, P.S., Grombacher, A.W., 1992. Genotype and

- environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Science*, 32(1): 98-103.
- Rajput, M.A., Sarwar, G., Tahir. K.H., 1987. Variability for some quantitative traits in soybean. *Soybean Genetics Newsletter*, 14: 113-116.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. United States Department of Agriculture, Handbook No: 60, pp. 105-106.
- Sağlam, M.T., 1997. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 189.
- Schaap, M.G., Leij, F.J., van Genuchten, M.T., 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal Hydrology*, 251: 163-176.
- Simpson, Jr.A.M., Wilcox, J.R., 1983. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean population. *Crop Science*, 23: 1077-1081.
- Souza, P.J. de O.P. de., Farias, J.R.B., Abreu, J.P.M. de M. e., Ribeiro, A., Rocha, E.J.P. da., Botelho, M. do N., Sousa, A.M.L. de., 2011. Simulation of soybean growth and yield under northeastern Amazon climatic conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(6): 567-577.
- Şaylan, L., 1996. Soya veriminin CRPSM modeli ile belirlenmesi. *Kültür Teknik Derneği Toprak Su Dergisi*, 5(1): 12-17.
- Taban, S., Çıkılı, Y., Kebeci, F., Taban, N., Sezer, S.M., 2004. Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 297-304.
- Tamari, S., Wösten, J.H. M., Ruiz-Suárez, J.C., 1996. Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1732-1741.
- Tayyar Ş., Gül, M.K., 2007. Bazı soya fasulyesi (*glycine max* (L.) merr.) genotiplerinin ana ürün olarak Biga şartlarındaki performansları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 17(2): 55-59.
- Thiery, D., Amraoui, N., Noyer, M.L., 2018. Modelling flow and heat transfer through unsaturated chalk-Validation with experimental data from the ground surface to the aquifer. *Journal of Hydrology*, 556: 660-673.
- Turan, M., Dengiz, O., Turan Demirağ, İ., 2018. Samsun ilinin Newhall modeline göre Toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2): 131-142.
- Valdivia, V., 1983. *International Soybean Variety Experiment. Seventh Report of Results 1979*. INTSOY Series Number 24. Collage of Agriculture University of Illinois at Urbana-Champaign, 64-65.
- Vereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., Pachepsky, Y., Schaap, M.G., van Genuchten, M.T., 2010. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: A review. *Vadose Zone Journal*, 9(4): 795-820.
- Wang, L., Lia, X., Chen, Y., Yang, K., Chen, D., Zhou, J., Liu, W., Qi, J., Huang, J., 2016. Validation of the global land data assimilation system based on measurements of soil temperature profiles. *Agricultural and Forest Meteorology*, 218-219: 288-297.
- Whitman, C.E., Haffield, J.L., Reginato, R.J., 1985. Effect of slope position on the microclimate, growth, and yield of barley. *Agronomy Journal*, 77(5): 663-669.
- Willmott, C.J., Matsuura, K., 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 30(1): 79-82.
- Willmott, C.J., Robeson, S.M., Matsuura, K., 2012. Short Communication. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32(13): 2088-2094.



Soğutma sistemli bir seyyar süt sağım makinasının soğutma performansının belirlenmesi

Taner Akbaş^{a*}, Cengiz Özarslan^b, Mustafa Çetin^c

^aAydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Melek Yüksekokulu, Aydın

^bAydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın

^cAydın Adnan Menderes Üniversitesi, Söke İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Aydın

*Sorumlu yazar/corresponding author: taner@adu.edu.tr

Geliş/Received 25/07/2019

Kabul/Accepted 20/11/2019

ÖZET

Bu çalışmada seyyar tip kovalı süt sağım makinaları için bir soğutma sistemi geliştirilmiş ve laboratuvar ortamında yaş koşullarda denemeleri gerçekleştirilmiştir. Ortaya konulan makina ile özellikle süt soğutma tankı ve süt sağım tesisi bulunmayan küçük işletmelerde sağım esnasında, sütün soğuk zincire girene kadar geçen sürede soğutularak kalitesinin muhafaza edilmesi ve ekonomik değer kaybının önüne geçilmesine çalışılmıştır. Seyyar süt sağım makinalarında bulunan süt kovalasına bir soğutma sistemi entegre edilerek toplanan süt, sağım sırasında soğutulmaya başlanmıştır. Denemeler laboratuvar ortamında su ile gerçekleştirilmiştir. Prototip makine, 88 dakika sonunda suyu hedeflenen sıcaklık olan 3 °C'ye indirmeyi başarmıştır. Yaklaşık 13 saatlik deneme süresinde toplam enerji tüketimi ise 1.8 kWh olmuştur.

Anahtar Sözcükler:
Seyyar süt sağım makinası
Soğutma
Yaş koşullar

Determination of cooling performance of a mobile type milking machine with cooling system

ABSTRACT

In this research, a cooling system for mobile type milking machines was developed and its experiments were carried out in the laboratory under wet conditions. Thus, especially in small animal farms which do not have milk cooling tank and milking systems, it was tried to maintain the quality of milk by cooling and to prevent economic loss. The milk was cooled during milking time by integrating a cooling system to the milk bucket on mobile type milking machines. Experiments were carried out by water in laboratory conditions. Prototype machine was able to lower the temperature of water to 3 °C at the end of 88 minutes. Total energy consumption during the test period of approximately 13 hours was 1.8 kWh.

Keywords:
Mobile type milking machine
Cooling
Wet condition

© OMU ANAJAS 2020

Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Proje No: ZRF-13018

1. Giriş

Çiğ süt, birçok gıda maddesinin hammaddesini oluşturmaktadır. Çiğ sütün işleninceye kadar soğutulmuş olarak muhafaza edilmesi gerekmektedir. Süt ürünlerinin işlenmesinde, verimlilik ve kalite açısından, işlenecek bu hammaddenin içeriği itibarıyla zengin, temiz ve sağlıklı olması gerekmektedir. Bütün bu koşulları sağlayabilmek amacıyla kullanılan süt sağım makineleri ve süt sağım tesisleri entansif süt sığırcılığı işletmelerinin vazgeçilmez araçlarıdır. Bu araçlarla sağım mekanizasyonu ve otomasyon sağlanmakta, bunun yanında süt, daha yüksek verimde, hijyenik olarak elde edilebilmektedir (Sağlam ve ark., 2015). Süt sığırcılığında sağım, işletme içerisinde yapılan işlerin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Mekanizasyon olanağı olmayan ve işgücünden yoğun olarak yararlanan işletmelerde sağım için harcanan zaman daha fazla olmaktadır. Bu nedenle sağım, süt sığırcılığı işletmelerinde önemle üzerinde durulması gereken günlük işlerden biridir (Alıç ve Yener, 2006). Makinalı sağım uygulamaları ve sağım teknolojisindeki gelişmeler her şeyden önce sağım harcanan zamanın azaltılmasını, daha az insan işgücü ve enerji tüketimi ile fazla sayıda hayvanın sağlıklı bir şekilde sağılmasını ve daha hijyenik sağım koşulları sağlayarak temiz süt elde edilmesini amaçlamaktadır (Işık ve Ünal, 2003).

Zengin besin maddesi içeriğinde, zararlı mikroorganizmalardan mümkün olduğunca arındırılmış, hijyenik ortamın sağlandığı koşullarda elde edilen çiğ süt, üretildiği hayvancılık işletmelerindeki tanklarda soğutulmakta ve muhafaza edilmektedir (Günhan ve ark., 2006; Erginkaya ve ark., 2001). İçerisinde yararlı ve zararlı birçok bakteri, maya ve küf mantarları bulunan süt, dünyadaki en besleyici maddelerden bir tanesidir (Günhan ve ark., 2006). Yeni sağılan ve vücut sıcaklığında (35-37 °C) olan süt, en kısa sürede soğutulmalıdır. Aksi takdirde, mikroorganizmalar hızla çoğalarak sütün bozulmasına neden olurlar (Demir ve ark., 2016). Bakteriler bölünerek çoğalan canlılar olduğundan uygun ortam koşullarını bulan bakterilerin sayıları zaman ilerledikçe logaritmik bir şekilde artmaktadır. Bakterilerin bölünerek çoğalma süresi bakterinin tipine ve ortam sıcaklığına göre değişmektedir. Sütteki tüm bakteriler dikkate alındığında bakteri sayısının iki katına çıkma süresi ortalama 1 saat kadardır. Ancak bazı bakteriler (koli-bakterileri) için bu süre 20 dakika kadardır. Zararlı bakteriler yararlı bakterilere göre hem daha hızlı çoğalmakta hem de yararlı bakterilerin çoğalamadıkları düşük sıcaklıklarda yavaş da olsa çoğalabilmektedirler. Çiğ sütün bakteri içeriği, 1 ml sütte ne kadar mikroorganizma olduğu ile ifade edilir. "Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği" ne (Tebliğ No: 2000/6) göre çiftlikten işletmeye gidecek çiğ inek sütünün 1 mililitresindeki bakteri sayısının 100 000'den

az, somatik hücre sayısının 500 000'den az olması gerekmektedir (Anonim, 2010).

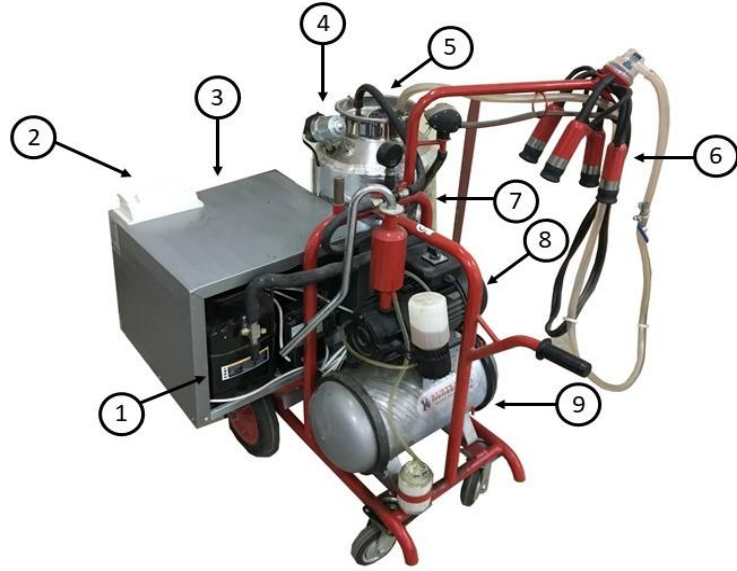
İnsanlar için bir besin kaynağı olan süt, mikroorganizmaların gelişimi için de uygun bir ortamdır. Mikroorganizma gelişimini engellemek için alınan önlemler çiğ sütün kalitesini belirlemektedir ve sağımdan sonra sütün hemen soğutulması uygulanabilecek en iyi yöntemdir. Soğutmanın yapılamadığı, soğuk zincirin kurulamadığı ılıman ve sıcak iklim bölgelerinde sütün mikrobiyolojik kalitesi hızla bozulmaktadır (Erginkaya ve ark., 2001). Sütün doğal niteliğinin koruyabilmenin başlıca yolu bakteri etkinliğini frenlemektir. Bunun için de sütü sağıp soğutmaz hemen 10 °C'nin altına soğutmak, bakteri etkinliğinin yoğun olduğu sıcaklıktan uzaklaştırmak gerekir (Üçüncü, 1983).

Hayvancılık işletmelerinde kurulu bulunan sağım tesislerinde süt, sağım esnasında doğrudan süt soğutma tanklarına gönderilmektedir. Süt soğutma tanklarından, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak sütü 2.5-3.5 saat içinde 4 °C'nin altına düşürmesi beklenmektedir. Ekonomik olarak süt sağım tesisi kurma imkânına sahip olmayan, hayvan sayısı az ya da sürüden ayrı sağılması gereken işletmelerde seyyar tip süt sağım makinaları kullanılmaktadır. Süt kovaşına sahip bu makinalarda sağılan süt, süt toplama merkezine ulaştırılana kadar dış ortam koşullarında bekletilmektedir. Bu esnada sütün içerisinde mikroorganizma faaliyetleri artmakta, süt kalitesi düşmekte dolayısıyla ekonomik değer kaybı oluşmaktadır. Zengin mikroorganizma içeren süt, diğer sütlerle karıştırıldığında zarar daha da büyümektedir. Ayrıca "Çiğ Sütün Sözleşmeli Usulde Alım Satımına İlişkin Yönetmelik" gereği sanayiye arz edilen çiğ sütün alım ve satımının sözleşmeli usulde yapılması zorunlu hale gelmiştir. Ulusal Süt Kayıt Sistemi üzerinden yapılan duyuruda 2016 yılında yapılacak çiğ süt desteklemelerinde sütün soğutulmuş ve sözleşmeli olarak satılmış olması şartı getirilmiş olup, üretmiş olduğu sütü soğutmadan ve sözleşmesiz satan üreticilerin çiğ süt desteklemesinden yararlanamayacağı belirtilmiştir (Anonim, 2015).

Bu çalışmada seyyar süt sağım makinası kullanan işletmelere yönelik olarak makine üzerine bir soğutma sistemi entegre edilmesi ve böylelikle sütün güvenilir bir şekilde muhafaza edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal

Ortaya konulan prototip makine, süt sağım sistemi ve soğutma sistemi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bu iki ana kısım bir çatı üzerine monte edilmiş olup, taşıma tekerlekleri vasıtasıyla hareket ettirilmektedir (Şekil 1).



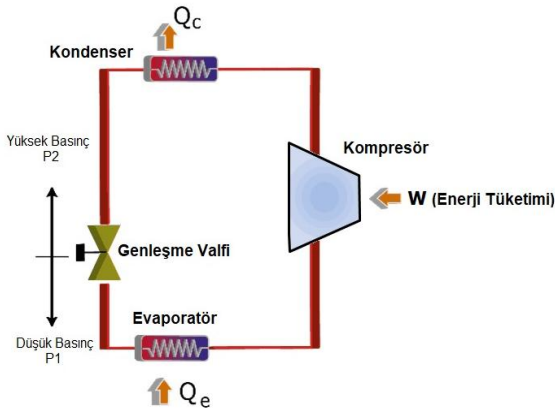
Şekil 1. Prototip makinanın genel görünüşü;

1. Kompresör, 2. Dijital termostat, 3. Yoğuşturucu, 4. Karıştırıcı motoru, 5. Süt kovası, 6. Sağım başlıkları
7. Buharlaştırıcı, 8. Vakum pompası, 9. Vakum deposu

Figure 1. General view of the prototype machine;

1. Compressor, 2. Digital thermostat, 3. Condenser, 4. Mixer motor, 5. Milk bucket, 6. Milking clusters,
7. Evaporator, 8. Vacuum pump, 9. Vacuum tank

Seyyar süt sağım makinası; vakum pompası, elektrik motoru, vakum deposu, regülatör, vakummetre, pulsatör, sağım başlığı ve süt kovasından oluşmaktadır. Bu sisteme entegre edilen soğutma sistemi ise kompresör (ekovat), evaporatör (buharlaştırıcı), kondenser (yoğuşturucu) ve yardımcı donanımlardan (genleşme valfi, mikro işlemcili ve tek kontak çıkışlı dijital göstergeli termostat, kondenser fanı, iletim hatları ve karıştırıcı) oluşmaktadır. Soğutma sistemine ilişkin şematik görünüm Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Soğutma sistemi şematik görünüşü

Figure 2. Schematic view of cooling system

2.1. Süt sağım sistemi

Çalışmada monofaze elektrik motoruyla tahrik edilen paletli tip vakum pompasına sahip mekanik nabız aygıtlı, çift sağım başlıklı ve çift kovalı bir seyyar süt sağım makinası kullanılmıştır. Soğutma sisteminin süt sağım sistemine entegre edilmesi sırasında kovalardan ve sağım başlıklarından birer tanesi çıkarılarak süt sağım sistemi tek sağım başlıklı olarak kullanılmıştır. Süt kovası şase üzerine sabitlenmiş olup içerisindeki sütün ve temizleme sıvısının boşaltılabilmesi için kovanın tabanına bir tahliye pompası ve vanası yerleştirilerek hortumla bağlantısı sağlanmıştır (Şekil 3). Kullanılan makineye ait teknik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

2.2. Soğutma sistemi

Soğutma sisteminde yer alan evaporatör, süt kovasının dış yüzeylerine sarılan bakır borulardan oluşmaktadır. Soğutma akışkanı tipi R22’dir. Kompresör ve kondenser, kovanın yanında çıkarılan süt kovasının yerine şase üzerine yerleştirilmiştir. Kovanın içerisindeki sütün homojen bir şekilde soğutulabilmesi amacıyla döner tip mekanik bir karıştırıcı kullanılmıştır. Karıştırıcı kovanın dışına yerleştirilen 12 Volt’luk, 48 rpm devirli ve 2 Nm momente sahip bir DC motorla tahrik edilmektedir (Şekil 4). Karıştırıcıya manuel

olarak komuta edilmektedir. Soğutma sistemine ait teknik özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 3. Süt kovası

Figure 3. Milk bucket

Çizelge 1. Denemeye alınan süt sağım makinasının teknik ve fiziksel özellikleri

Table 1. Technical and physical properties of the milking machine taken for experiments

Güç Kaynağı	220 V, 50 Hz, 0.75 HP, Monofaze elektrik motoru	
Hareket İletim Sistemi	Elektrik motoru pompaya direkt bağlanmıştır	
Vakum Pompası	Tipi	Paletli – Yağlı
Vakum Deposu	Tipi	Silindirik
	Hacmi	30 litre
Nabız Sistemi	Nabız Aygıtı	Mekanik
	Nabız Hareketi	Değişken zamanlı
	Nabız Sayısı	60
Sağım Sistemi	Uzun nabız hortumu iç çapı	8 mm
	Uzun süt hortumu iç çapı	14 mm
Sağım Başlığı	Ağırlığı	2350 g
	Pençe iç hacmi	180 ml
Meme Lastikleri	Kısa süt hortumum iç çapı	10 mm
	Kısa süt hortumu uzunluğu	225 mm
	Etkin uzunluk	175 mm
	Etkin çap	25 mm
	Dudak iç çapı	22.5 mm
Kova hacmi	40 litre	
Regülatör	Yaylı	



Şekil 4. Karıştırıcı genel görünüşü

Figure 4. Mixer overview

Çizelge 2. Soğutma sistemine ait teknik özellikler

Table 2. Technical features of cooling system

Kompresör	
Tipi	: Hermetik
Çalışma Şartları	: 0 / +45 °C
Soğutma Kapasitesi	: 2367 Watt
Gücü	: 1 HP
Beslenme Gerilimi	: 220V 50 Hz 3 ~
Kondenser	
Özellikler	: Bakır borulu
Çalışma Sıcaklığı	: +45 °C
Fan Miktarı	: 1 adet
Fan Çapı	: 300 mm
Kontrol	: Basınç Kontrollü
Evaporatör	
Özellikler	: Bakır boru 16 mm çapında 0.60 mm kalınlık
Çalışma Sıcaklığı	: -10 °C
Kontrol	: Dijital mikroprosessor NTC sensör

2.3. Ölçüm Cihazları

Denemelerinde dört meme başını temsilen dört adet 2.5 l hacme sahip, kauçuk memeli buzağı biberonu kullanılmıştır. Süt kovanı içindeki deney suyunun sıcaklığının ölçülmesinde ve kaydedilmesinde, mikro işlemcili, harici prob (80PK-22) bağlanabilen bir IR termometre (Fluke 568) (Şekil 5), dış ortam sıcaklık ölçümlerinde ve kaydedilmesinde ise dijital sıcaklık kayıt cihazı (LYK 20E) kullanılmıştır.



Şekil 5. IR termometre ve sıcaklık ölçüm probu

Figure 5. IR thermometer and temperature measuring probe

Ortaya konulan prototip makinanın soğutma sisteminin enerji sarfiyatı ölçümleri 1 Fazlı, 2 Telli, Demantmetreli, Aktif Elektronik Elektrik Sayacı ile 1600 imp/kW hassasiyetinde yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Denemelerde kullanılan elektrik sayacı

Figure 6. Electric meter used in experiments

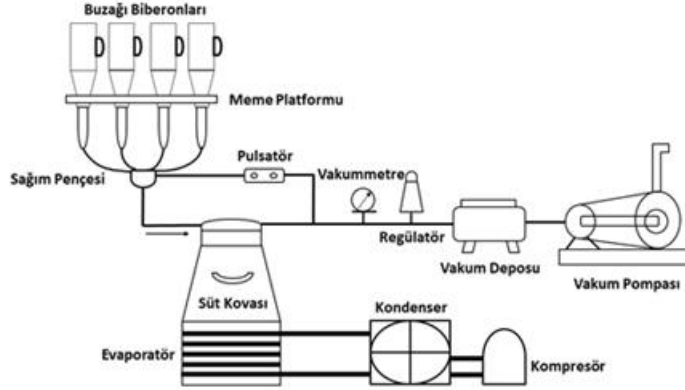
3. Yöntem

Denemeler laboratuvar koşullarında yaklaşık 32 °C dış ortam sıcaklığında yürütülmüştür. Yaş koşullarda gerçekleştirilen sağım işlemi 50 kPa vakum basıncında yapılmıştır.

Süt sağım ve soğutma sisteminden oluşan entegre makine, deney başlamadan önce 3 saat denemelerin yapılacağı sıcaklıkta bekletilmiştir. Soğutma sisteminin soğutma performansı denemeleri deney suyu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sağım sırasında hayvandan alınan sütün sıcaklığının 35-37 °C olması nedeniyle deney suyu daldırma tip rezistanslı su ısıtıcısı kullanılarak 36 °C'ye ısıtılmıştır. Deney suyu bir meme platformu üzerine yerleştirilmiş

olan dört adet buzağı biberonuna doldurularak sağım denemeleri şematik görünümü Şekil 7'de sunulan deneme düzeneğinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Deneme düzeneği

Figure 7. The experimental setup

Sağım ve soğutma işlemleri birlikte başlamış ve sıvının homojen bir şekilde soğuyabilmesi için karıştırıcı da devreye alınmıştır. Süt kovanı tamamen dolana kadar (40 l) sağım işlemi sürdürülmüş ve kova dolma süresi kronometre yardımıyla ölçülerek sağım debisi belirlenmiştir. Deney suyu sıcaklığının ölçümü, harici probun süt kovanının kapağına açılan contalı bir delikten kovanın merkezine gelecek şekilde suya daldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Süt kovanı içindeki deney suyunun sıcaklığı deneme süresince (13 saat 10 dakika) 60 saniyede bir kaydedilmiştir. Elde edilen veriler bilgisayara aktarılarak işlenmiştir.

Soğutma sistemi süt kovanının içerisine konan deney suyu sıcaklığı 3 °C'ye inene kadar sürekli olarak çalışmakta ve termostat yardımıyla kapatılmaktadır. Sistem suyun sıcaklığı 4.1 °C'ye yükseldiğinde termostat tarafından açılarak tekrar çalışmaya başlamakta ve suyu 3 °C'ye kadar soğutmaktadır (Anonim, 2010).

Denemeler sırasında süt sağım ve soğutma sisteminin tükettiği elektrik enerjisi, sistemin bağlı olduğu sayaçtan kWh cinsinden tespit edilmiştir (Anonim, 1999). Sayaç okumaları dört farklı zamanda yapılmıştır. Bunlar; sayaçın başlangıç değeri, başlangıç sıcaklığından 4 °C'a soğutma için geçen süre sonundaki sayaç değeri, başlangıç sıcaklığından soğutma termostatının kapandığı noktaya kadar geçen soğutma süresi sonundaki sayaç değeri ve deneyin tamamlandığı andaki sayaç değeridir.

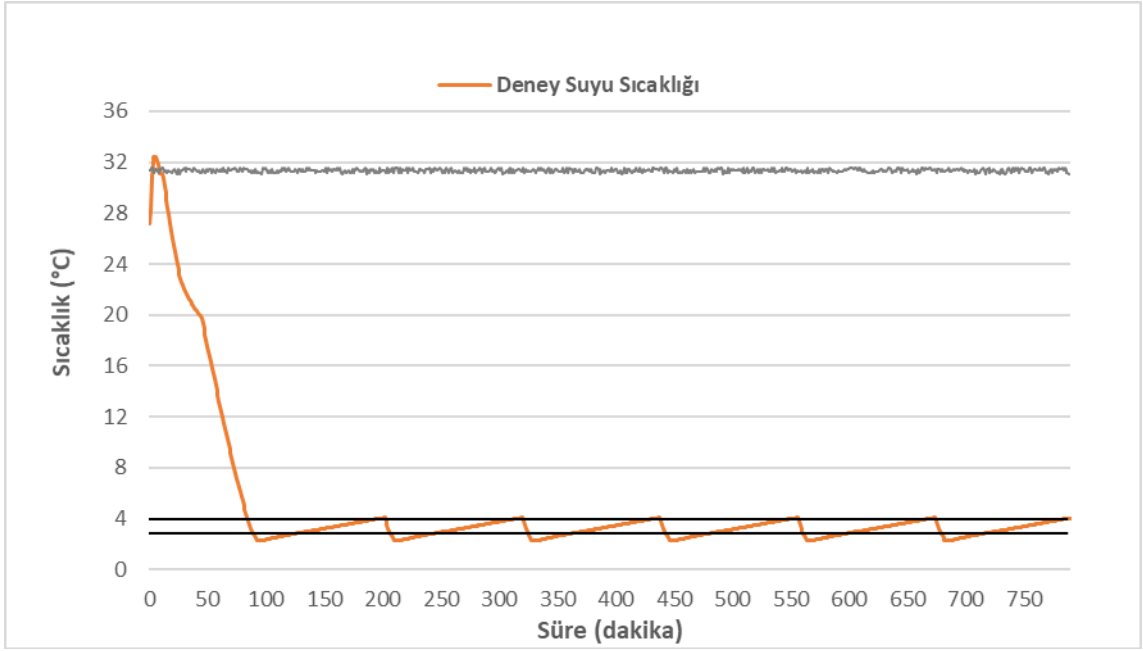
4. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Laboratuvar ortamında yaş koşullarda gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Deney suyu ve ortam sıcaklığı değişimi

Süt kovanı içindeki deney suyu sıcaklığı ve ortam sıcaklığına ilişkin değerler Şekil 8'te sunulmuştur.

Soğutma sistemi devreye girdikten sonra deney suyu sıcaklığı 6. dakikaya kadar artmıştır. Su sıcaklığındaki düşüş bu andan itibaren başlamış ve hedef sıcaklığa (3 °C) 88 dakika sonunda gelinmiştir. Bu süreden sonra soğutucu içerisindeki soğutucu akışkanın (R22) sıcaklığına bağlı olarak sıcaklık düşüşü (2.3 °C) 99. dakikaya kadar devam etmiştir. 100. dakikadan itibaren su sıcaklığı tekrar artmaya başlamış ve bu artış 200. dakikaya kadar çok düşük miktarlarda gerçekleşmiştir. Diğer bir deyişle, süt kovanı deney suyunu, soğutma sistemi devre dışında iken 112 dakika boyunca istenilen sıcaklık sınırlarında muhafaza edebilmiştir. İlk soğutma işlemi gerçekleştikten sonra süt kovanı tam dolu kapasitede iken herhangi bir müdahale olmadığı takdirde sistem düzenli olarak devreye girmekte ve su sıcaklığı hedeflenen sınırlar arasında (3 °C - 4 °C) tutulmaktadır. Soğutma tanklarından beklenen performans değerlerine göre, ortam sıcaklığının 32 °C olduğu koşullarda sütün 4 °C altına en çok 3.5 saatte indirilmesi gerekmektedir (Tip B III) (Günhan ve ark., 2006). Soğutma sistemi yaklaşık 1 saat 30 dakikanın altında deneme suyunu 4 °C'nin altına düşürme performansı ile Tip B 0 sınıfındadır (Çizelge 3 ve Çizelge 4) (Anonim, 2010).



Şekil 8. Zamana bağlı olarak su ve ortam sıcaklık değişim değerleri

Figure 8. Water and ambient temperature change values depending on time

Çizelge 3. Süt soğutma tankının ortam sıcaklığına göre sınıflandırılması

Table 3. Classification of milk cooling tank according to ambient temperature

Tank Sınıfı	Deney Ortamı Sıcaklığı (°C)
A	38
B	32
C	25

Çizelge 4. Süt soğutma tankının süt soğutma süresine göre sınıflandırılması

Table 4. Classification of milk cooling tank according to milk cooling time

Tank Sınıfı	+ 35 °C'den 4 °C'ye Bütün Sağımlar için Belirtilen Soğutma Süresi (h)
0	2.0
I	2.5
II	3.0
III	3.5

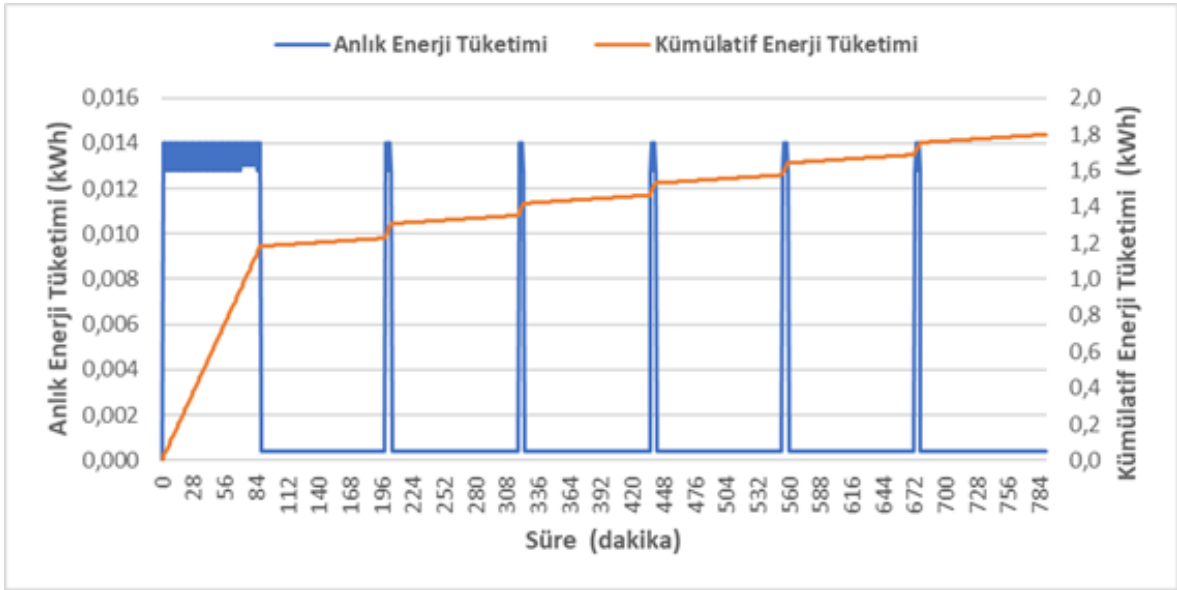
4.2. Enerji tüketim değerleri

Soğutucu sistemin enerji tüketimine ilişkin veriler Şekil 9'da sunulmuştur.

Soğutma sisteminin anlık enerji tüketim değerleri incelendiğinde, soğutma işlemi boyunca doğrusal bir tüketim olduğu ve bu tüketimin soğutucu ve karıştırıcı devrede iken 0.013-0.014 kWh/min aralığında olduğu görülmektedir. Soğutucu 36 °C'deki deney suyu sıcaklığını 4 °C'nin altına indirmek için toplam 1.18 kWh elektrik enerjisi tüketmiştir. Bununla birlikte, 0.058 kWh enerji tüketimi ile deney suyu 4 °C'nin

altında 112 dakika muhafaza edilebilmiştir. Bu süreçteki tüketim, soğutma sistemindeki karıştırıcıdan ileri gelmektedir. Soğutma sistemi 112 dakikalık süre sonunda yaklaşık 6 dakika kadar tekrar çalışarak su sıcaklığını 4 °C'nin altına düşürerek durmaktadır.

Deneme süresi (13 saat 10 dakika) sonunda kümülatif enerji tüketimi 1.80 kWh olarak elde edilmiştir.



Şekil 9. Zamana bağlı olarak enerji tüketimi

Figure 9. Energy consumption depending on time

5. Sonuç ve Öneriler

Küçük ölçekli hayvancılık işletmelerinde süt, toplama merkezine ulaştırılana kadar dış ortam koşullarında bekletilmektedir. Bu esnada sütün içerisinde mikroorganizma faaliyetleri artmakta ve süt kalitesi düşmektedir. Bu düşüş ekonomik değer kaybına neden olmaktadır.

Tasarım ve imalatı yapılan prototip makine, seyyar soğutmalı bir süt sağım makinasıdır. Makine ile sağılan süt, süt kovanının içinde uygun sıcaklık değerine (4 °C) kadar soğutmakta ve bu sıcaklığı muhafaza etmektedir. Özellikle sağım odası ve soğutma tankı bulunmayan küçük ölçekli işletmelerin sütlerini muhafaza edebilmeleri için tasarlanmış olan prototip makine ile ilgili olarak başlıca aşağıda belirtilen sonuç ve önerilere varılmıştır:

- Çalışmada, piyasadaki mevcut donanımlar temin edilerek kullanıldığından yapılarına müdahale edilmemiştir. Bu nedenle prototip makinedeki ünitelerin yapısal olarak daha uyumlu hale getirilmesi uygun olacaktır.

- Makinanın ekonomik etüdü yapılarak küçük işletmelerin kullanımına uygun olup olmadığı belirlenmelidir.

- Prototip makine ilk etapta laboratuvar koşullarında denenmiştir. Makine çiftlik koşullarında da denerek saha performansının görülmesi yararlı olacaktır. Ayrıca deneme koşullarında başlangıçta ve sonda bakteri sayılarına bakılıp makinanın etkinliği ortaya konmalı ve "Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği" ne uygunluğu belirlenmelidir (Anonim, 2000).

Teşekkür

ZRF-13018 nolu Bilimsel Araştırma Projesine destek veren Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alıç, D., S.M. Yener, 2006. Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Robotlu Sağım Sistemi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12(4) S:369-380.
- Anonim, 1999. Tarım Makinaları Deney İlke ve Metodları. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2000. <http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/23964.pdf>, (Erişim tarihi: 11.07.2019)
- Anonim, 2010. TST EN 13732+A2, Türk Standardı Tasarısı, Gıda İşleme Makinaları-Çiftliklerdeki Dökme Süt Soğutucular-Yapım, Performans, Kullanıma Uygunluk, Güvenlik ve Hijyen Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Kasım 2010, 57 s.
- Anonim, 2015. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150416.htm>, (Erişim tarihi: 11.07.2019)
- Demir, V., T. Günhan, A. Şencan Şahin, O. Ekren, H. Bilgen, A. Erek, 2016. Süt Soğutma Tankının Buhar Sıkıştırılmalı ve Güneş Enerjili Absorpsiyonlu (LiCl-H₂O) Soğutma Sistemleriyle Soğutma Performansının Deneysel İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1) S:29-37.
- Erginkaya, Z., M. Güven, O. B. Karaca, 2001. Laktoperoksidaz Sistemin Aktivasyonu ve

- Soğutularak Korunan Sütlerin Mikrobiyolojik Özellikleri, Gıda Dergisi, 26 (5) S:367-373.
- Günhan, T., Demir, V., Bilgen, H., 2006. Çiftlik Tipi Süt Soğutma Tanklarının Performans Değerlerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2(4)-S:369-379.
- Işık, E., Ünal, H., 2003. Yerli Yapım Süt Sağma Makinasının Performans Değerlerinin Saptanması, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1): 79-93.
- Sağlam, C., Z.A. Kuş, S. Yılmaz, 2015. Orta Anadolu Süt Sığırcılığı İşletmelerindeki Değişimin Sağım Tesis ve Makineleri Açısından Değerlendirilmesi, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(2) S:63-66.
- Üçüncü, M., 1983. Süt ve Mamullerinin Soğukta Depolanması, Gıda Dergisi, 8 (4) S:185-192.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.646733

Farklı yıkama uygulamaları ile kapy biberlerde pirimiphos-methyl kalıntısının giderilmesi

Hayriye Çatak^a, Burak Polat^b, Osman Tiryaki^{b*}

^a Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Çanakkale, Turkey

^b Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale, Turkey

*Sorumlu yazar/corresponding author: osmantiryaki@yahoo.com

Geliş/Received 14/11/2019 Kabul/Accepted 22/01/2020

ÖZET

Bu çalışmada pirimiphos-methyl kalıntısının kapy biberinde farklı yıkama uygulamaları ile azaltılması amaçlanmıştır. Çanakkale ili Çıplak köyünde 2018 yılında yetiştirilen kapy biberlerinde 3 defa pirimiphos-methyl etkili maddeli insektisit uygulanmıştır. Biberler, son insektisit uygulamasının 1., 2., ve 3. günlerinde hasat edilmiştir. Daha sonra biberler, çeşme suyu, sitrik asit, asetik asit çözeltileri ve ultrasonic banyo ile yıkama uygulamalarından (2 ve 5 dakika boyunca) geçirilmiştir. Kalıntı analizleri, QuEChERS analiz methodu ile gerçekleştirilmiştir. Her yıkama uygulaması için işleme faktörü (Pf) ve pestisit azalma oranları 3 farklı hasat zamanı ve 2 farklı uygulama süresi esas alınarak hesaplanmıştır. Pf değerleri, tüm uygulamalarda 1'den daha az bulunmuştur. Yıkama süreleri arttıkça (2 ve 5 dk) kalıntı miktarı azalmıştır. Aynı şekilde hasat zamanı arttıkça kalıntı azalma oranı da düşmüştür. Bu durumda Pf de artış göstermiştir. Yıkama uygulamalarının pirimiphos-methyl kalıntısını azaltma oranlarına göre etkinliklerinin sırasıyla ultrasonic yıkama> sitrik asit >asetik asit> çeşme suyu şeklinde olduğu belirlenmiştir. Pirimiphos-methyl için en düşük azalma; 2. günde alınan örneklerde 2 dakikalık çeşme suyu (%14.97) uygulaması ile, en yüksek kalıntı azalma ise 1. günde alınan örneklerde 5 dakikalık ultrasonic yıkamada (%87.16) elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
İşleme faktörü (Pf)
Pestisit kalıntısı
Ultrasonic yıkama
Yıkama solusyonları

Removal of pirimiphos-methyl residues from capia peppers by different washing application

ABSTRACT

Removal of pirimiphos-methyl residues from Capia peppers by different washing applications was investigated. Capia peppers, grown in the field located in Çıplak village of Çanakkale in 2018, were sprayed three times with pirimiphos-methyl. Peppers were harvested after 1st, 2nd and 3rd day of last pesticide application. Then, peppers were treated with tap water, acetic acid and citric acid solutions and ultrasonic cleaning applications (for 2 and 5 min.). Residue analyses were carried out with QuEChERS analytical method. Processing factors (Pf) and reduction rates were calculated for each washing application based on three different harvest times and two different application times. Pf values were less than 1 for all cases. The residues decreased during washing applications with increasing washing duration. Also, reduction rate of primphosmethyl residues decreased with the increased harvest times. This in turn corresponded to an increase in Pf. The order of washing applications, in terms of the reduction rates of the pirimiphos-methyl residue (from highest to lowest), is as follows; ultrasonic cleaning> sitric acid> acetic acid> tap water. The lowest reduction rate (14.97%) for pirimiphos-methyl was observed in 2 min tap water applications of 2nd -day samples. The higher reduction rate (87.16%) of pirimiphos-methyl was observed in 5 min ultrasonic cleaning applications of zero day samples.

Keywords:
Processing factor (Pf)
Pesticide residue
Ultrasonic cleaning
Washing solutions

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Tarımda pestisitler önemli girdi kaynaklarının başında ve tarımın en önemli bileşeni olarak gözükmektedir. Tarımsal ürünlerde olası kalıntılar izin verilen limitlerin altında olmalıdır. İlaçlamada önerilen pestisit uygulama dozları aşıldığında, insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturabilmektedir. Bundan dolayıdır ki son yıllarda pestisit kalıntılarının azaltılması yönünde çok büyük duyarlılık söz konusudur (EC, 1991; Randhawa ve ark., 2014a). Meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarını gidermenin en önemli ve ilk adımı yıkamadır. Yıkama uygulamalarının kalıntı üzerine etkisi pestisitlerin suda çözünürlüğüne, etki şekline, fizikokimyasal özelliklerine ve ürünün hasat zamanına göre değişmektedir (Holland ve ark., 1994; Randhawa ve ark., 2014b; Lazowicka ve ark., 2016; Acoğlu ve ark., 2018; Hassan ve ark., 2019). Son pestisit uygulaması ile hasat arasındaki süre (PHI) kalıntılarının giderilmesinde uygulanan yıkama uygulamasının etkinliğini etkilemektedir. PHI ne kadar az olursa, pestisit azalması o kadar az olmaktadır (Özel ve Tiryaki, 2019). Meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarının giderilmesinde, çeşme suyu, asitli su solüsyonu, ozonlu su ve ultrasonik yıkama ile birçok çalışma yapılmıştır (Lazowicka ve ark., 2013; Kentish ve ark., 2014; Polat ve Tiryaki, 2019a).

Randhawa ve ark. (2014a), hıyar ve dolmalık biberde, imidacloprid kalıntılarını gidermek için sitrik asit ve asetik asit solüsyonlarının farklı konsantrasyonlarını uygulamışlardır. Biberde en yüksek pestisit giderimi; sitrik asit solüsyonunda (%9) %72.48 ve asetik asit solüsyonunda (%9) ise %68.78 oranında bulunmuştur. En düşük pestisit giderme sitrik asit ve asetik asit karşımlı solüsyonunda (%0.75) ise % 68.78 oranında olduğu bildirilmiştir.

Lozowicka ve ark. (2016), çilekte 16 farklı pestisit kalıntısını azaltmak için çeşme suyu ile yıkama, ozonlu su ile yıkama, ultrasonik yıkama ve kaynatma işlemlerini uygulamışlardır. Pestisit kalıntılarında, çeşme suyu ile yıkama işlemlerinde %19.8-68.1, ozonlu su ile yıkamada %36.1-75.1, kaynatma işlemlerinde %42.8-92.9 ve ultrasonik yıkamada %91.2 oranında azalma gözlemlenmiştir. Çilekteki pestisit kalıntılarını gidermek için ultrasonik yıkama ve kaynatma uygulamalarını en etkili yöntem olarak bildirmişlerdir.

Ghani ve ark. (2010), tatlı biber ve cherry domateslerinde, myclobutanil, fenhexamid, boscalid kalıntılarını gidermek için, %5'lik konsantrasyonda sodyum karbonat, sodyum hypoklorid, gliserol, asetik asit ile çeşme suyunu denemişlerdir. Hiçbir işleme tabii tutulmamış her iki üründe maksimum kalıntı limitinin (maximum residue limit, MRL) üzerinde kalıntı bulunmuştur. Sulu solüsyonların uygulanmasıyla çoğu durumda MRL'nin altına incek şekilde pestisitinin giderilmesi sağlanmıştır.

Baltacı (2015) tarla koşullarında yetiştirilen domatesleri imidacloprid, fenazaquin ve lambda cyhalothrin ile ilaçlamış ve hasat edilen domateslerde yapılan suda yıkama ve ozonlama işleminin pestisit giderimine etkisini araştırmıştır. Ozonlu su ile yıkama işlemi sonucunda fenazaquin %57.8, imidacloprid %40.9 ve lambda cyhalothrinin %20.4 oranında azalmıştır. Doğrudan suda yıkama işlemi sonucunda ise; fenazaquin %57.9, imidacloprid %32.6 ve lambda cyhalothrinin %8.3 oranında azaldığı belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada da acetamiprid, chlorpyrifos ve formatanate hydrochloride pestisitlerinin biberdeki kalıntılarının yıkama uygulamaları ile giderilmesinde ultrasonik yıkama ve %9'luk sitrik asit uygulaması diğer çeşme suyu, asetik asit uygulamalarına göre daha etkili bulunmuştur (Polat ve Tiryaki, 2019a).

Bu çalışma kapyra biberlerinde pirimiphos-metyl kalıntısını gidermek için, çeşitli yıkama işlemleri (çeşme suyu, asetik asit solüsyonu, sitrik asit solüsyonu, ultrasonik yıkama) farklı PHI aralıklarında (1., 2. ve 3. günlerde) ve farklı sürelerde (2 ve 5 dakika) uygulanmıştır. Analizlerde sebze ve meyvelerde pestisit kalıntı analizlerinde güvenle kullanılan QuEChERS-AOAC Official 2007.01 yöntemi kullanılmıştır (Omeroglu ve ark., 2012; Lehotay, 2017; Polat ve Tiryaki, 2019b).

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Kimyasallar

Pirimiphos-methyl (%97.59 saflıkta), Dr. Ehrenstorfer Laboratuvarı'ndan temin edilmiş olup, bazı özellikleri Çizelge 1.'de verilmiştir. Analizlerde kullanılan magnezyum sülfat (MgSO₄*7H₂O-%99.5 saflıkta), sodyum asetat (%99.0), asetonitril (MeCN- % 99.9 saflıkta), toluen (%99.0 saflıkta) Merck Company'den ve Bondesil-PSA (Primary SecondaryAmin, 40 µm parçacık büyüklüğünde) Varian'dan tedarik edilmiştir. LC-MS/MS analizi için metanol (Merck'ten MeOH- %99.9 saflıkta) kullanılmıştır.

2.2 Alet ve ekipmanlar

Örneklerdeki, pirimiphos-methyl analizi için Waters Acquity UPLC+Acquity TQD cihazı kullanılmıştır. LC-MS/MS cihazı 20 µl enjeksiyon hacminde olup, ACQUITY UPLC® BEH C₁₈ kolonu (1.7 µm 2.1 mm x100 mm) kullanılmıştır. Akış hızı 0.3 mL dk⁻¹ ve 5 mM Amonyum asetat +%5 MeOH içeren su (A) ve 5 mM Amonyum asetat %95 MeOH içeren su (B)'dan oluşan bir gradient programı kullanılmıştır. Toplam koşum süresi 15 dakika olmakla beraber pirimiphos-methyl için çoklu reaksiyon izleme (MRM) modu kullanılmış olup, hesaplama iyonu olarak 306.15

/164.11 m/z; doğrulama iyonu olarak ise 306.15/108.05 m/z kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan diğer ekipmanları; santrifüj (Hettich EBA 280, 4500 rpm), 50 mL santrifüj tüpleri, hassas terazi (± 0.0001 g) (Shimadzu ATX224), blender, vorteks (VELP scientifica), cam GC viyalleri (Agilent technologies, 1.5 mL) ve diğer cam malzemeler oluşturmuştur.

2.3 Tarla denemesi ve örnekleme

Çıplak (Çanakkale ili, Merkez ilçe) köyünde, 2018 yılında kapyra çeşidi biberler (*Capsicum annuum* L. var. *capia*) kendi kontrolümüzde bulunan üretici tarlasında 1 da alanda yetiştirilmiştir. Biberler, Actellic 50 EC (pirimiphos-methyl) ile 100 ml 100 L⁻¹ su oranında 1 er hafta ara ile 3 kez ilaçlanmıştır.

Hasat işlemleri son ilaçlamadan, 4 saat sonra (1. gün), 2. gün ve 3. günde yapılmıştır. Her hasat periyot süresinde yaklaşık olarak 20 kg Kapyra biber örnekleri araziden toplanmıştır. Alınan biber örnekleri laboratuvara getirilmiştir. Biberler 5 litrelik yıkama solüsyonlarına (20 °C) 2 ve 5 dakika bandırılarak yıkanmış, sonra da laboratuvar koşullarında ıslaklığı kurutularak analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 1).

2.4 Yıkama uygulamaları

Kapyra biberleri 4 farklı yıkama uygulamalarına (çeşme suyu, sitrik asit, asetik asit ve ultrasonik yıkama) tabi tutulmuştur. Pirimiphos-methyl kalıntılarının giderilmesi için uygulanan yıkama prosedürleri Şekil 2'de verilmiştir. Çeşme suyu ile yıkama uygulamaları için örnekler 2 ve 5 dk'lık sürelerde 5 L su içerisine (20°C) konulmuştur. Asit çözeltileri yıkama uygulamaları için biberler 2 ve 5 dk boyunca %9'luk sitrik asit solüsyonu ve asetik asit solüsyonu içeren 5 L yıkama çözeltilisine batırılmıştır (Randhawa ve ark., 2014a).

Ultrasonik banyoda yıkama uygulamasında ise, örnekler ultrasonik banyoda (Medisson 12UT, Türkiye) 2 ve 5 dk boyunca bekletilmiştir. Tüm yıkama işlem uygulamalarından sonra örnekler laboratuvar koşullarında herhangi bir hızlandırıcı kurutma işlemi olmadan normal hava koşulunda kurutulmuş ve analizler için hazır hale getirilmiştir. Homojenizasyon işlemi için her numuneden 1 kg örnek alınarak 3 tekrarlı olarak analize tabi tutulmuştur (EC, 2002). Hiç işlem görmemiş biberlerdeki pirimiphos-methyl kalıntılarını belirlemek için yıkanmamış numuneler kullanılmıştır. Üç hasat zamanına ve iki işleme süresine dayanan tüm yıkama uygulamaları Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Pestisitlerin fizikokimyasal-toksikolojik özellikleri ve etki şekli (PPDB, 2019).

Table 1. Physicochemical and toxicological parameters and mode of action of pesticides (PPDB, 2019).

Parametre	Pirimiphos-methyl	
Kimyasal formül	C ₁₁ H ₂₀ N ₃ O ₃ PS	
Grup	Organofosfat	
Etki şekli	Temas ve solunum etkisi ile geniş	
Fizikokimyasal Parametreler	logP Oktanol su bölme katsayısı (pH 7, 20 °C)	4.2
	Sw Suda çözünürlük 20 °C (mg L ⁻¹)	11
	Kaynama noktası	Kaynamadan önce ayrışır
	Buharlaştırma noktası	162
	Moleküler kütle	305.33
Toksikolojik Parametreler	ADI Kabul edilebilir günlük alım (mg/kg/bw/gün)	0.004
	Memeliler – Akut LD ₅₀ (mg kg ⁻¹ vücut ağırlığı)	1414
	Memeliler-Deri LD ₅₀ (mg kg ⁻¹ vücut ağırlığı)	> 2000
	Memeliler- Solunum LC ₅₀	> 4.7
	ARfD:(Akut Referans Doz) (mg/kg bw /gün)	0.1
	Sağlığa etkileri	Cilt tahriş edici



Şekil 1. Tarla denemesi ve laboratuvar koşullarında yıkanmış biberlerin kurutulması.
Figure 1. Field trial and drying of washed peppers under laboratory conditions.

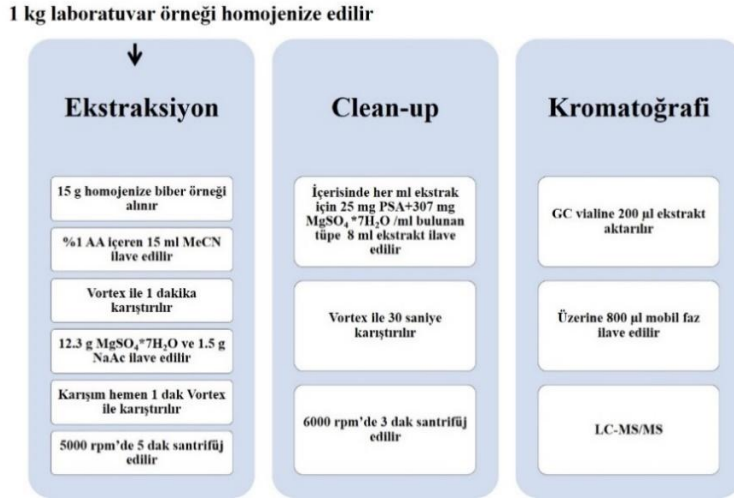


Şekil 2. Farklı yıkama uygulamalarının işleme basamakları ve örnekleme bilgileri.
Figure 2. Processing steps and sampling details of different washing treatments.

2.5 Ekstraksiyon ve ekstraktın temizlenmesi (clean-up)

Analizlerde resmi QuEChERS-AOAC Metodu 2007.01 kullanılmıştır (Lehotay, 2007). Yaklaşık 1 kg (EC 2002) örnek doğranılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilmemiş örnekler hata kaynağı olabileceğinden örnekler homojen hale getirilmiştir (Omeroglu ve ark., 2013).

50 mL santrifüj tüplerine 15 g homojenize edilmiş örnek konularak, üzerine 15 mL MeCN (%1 asetik asit içeren) eklenmiş ve tüpler 1 dk vortekslenmiştir. Şekil 3'de gösterilen analiz basamakları takip edilerek, her analitik porsiyon örneğinden 2 GC vialine örnek alınarak LC-MS/MS cihazı ile analiz edilmiştir.



Şekil 3. Pirimiphos-methyl analizi için QuEChERS-AOAC official metodu 2007.01'in analiz basamakları.

Figure 3. Analytical steps of the QuEChERS-AOAC official method 2007.01 for the analysis of pirimiphos-methyl.

2.6 İşleme faktörlerinin hesaplanması

Her yıkama prosedürünün işlem faktörü (Pf) Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır (OECD, 2008). Pf<1 ise işlenmiş bir ürünlerdeki pestisit azaldığını, Pf>1 ise işlenmiş bir ürünlerdeki pestisit kalıntısının arttığını gösterir (Dong, 2012; Lozowicka ve ark., 2016).

$$Pf = \frac{\text{İşlenmiş ürünün kalıntı konsantrasyonu}}{\text{İşlenmemiş ürünün kalıntı konsantrasyonu}} \quad (1)$$

2.7 İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin analizi için SAS istatistik yazılımı kullanılmıştır (SAS, 1999). Veriler aşağıdaki istatistiksel modele göre varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Önemli bulunan ortalamalar, Tukey testi vasıtasıyla karşılaştırılmış ve işlemler ile hasat zamanlarına göre değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın, doğrulama, tekrarlanabilirlik, dedeksiyon limiti, geri alım, kesinlik, gerçeğe yakınlık gibi metod validasyonu verileri; önceki bir çalışmada sunulmuştur (Çatak ve ark., 2019). Çalışmada ortalama geri alım değeri %8.95 RSD ile %81.24 (n = 36) olarak bulunmuştur. Bu değer SANTE limitlerine uygundur. Pirimiphos-methyl'in kalibrasyon eğrisi 1-50 µg µl⁻¹ sınırlarında doğrusal bulunmuştur (R≥0.999). Dedeksiyon limiti, primphos methyl'in AB MRL değeri olan 10 µg kg⁻¹'dan daha düşük olarak (1 µg kg⁻¹) belirlenmiştir. Kapa biberlerinde pirimiphos-methyl analizi için QuEChERS-AOAC Official Method

2007.01 yönteminin gerekli kriterleri sağladığı tespit edilmiştir (Çatak ve ark., 2019).

3.1 Yıkanmamış örnekler

Yıkama işleminden önce biber örneklerinde başlangıç kalıntı miktarını değerlendirmek ve Pf değerini hesaplamak için yıkanmamış biber örneklerinde kalıntı belirlenmiştir. Yıkanmamış biberler üzerindeki pirimiphos-methyl kalıntıları, pestisit kalıntısını azaltmada yıkama uygulamalarının ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. İşlenmemiş ürünlerdeki pirimiphos-methyl kalıntıları ve 3 farklı hasat zamanında 4 farklı yıkama uygulaması ile elde edilen kalıntı azalma oranı Çizelge 2'de verilmiştir.

3.2 Yıkama uygulamalarının etkileri

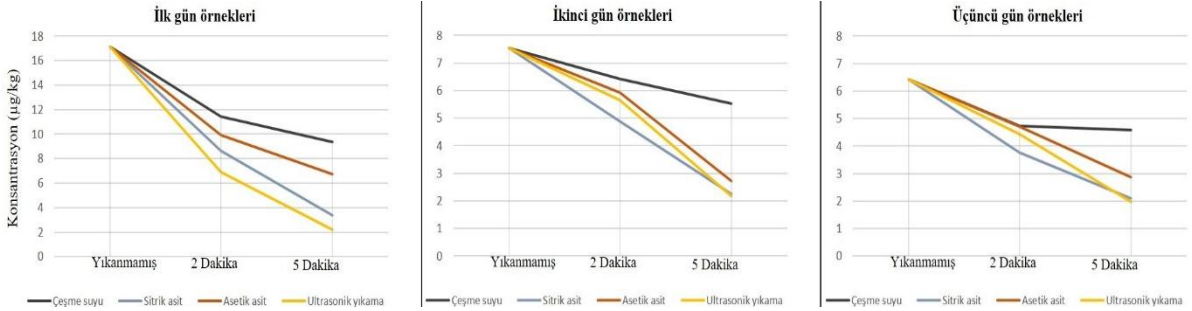
Üç hasat zamanında alınan biberler 2 ve 5 dk sürelerde farklı yıkama uygulamalarına tabi tutulmuş olup, farklı yıkama uygulamaları ile kalıntı seviyelerindeki değişiklikler değerlendirilmiştir. Uygulama süreleri arttıkça kalıntı miktarında azalma saptanmıştır. 1., 2. ve 3. günlerde alınan biber örneklerinde farklı yıkama uygulamaları sonucunda pirimiphos-methyl kalıntı değişimi Şekil 4'te verilmiştir.

Yıkama uygulamalarının biberdeki pirimiphos-methyl kalıntıları üzerindeki etkileri; Pf değerleri ve azalma oranları ile değerlendirilmiştir. Pf değerleri 4 yıkama uygulaması için 1'in altında bulunmuş olup, yıkama işlemleri sonrasında kalıntı seviyeleri ile istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Pirimiphos-methyl'in kalıntı azalma oranları ve Pf değerleri ile uygulamalar arası istatistiki değerlendirmeler.

Table 2. Residual reduction rates and Pf values of pirimiphos-methyl and statistical evaluations between treatments.

Uygulama	Zaman dk	Hasat Zamanı								
		1. gün			2. gün			3. gün		
		Kalıntı ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Azalma oranı %	Pf	Kalıntı ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Azalma oranı %	Pf	Kalıntı ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Azalma oranı %	Pf
Yıkanmamış	-	17.13 A a	-	-	7.55 A b	-	-	6.42 A b	-	-
Çeşme suyu	2	11.42 B a	33.33	0.66	6.42 AB b	14.97	0.85	4.72 B b	26.48	0.73
	5	9.38 BC a	45.24	0.55	5.53 AB a	26.75	0.73	4.57 B a	28.82	0.71
Sitrik asit	2	8.65 BC a	49.50	0.50	4.89 BC b	35.23	0.65	3.77 B b	41.28	0.59
	5	3.38 DE a	80.27	0.20	2.25 D a	70.20	0.30	2.10 C a	67.29	0.33
Asetik asit	2	9.90 BC a	42.21	0.58	5.93 AB a	21.46	0.78	4.70 B a	26.79	0.73
	5	6.75 CD a	60.60	0.39	2.72 CD b	63.97	0.36	2.87 C b	55.30	0.45
Ultrasonik	2	6.92 CD a	59.60	0.40	5.65 AB ab	25.17	0.75	4.42 B b	31.15	0.69
	5	2.20 E a	87.16	0.13	2.17 D a	71.26	0.29	1.97 C a	69.31	0.31

* Aynı sütundaki farklı büyük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ($p \leq 0.05$).* Aynı satırdaki farklı küçük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ($p \leq 0.05$).

Şekil 4. Çeşitli yıkama uygulamalarında pirimiphos-methyl kalıntısının seyri.

Figure 4. Fate of pirimiphos-methyl residues during different washing procedure.

Çeşme suyu ile 2 ve 5 dk sürelerde yıkanması ile pirimiphos-methyl kalıntısı üzerine etkileri Çizelge 2'de gösterilmiştir. İşlenmemiş örneklerin 1. gün örnekleri kalıntı seviyesi ile 2. ve 3. gün örnekleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. Çeşme suyu ile yapılan ilk gün uygulamaları diğer günlere göre istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almıştır. 2 ve 5 dk'lık yıkama uygulamalarında kalıntı seviyelerinde değişiklikler gözlenmiştir (Şekil 4). 1., 2. ve 3. gün çeşme suyu ile yapılan 5 dk uygulamalarında Pf değerleri sırasıyla

0.55, 0.73 ve 0.71 bulunurken, azalma oranları sırasıyla %45.24, %26.75 ve %28.82 olarak tespit edilmiştir.

Çeşme suyu yıkama uygulaması, pirimiphos-methyl kalıntılarında önemli azalmalar sağlamıştır. Artan uygulama süreleri ile azalma oranlarında artış gözlenmiştir. Benzer şekilde, artan hasat günlerinde azalma oranında düşüş belirlenmiştir. Bu bulgular Lazowicka ve ark. (2016)'nın ve Polat ve Tiryaki (2019a)'nin çalışmalarında, artan uygulama süresi ile daha düşük bir Pf değeri elde edilmesi sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Holland ve ark. (1994), pestisitlerin suda çözünürlüğü ve oktanol/su katsayısını kalıntı açısından önemli parametre olarak belirtmişlerdir. Pestisitlerin suda yüksek oranlarda çözünürlüğünün tarımsal ürünlerden kolayca giderilmesi ile doğru orantılı olduğu, düşük oktanol/su katsayısına sahip ve suda yüksek çözünürlüğe sahip pestisitlerin yıkama uygulaması ile kolayca giderilebileceği belirtilmiştir (Kong ve ark., 2012; Randhawa ve ark., 2014b; Zhao ve ark., 2014; Lozowicka ve ark., 2016).

Çalışmada; 1. günde alınan örneklerin 5 dk'lık çeşme suyu ile yıkanması uygulamasından sonra pirimiphos-methyl, düşük bir logP (4.2) değeri ve düşük suda çözünürlük (11 mg L^{-1}) değerine (PPDB, 2019) sahip olduğundan Pf değeri 0.55 olarak bulunmuştur. Bu bulgular göstermiştir ki logP ve suda çözünürlük, pestisit kalıntıları üzerine yüksek düzeyde etkileri olan birincil parametrelerdir. Pestisit yüksek çözünürlüğe sahip olması pestisit gideriminde her zaman için aynı etkiye sahip değildir, pestisit etki mekanizmasının da kalıntıların tarımsal ürünlerden uzaklaştırılmasında rol oynadığı unutulmamalıdır.

Sitrik asit ve asetik asitli solusyonlar ile yıkama uygulamaları, pestisit kalıntılarının meyve ve sebzelerden uzaklaştırılmasında tercih edilen yöntemlerdir (Osman ve ark., 2014). Birinci gün örneklerinde 5 dk'lık asit solusyonu yıkama uygulaması ile işlenmemiş örneklerde pirimiphos-methyl kalıntı seviyelerinde önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 2). Sitrik asit ve asetik asit ile yıkamanın; 2. ve 3. günlerinde 2 ve 5 dk'lık uygulama sürelerindeki farklılıklar önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Bu çalışmada, 5 dk'lık sitrik asit yıkama uygulamasında (3. gün örneklerde) pirimiphos-methyl için %67.29 (Pf: 0.33) azalma oranı bulunmuştur. Benzer şekilde asetik asit uygulaması ile %55.30 (Pf: 0.45) oranında azalma tespit edilmiştir (Çizelge 2). Pirimiphos-methyl sitrik asit ve asetik asit solusyonları ile yıkanması sırasındaki 3 hasat süresine ilişkin kalıntı miktarları Şekil 4'te gösterilmiştir.

Pestisit kalıntılarının giderilmesinde çeşme suyu yıkama uygulamalarına kıyasla asetik asit ve sitrik asit yıkama uygulamalarının daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadaki bulgulara benzer şekilde, Randhawa ve ark. (2014a), sitrik asit (%9) ve asetik asit (% 9) uygulamaları için %72.48 ve %68.78 azalma oranlarının olduğunu bildirmiştir.

Ultrasonik yıkama uygulaması işlenmemiş örneklere göre etkili bulunmuş olup, pirimiphos-methyl için 2 ve 5 dk'lık ultrasonik yıkama uygulamaları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 2). Ultrasonik yıkamanın 5 dk'lık uygulamasında pirimiphos-methylin azalma oranı %69.31 (Pf: 0.31) olarak bulunmuştur. Ultrasonik yıkamada 1., 2. ve 3. gün örnekleri için kalıntı azalma oranı sırasıyla %87.16, %71.26 ve %69.31 olarak tespit edilmiştir. Ultrasonik yıkama uygulaması, pestisit azaltılması uygulamaları arasında en başarılı bulunmuştur. Benzer sonuçlar diğer

çalışmalarda da tespit edilmiştir (Lazowicka ve ark., 2016; Polat ve Tiryaki, 2019a).

Pirimiphos-methyl kalıntılarını azaltmada ultrasonik yıkama, çeşme suyu uygulamasına kıyasla daha fazla azalma sağlamıştır. Ultrasonik temizleme işleminin etkinliği birçok faktöre bağlı olmakla birlikte büyük oranda pestisit etki mekanizmasına bağlıdır. Ultrasonik yıkama uygulamasında kontak etki mekanizmasına sahip pestisitler sistemik etki mekanizmasına sahip pestisitlerle karşılaştırıldığında daha etkili pestisit giderimi sağlamaktadır (Buakham ve ark., 2012). Pirimiphos-methylin kontak etkili bir pestisit olması sebebiyle, çalışmada ultrasonik temizleme uygulamasının bu pestisit kalıntısının giderilmesinde daha etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 2).

4. Sonuç

Tüm yıkama uygulamalarında Pf değerleri 1'in altında bulunmuştur. Bu da kalıntının uygulamalar ile azaltıldığını göstermektedir. Pirimiphos-methyl kalıntısının giderilmesinde en fazla başarı ultrasonik yıkama ile 5 dk uygulamasında bulunmuştur (%87.16). Bunu sitrik asit 5 dk uygulaması izlemiştir. En düşük azalma oranı 2. gün örneklerinde 2 dk'lık çeşme suyu uygulaması ile %14.97'dir. Genel olarak uygulamaların pestisit kalıntılarını azaltma oranları (yüksekten düşüğe doğru); ultrasonik yıkama > sitrik asit > asetik asit > çeşme suyu şeklinde bulunmuştur. Pestisit kalıntılarının giderilmesinde pestisit etki mekanizması büyük bir rol oynamıştır. Bu şekilde kontak etkili pestisit olan pirimiphos-methylin yıkama uygulamaları ile giderilmesi daha etkili ve kolay olmuştur.

Pirimiphos-methylin AB MRL değeri $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ 'dir. İlk gün örneğinde yani ilaç uygulamasından 4 saat sonraki örneklerde kalıntı MRL nin üzerinde ($17.13 \mu\text{g kg}^{-1}$) bulunmuştur. Buradan da PHI aralıklarının önemi ortaya çıkmaktadır. 2dk'lık çeşme suyu uygulaması haricindeki bütün yıkama işlemleri pirimiphos-methyl kalıntısını MRL altına düşürmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmadaki verilerin istatistiki değerlendirilmesinde katkıları için Doç. Dr. Fatih Kahrıman'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Acoğlu, B., Yolcu Omeroğlu, P., Copur, Ö., 2018. Gıda işleme süreçlerinin pestisit kalıntıları üzerine etkisi ve işleme faktörleri. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 19(1): 42-54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/40169/477821>

- Baltacı, M.H., 2015. Ozonla pestisit giderimi uygulamasının domateste renk ve c vitaminine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Buakham, R., Songsermpong, S., Eamchotchawalit, C., 2012. Kinetics of the reduction of pesticide residues in vegetables by ultrasonic cleaning. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 5(5): 364-373.
- Çatak, H., Polat B., Tiryaki O., 2019. Method validation for determination of pirimiphos-methyl residue in, pepper by QuEChERS method. 1st International Symposium on Biodiversity Research, the book of Abstracts and Fulltexts of the ISBR 2019. 238-243.
- Dong, F., 2012. The pesticide residue changes during food processing and storage. https://www.wur.nl/upload_mm/9/0/9/f1f3d226-b38f-49fb-9d1e-f7eccfe34797_ma6.pdf
- EC, 1991. Council Directive 91/414/EEC of 15 July 1991 concerning the placing of plant products on the market. *Off J Eur Commun L* 230 (19/08/1991) 1-32.
- EC, 2002. Commission Directive 2002/63/EC of 11 July 2002 Establishing community methods of sampling for the official control of pesticide residues in and on products of plant and animal origin and repealing. *Direc.79/700/EEC. Off. J. E. Comm. L* 187/30, 1–14 (Erişim tarihi: 12 Şubat 2019).
- Ghani, B.A., Hanafi, A., Nasr, I.N., 2010. Non-toxic washing solutions for decreasing myclobutanil, fenhexamid and boscalid residues in sweet pepper and cherry tomatoes. *Journal of Basic and Applied Sci-ences*, 4(8): 3360-3365.
- Hassan, H.Ü., Elsayed, E., El-Raouf AE-RA., Salman, S.N., 2019. Method validation and evaluation of household processing on reduction of pesticide residues in tomato. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 14(1): 31-39. DOI: 10.1007/s00003-018-1197-2.
- Holland, P. T., Hamilton, D., Ohlin, B., Skidmore, M.W. 1994. Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. *Pure and Applied Chemistry*, 66: 335-356. DOI: 10.1351/pac199466020335.
- Kentish, S., Feng, H., 2014. Applications of power ultrasound in food processing. *Annual Reviews of Food Science and Technology*. 5, 263-284. DOI: 10.1146/annurev-food-030212-182537.
- Kong, Z. Q., Dong, F. S., Xu, J., Liu, X. G., Li, J., Li, Y. B., 2012. Degradation of acephate and its metabolite methamidophos in rice during processing and storage. *Food Control*. 23, 149-153. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.07.001.
- Lozowicka, B., Kaczyński, P., Rutkowska, E., Jankowska, M., Hryenko, I., 2013. Evaluation of pesticide residues in fruit from Poland and health risk assessment. *Agricultural Science*, 4, 106-111. DOI: 10.4236/as.2013.45B020.
- Lozowicka, B., Jankowska, M., Hryenko, I., Kaczynski, P., 2016. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1): 51-69. DOI: 10.1007/s10661-015-4850-6.
- Lehotay, S.J., 2007. Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: collaborative study. *J. AOAC Int.* 90, 485-520.
- OECD, 2008. Magnitude of the pesticide residues in processed commodity. Guideline for the Testing of Chemicals. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-508-magnitude-of-the-pesticide-residues-in-processed-commodities_9789264067622-en (Erişim tarihi: 20 Şubat 2019).
- Omeroglu, P.Y., Boyacioglu, D., Ambrus, A., Karaali, A., Saner, S., 2012. An Overview on steps of pesticide residue analysis and contribution of the individual steps to the measurement uncertainty. *Food Analytical Methods*, 5(6): 1469-1480. DOI: 10.1007/s12161-012-9396-4.
- Omeroglu, P.Y., Ambrus, Á., Boyacioglu, D., 2013. Estimation of sample processing uncertainty of large-size crops in pesticide residue analysis. *Food Analytical Methods*, 6(1): 238-247. DOI: 10.1007/s12161-012-9436-0.
- Osman, K.A., Al-Humaid, A.I., Al-Redhaiman, K.N., El-Mergawi, R.A., 2014. Safety methods for chlorpyrifos removal from date fruits and its relation with sugars, phenolics and antioxidant capacity of fruits. *J of Food Sci and Technology*, 51(9): 1762-1772. DOI:10.1007/s13197-012-0693-0.
- Özel, E., Tiryaki, O., 2019. Elma ve işlenmiş ürünlerinde imidacloprid ve indoxacarb kalıntılarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 59, 23-32. DOI: 10.16955/bitkorb.465828.
- Randhawa, M. A., Anjum, M.N., Butt, M.S., Yasin, M., Imran, M., 2014a. Minimization of imidacloprid residues in cucumber and bell pepper through washing with citric acid and acetic acid solutions and their dietary intake assessment. *International*

- Journal of Food Properties, 17(5): 978-986. DOI: 10.1080/10942912.2012.678532.
- Randhawa, M., Anjum, F., Asi, M., Ahmed, A., Nawaz, H., 2014b. Field incurred endosulfan residues in fresh and processed vegetables and dietary intake assessment. International Journal of Food Properties, 17(5): 1109-1115. DOI: 10.1080/10942912.2012.69409.
- Polat, B., Tiryaki, O., 2019a. Assessing washing methods for reduction of pesticide residues in Capia pepper with LC-MS/MS. Journal of Environmental Science and Health, Part B, DOI: 10.1080/03601234.2019.1660563.
- Polat, B., Tiryaki, O., 2019b. Determination of some pesticide residues in conventional-grown and IPM-grown tomato by using QuEChERS method. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 54(2): 112-117. DOI: 10.1080/03601234.2018.1531663.
- PPDB, 2019. Pesticides Properties Data Base 2019. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/atoz.htm> (Erişim tarihi: 3 Mart 2019).
- SAS, 1999. SAS Institute. SAS/STAT 9.1 User's Guide, 1999, Cary, NC.
- Zhao, L., Ge, J.; Liu, F., Jiang, N., 2014. Effects of storage and processing on residue levels of chlorpyrifos in soybeans. Food Chemistry, 150, 182-186. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.10.124.



Organik madde uzaklaştırılmasının parçacık büyüklük dağılımına etkileri

Nurullah Acir^{a*}, Hikmet Günal^b, İsmail Çelik^c

^aKırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kırşehir, Türkiye

^bTokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, Türkiye

^cÇukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: nurullah.acir@ahievran.edu.tr

Geliş/Received 04/09/2019

Kabul/Accepted 25/11/2019

ÖZET

Toprakta devam eden birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreç üzerine önemli düzeyde etkiye sahip olan parçacık büyüklük dağılımının doğru belirlenmesi, süreçler hakkında daha doğru yorum yapılabilmesini mümkün kılacaktır. Bu çalışmada, organik madde (OM) uzaklaştırılması ön muamelesinin kil içerikleri %18.8 ile %83.4 arasında değişen 80 toprağın parçacık büyüklük dağılımı üzerine etkileri incelenmiş ve OM uzaklaştırılmasının gerekli olup olmadığı tartışılmıştır. Topraklar kil (<40%, %40-60 ve >60%) ve OM (%0-1, %1-2, %2-4 ve >%4) içeriklerine göre gruplara ayrılarak OM uzaklaştırılmasının etkileri değerlendirilmiştir. OM uzaklaştırılmasının beş farklı kum fraksiyonuna (53µ, 106µ, 250µ, 500µ ve 1000µ) etkisi de bu çalışma kapsamında incelenmiştir. OM madde içeriği %0.17 ile 6.78% arasında değişmektedir. Hidrojen peroksit ile OM uzaklaştırılması sonrasında kum ve kil içerikleri istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmiştir. OM uzaklaştırılması ile toprakların kil ve silt içeriği artarken, kum içeriğinde OM içeriği %1'in üzerinde olan topraklarda önemli düzeyde düşüş gerçekleşmiştir. Kum fraksiyonlarında, orta kum (250 µ) boyutundaki artışa karşılık ince (106 µ) boyuttaki kum miktarında önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir. Sonuçlar, OM içeriği %1'in üzerinde olan topraklarda OM uzaklaştırılmasının, tekstür bileşenlerini önemli düzeyde değiştirdiğini göstermiştir. Uzaklaştırılma olmadan yapılan toprak analizinde kil ve silt içeriklerinin daha düşük, kum içeriğinin ise daha yüksek olacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle, toprağın birçok önemli fonksiyonunun gerçekleşmesinde etkili olan parçacık büyüklük dağılımının doğru belirlenmesi adına tekstür analizine başlamadan önce OM uzaklaştırılmasının standart bir ön işlem haline getirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler:
Toprak tekstürü
Organik madde
Hidrojen peroksit
Kum fraksiyonu
Ön muamele

Effects of organic matter removal on particle size distribution

ABSTRACT

Accurate determination of the particle size distribution, which has significant impacts on many physical, chemical and biological processes in soil, will enable a more accurate interpretation of the processes. In this study, the effects of organic matter (OM) removal pretreatment on the particle size distribution of 80 soil samples which have a clay content ranging from 18.8 to 83.4% were investigated to determine the necessity of OM removal pretreatment. The effect of OM removal was discussed by separating soil samples into clay (<40%, 40-60% and > 60%) and OM (0-1%, 1-2%, 2-4% and > 4%) group contents. The effect of OM removal on five different sand fractions (53µ, 106µ, 250µ, 500µ and 1000µ) was also investigated in this study. The mean OM content was 2.48% and ranged from 0.17 to 6.78%. Sand and clay contents of soil samples significantly changed after the removal of OM with hydrogen peroxide. The removal of OM caused an increase in clay and silt contents, while sand content significantly decreased in soils with an OM content of higher than 1%. Fine sand fraction (106 µ) significantly decreased despite an increase in 250 µ size sand fraction. The results showed that removal of OM with an OM content of higher than 1% significantly changes the particle size distribution. If soil texture is determined without removal of OM, clay and silt contents will be lower and the sand content will be higher than the actual case. Therefore, the removal of OM should be set as a standard

Keywords:
Soil texture
Organic matter
Hydrogen peroxide
Sand fraction
Pretreatment

© OMU ANAJAS 2020

pretreatment procedure before starting the texture analysis in order to accurately determine the particle size distribution which is crucial for many important soil functions.

1. Giriş

Parçacık büyüklük dağılımı (tekstür) suyun tutulması, hareketi ve besin elementlerinin döngüsü gibi çeşitli fonksiyonlara etkileri yanında toprak içerisindeki canlıların yaşamında da dolaylı olarak rol oynamaktadır. (Hillel, 1980; Filgueira et al. 2006; Shi et al. 2012; Blott ve Pye, 2012; Dobrowolski et al. 2012; Kabala ve Zapart, 2012). Diğer birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellik gibi arazi içi uygulamalar veya doğal olaylar ile kısa süre içerisinde değişmesi mümkün olmayan tekstür (Skopp, 1999), toprak ile ilgili araştırmalarda belirlenmesi istenen en temel özellik olarak kabul edilmektedir. Tekstür, su ve rüzgâr erozyonu, toprak üretkenliği, besin elementlerinin, pestisitlerin ve diğer kirleticilerin tutulması veya yıkanmasını kontrol etmesi nedeni ile toprak kalitesi çalışmalarında da yaygınlıkla belirlenmesi istenen bir özelliktir (Filgueira et al. 2006; Bayat et al. 2015).

Toprakların tekstür içeriklerinin bilinmesi diğer birçok özelliğin değerlendirilmesi ve bitkisel üretim açısından yorumlamada oldukça önemlidir. Fiziksel toprak özelliklerinden; hacim ağırlığı (Aşkın ve Özdemir, 2003), parçacık yoğunluğu (Schjonning et al. 2017), agregat stabilitesi (Bronick ve Lal, 2005), spesifik yüzey alanı (Erşahin ve ark. 2006), toprak havalanması (Horn ve Smucker, 2005), su ve çözeltilerin hareketi (Karup et al. 2016), gözeneklilik (Nimmo, 2004), şişme ve büzülme özellikleri (Gray ve Allbrook, 2002), toprak rengi (Günel et al. 2008; Kone et al. 2009) ile toprağın tekstürü arasında oldukça önemli ilişkiler rapor edilmiştir. Toprak tekstürü aynı zamanda katyon değişim kapasitesi (Erşahin ve ark. 2006), organik karbon içeriği (Broersma ve Lavkulich, 1980), kimyasalların adsorbe olması (Hillel, 1980) ve tamponlama kapasitesi gibi çeşitli kimyasal özellikler ve biyokütle üretimi (Chiu et al. 2006), organik maddenin parçalanması (Brady ve Weil, 2010), mikrobiyal aktivite (Hamarshid et al. 2010; Walkiewicz et al. 2012) ve azotun mineralizasyonu (Burgos et al. 2006) gibi biyolojik özellikler ile de ilişkilendirilmiştir. Toprakta gerçekleşen bazı fiziko-kimyasal süreçlerin tahmin edilmesi (Hajnos et al. 2013; Mohammadi ve Meskini-Vishkaee, 2013) ve pedotransfer fonksiyonlarının kullanımında da (Lamorski et al. 2008; Sepaskah ve Tafteh, 2013) toprak tekstürü aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

En temel fiziksel özellik olarak kabul edilen toprak tekstürü, farklı disiplinlerden bilim insanları, mühendisler ve uygulayıcılar arasında ortak bir dil olarak görev yaparak iletişimin kolaylaşmasını sağlamaktadır (Filgueira et al. 2006). Kum (0.02-2 mm), silt (0.002-0.02 mm) ve kil (<0.002 mm) parçacıklarının oransal miktarlarını ifade eden (Bouyoucos, 1962)

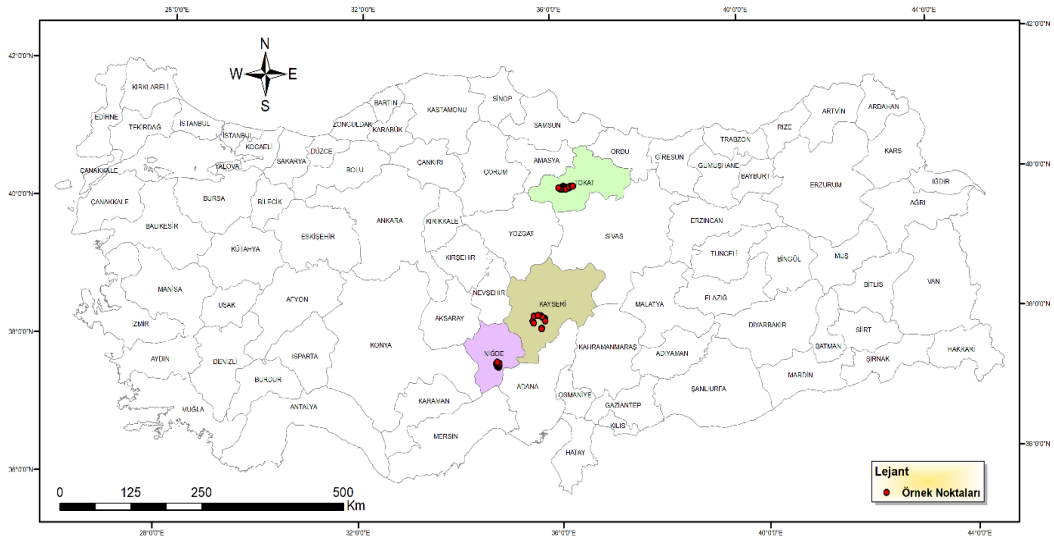
toprak tekstürünün belirlenmesinde sedimentasyon testi ve lazer difraksiyon metodu şeklinde iki ana yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır (Polakowski et al. 2014). Sedimentasyon testleri, Stoke yasasını esas almakta olan Bouyoucos hidrometresi veya Pipet yöntemi ile uygulanmaktadır (Kilmer ve Alexander, 1949). Genellikle 0-2.0 mm arasındaki parçacıklar kum, silt ve kil parçalarından oluşmakla birlikte, kum boyutundaki parçacıkların çok sayıdaki kil veya silt parçacığının birleşmesinden oluşmuş agregatları da içerdiği bilinmektedir (Stanchi et al. 2008). Kum, silt ve kil parçacıkları, yapıştırma özeliği bulunan daha az çözünür tuzlar (kalsiyum karbonat, alçı vb.), demir alüminyum oksitler ya da organik bileşiklerin etkisi ile birbirlerine bağlanarak agregatları oluştururlar (Gunal ve ark. 2011). Bu nedenle, Gee ve Or (2002), toprakların parçacık büyüklük dağılımlarını belirlemek için öncelikle toprağın organik madde (OM), seskioksitler, karbonatlar ve diğer çimentolayıcı maddelerin uzaklaştırılması için ön muamele işlemlerinden geçirilmeleri gerektiğini bildirmektedirler. Bununla birlikte, toprak analizi yapan laboratuvarların çok büyük çoğunluğu tekstür analizi öncesinde herhangi bir ön muamele yapmamaktadır. Parçacıkları disperse etmekte kullanılan kimyasalın gücü agregatları parçalamaya yetmediği durumlarda, toprağın gerçek parçacık büyüklük dağılımının belirlenmesi de mümkün olamamaktadır.

Bu nedenle, gerçekleştirilen çalışma ile kum, kil ve silt parçacıklarının çimentolanmasında etkin rol oynayan organik maddenin uzaklaştırılmasının toprakların parçacık büyüklük dağılımına etkisi araştırılmıştır. Tekstür analizi öncesinde OM uzaklaştırılmasının gerekli olup olmadığı sorusuna yanıt aranan bu çalışmada ayrıca, hangi OM içeriğine sahip topraklar için OM uzaklaştırması yapılmalıdır? sorusu da cevaplanmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntemler

2.1 Materyal

Tokat, Kayseri ve Niğde illerinde yer alan çeşitli tarım arazileri ve meralardan 0-20 cm derinlikten alınan, organik madde ve kil içeriği açısından geniş bir varyasyon gösteren 80 adet toprak örneği bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır. Bu toprakların 40 adedi Tokat-Kazova'da tarla bitkileri ve sebze bitkileri ekili alanlar ile mera arazilerinde, 13 adedi Kayseri'de Sultan Sazlığı etrafında yer alan mera arazilerinden ve 27 adedi ise Niğde ilinde tarla bitkileri yetiştirilen araziler ile mera olarak kullanılan alanlardan alınmıştır. Toprak örneklemelerini gösteren harita Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Toprak örnekleme yerleri
Figure 1. The locations of soil sampling

2.2. Yöntem

Araziden alınan toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulmuş, içerisindeki kök, bitki atıkları ve çakıllar temizlendikten sonra tahta tokmaklar ile öğütülmüş ve 2.00 mm'lik elekten geçirilerek analize hazırlanmıştır. Parçacık büyüklük dağılımı ile ilgili çalışmalar iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle OM uzaklaştırılmadan toprakların parçacık büyüklük dağılımı Bouyoucos, hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986).

Bu aşamada kum, kil ve silt oranları belirlendikten sonra tekstür silindirinde bulunan örnekler 53 μ , 106 μ , 250 μ , 500 μ ve 1000 μ büyüklüğünde 5 farklı elek yardımı ile kum fraksiyonlarına ayrılmıştır. İkinci aşamada ise beher içerisine tartılan örnekler, ısıtılmış su banyosuna yerleştirilmiş ve %30'luk hidrojen peroksit (H₂O₂) ilave edilerek OM'nin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Hidrojen peroksit muamelesinde köpürmenin bittiği noktada, birinci aşamada belirtilen tekstür analizleri yapılmış ve sonrasında 5 ayrı kum fraksiyonu belirlenmiştir.

Toprak örneklerinde OM içeriği Nelson ve Sommers (1982) tarafından belirtilen "Modifiye Edilmiş Walkley-Black" metoduna göre belirlenmiştir. Agregat stabilitesi, Kemper ve Rosenau (1986)'a göre 2.0 ile 1.0 mm arasında kalan toprak parçacıklarının ıslak eleme yöntemine göre elenmesi sonrasında hesaplanmıştır. Kireç içeriği, Scheibler kalsimetresi yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 1994). Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC), 1:2.5 toprak/su süspansiyonunda pH/EC metre aleti ile ölçülmüştür (Rhoades et al. 1999). Katyon değişim kapasitesi, 1.0 N amonyum asetat (pH=7.0) yöntemine göre belirlenmiştir (Jackson, 1958).

2.3. Veri Değerlendirmeleri

Çalışma alanı toprak özelliklerine ait en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı şeklindeki tanımlayıcı parametreler SPSS programı (SPSS 21) ile hesaplanmıştır. Organik madde uzaklaştırma öncesi ve sonrası tekstür bileşenleri ve 5 farklı kum fraksiyonu için de tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Organik madde uzaklaştırması ile ortaya çıkan farklılığın istatistiksel olarak önemli olup olmadığını anlamak için eşleştirilmiş t-testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışılan toprakların ortalama organik maddesi (OM) %2.48 olup, %0.17 ile 6.78 arasında değişmektedir. Veri setindeki bir özelliğin değişkenliğini ifade etmekte kullanılan varyasyon katsayısı (VK) %15'ten küçük olduğunda az değişken, \geq %15 ile \leq %35 arasında ise orta değişken ve \geq %35 olduğunda ise çok değişken olarak değerlendirilmektedir (Wilding, 1985). Buna göre çalışılan topraklar arasında OM içeriği oldukça yüksek düzeyde değişkenlik (CV=%71.4) göstermektedir. Bu durum OM uzaklaştırmasının etkisinin anlaşılması adına önemlidir. Organik madde içeriğinde olduğu gibi çalışılan toprakların kireç içeriği de yüksek düzeyde değişkenlik göstermekte olup (CV=%75.9), %2.22 (az kireçli) ile %70.94 (aşırı kireçli) arasında değişmektedir. Topraklarda agregatlaşmayı sağlamayan bir diğer önemli özellik kireç içeriğidir ve parçacık dağılımının belirlenmeden önce

uzaklaştırılması gerekmektedir (Günel ve ark. 2011). Fakat, bu çalışmada sadece organik maddenin parçacık büyüklük dağılımına olan etkisi araştırıldığından dolayı, kirecin uzaklaştırılması için herhangi bir ön işlem yapılmamıştır. Kireç ve OM ile birlikte toprakların tuzluluğunun göstergesi olarak kabul edilen elektriksel iletkenlik oldukça yüksek bir değişkenliğe (CV=%138.5) sahiptir. Çalışılan topraklar içerisinde tuzsuz topraklar olduğu gibi

şiddetli tuzluluk (EC=11.89 dS m⁻¹) gösteren arazilerden (EC>4.0 dS m⁻¹ olan yaklaşık 10 adet örnek) alınmış toprak örnekleri de bulunmaktadır. Agregat stabilitesi (CV=%21.1) ve kation değişim kapasitesi (CV=%29.3) orta düzeyde değişkenlik göstermektedir. Değişkenliği en düşük (CV=%6.6) toprak özelliği olan pH değerleri 7.07 ile 10.09 arasında değişmekte ve ortalama pH değeri 8.53'tür.

Çizelge 1. Toprakların bazı özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri

Table 1. Descriptive statistics of some soil properties

Toprak Özellikleri	Birim	En Düşük	En Büyük	Ortalama	Standart sapma	Varyasyon Katsayısı
Organik Madde		0.17	6.78	2.48	1.77	71.4
Agregat Stabilitesi	%	30.81	99.42	84.79	17.92	21.1
Kireç		2.22	70.94	16.58	12.58	75.9
Elektriksel İletkenlik	dS m ⁻¹	0.17	11.89	1.75	2.43	138.5
pH		7.07	10.09	8.53	0.56	6.6
Kasyon Değişim Kapasitesi	me 100g ⁻¹	8.34	45.44	26.33	7.71	29.3

Mineralojik ve bazı fiziksel toprak analizlerine başlamadan önce hidrojen peroksit (H₂O₂) kullanımı ile organik maddenin uzaklaştırılması tercih edilen en yaygın yöntemdir (Kunze ve Dixon, 1986; Mikutta et al. 2005). Kum, kil ve silt büyüklüğündeki mineral parçacıkların kümeleşmesine neden olan OM'yi uzaklaştırabilmek için tüm topraklar H₂O₂ ile muamele edilmiş ve uygulama öncesi ve sonrasındaki

parçacık büyüklük dağılımına ait değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Uygulanan H₂O₂, kum, kil ve silt parçacıkları arasında köprü görevi görerek agregatların oluşmasına neden olan organik maddenin uzaklaşmasını sağladığından kil ve silt içeriğinde artış gerçekleşmiş ve sırasıyla ortalama %46.5'den %49.2'ye ve %24.5'den %25'e yükselmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Organik madde uzaklaştırma öncesi ve sonrası kum, kil ve silt içeriklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Table 2. Descriptive statistics of sand, clay and silt contents before and after organic matter removal

		En Düşük	En Büyük	Ortalama	Standart sapma	Varyasyon Katsayısı
Önce	Kil	18.8	83.4	46.5	16.7	35.85
	Silt	8.0	45.5	24.5	7.72	31.53
	Kum	3.7	69.2	29.0	17.1	58.84
Sonra	OM-Kil	19.7	88.9	49.2	15.97	32.50
	OM-Silt	7.1	49.5	25.0	8.51	34.02
	OM-Kum	2.9	63.1	25.9	16.02	61.97

Sonuçlar, OM uzaklaştırılmadan tekstür belirlendiğinde kil içeriğinin olması gerekenden %6 ve silt içeriğinin ise %2 daha düşük olacağını göstermektedir. Jensen ve ark. (2017)'da toprak organik maddesi uzaklaştırılmadan elde edilecek kil içeriğinin olması gerekenden %19 ve silt içeriğinin ise %30 daha düşük olacağını rapor etmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgulara benzer şekilde, Stanchi ve ark. (2008)'da OM uzaklaştırılması sonrasında kil ve silt içeriğinin önemli düzeyde arttığını rapor etmiştir. Bu artışın, kaba kum boyutundaki agregatlarda yer alan organik maddenin H₂O₂ uygulaması ile okside olmasına bağlıdır. Araştırmacılar, kil partiküllerinin kum parçacıkları üzerinde film şeklinde veya kum parçacıkları arasında köprü

şeklinde biriktiğini de rapor etmişlerdir. Jensen ve ark. (2017)'da standart olarak tavsiye edilen %30'luk H₂O₂ kullanımının topraktaki organik maddenin %80-90'nını uzaklaştırmaya yettiğini belirtmektedir. Araştırmacılar H₂O₂ uygulamasının vermikülit, mika ve özellikle de smektit kil minerallerinin çözünmesine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Hidrojen peroksit uygulaması sonrasında toprakların kum içeriği ortalama %29'dan %25.9'a düşmüştür. Sonuçlar, özellikle kum boyutundaki bir kısım agregatların tekstür analizinde yaygın olarak kullanılan sodyum heksametafosfat ile yeterince disperse edilemediğini göstermektedir. Kum büyüklüğündeki bu agregatlar, kum parçacıkları gibi kısa sürede çöktüğünden hesaplamada kum oranına

dahil edilmektedir. Kum boyutundaki kil ve silt parçacıklarından oluşan agregatlar ile ilgili olarak Bronick ve Lal (2005)'da kaba kum boyutundaki parçacıkların iyi disperse olmaları halinde hem kil hem de silt boyutundaki parçacıkların serbest kalarak miktarının artacağını rapor etmişlerdir.

Topraklarda OM'nin uzaklaştırılması sonrasında kum içeriğinde meydana gelen azalmanın hangi kum fraksiyonunda gerçekleştiğini belirlemek amacı ile 53 μ , 106 μ , 250 μ , 500 μ ve 1000 μ boyutlarında açıklıkları olan 5 farklı elek kullanılarak kum fraksiyonları hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, 1000 μ ve 250 μ

boyutundaki kum fraksiyonlarında ortalama olarak bir artış söz konusu iken diğer tüm fraksiyonlarda azalma meydana gelmiştir. Organik madde uzaklaştırmasının mineral parçacıkların dağılımına etkisini araştıran Scott ve Rothstein (2014), OM uzaklaştırılmasıyla kaba kum boyutundaki parçacıkların oranının %60'dan %45'e düştüğünü, bununla birlikte ince kum, silt ve kil içeriğinde ise artış olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise 1000 μ ve 250 μ boyutundaki kaba kum fraksiyonlarında sırası ile %11 ve %14'lük artışlar olmuş, diğer tüm fraksiyonlarda ise azalmalar meydana gelmiştir.

Çizelge 3. Organik madde uzaklaştırma öncesi ve sonrası kum fraksiyonlarına ait tanımlayıcı istatistikler

Table 3. Descriptive statistics of sand fractions before and after organic matter removal

	Fraksiyon	En Düşük	En Büyük	Ortalama	Standart sapma	Varyasyon Katsayısı
Önce	1000 μ	0.42	22.22	7.07	4.66	65.94
	500 μ	5.14	45.71	17.52	8.05	45.96
	250 μ	1.76	26.04	12.71	5.01	39.42
	106 μ	10.69	54.88	34.68	11.73	33.83
	53 μ	5.35	62.09	28.02	10.92	38.95
	Kum	2.28	29.22	12.82	7.30	56.90
Sonra	OM 1000 μ	0.41	29.54	7.94	5.53	69.58
	OM 500 μ	2.98	37.64	17.15	7.54	43.99
	OM 250 μ	1.94	42.05	14.75	7.72	52.34
	OM 106 μ	9.28	61.82	32.67	11.26	34.47
	OM 53 μ	6.64	60.04	27.49	10.91	39.69
	OM Kum	2.25	27.18	11.00	6.46	58.72

Organik maddenin uzaklaştırılması sonrasında farklı kil içeriğine sahip topraklarda meydana gelen değişimin belirlenmesi amacı ile örnekler kil içeriklerine göre \leq %40, $>$ %40 ile \leq %60 arası ve $>$ %60 şeklinde 3 farklı grupta toplanmıştır. Kil gruplarında yer alan örneklerin OM öncesi ve sonrası kil, silt ve kum fraksiyonlarına ait değerler eşleştirilmiş t-testi ile karşılaştırılmış ve sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Tüm örnekler birlikte değerlendirildiğinde OM uzaklaştırılmasının etkisinin kil ve kum içeriklerinde önemli düzeyde farklılığa neden olduğu görülmektedir. Organik maddenin uzaklaştırılması sonrasında kil içeriği arttığından negatif ve kum içeriği azaldığından dolayı pozitif değerler almıştır. Kil içeriğine göre ayrılan gruplara bakıldığında, ilk iki kil grubunda bu fark $P<0.01$ düzeyinde önemli iken 3. kil grubunda kil içeriğindeki farklılığın daha düşük düzeyde ($P<0.05$) gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 4). Kum içeriğinde de benzer bir durum söz konusudur. Kum içeriği her üç kil grubunda da azalmasına rağmen, 3. kil grubundaki azalma istatistiksel açıdan önemsiz düzeyde kalmıştır. Kil içeriğindeki artışla birlikte OM uzaklaştırılması ile oluşan farklılığın azalması söz konusu olmuştur.

Organik madde uzaklaştırılması ile kum fraksiyonlarından 250 μ boyutunda istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0.05$) bir artış, bunun aksine ve 106 μ boyutunda ise önemli düzeyde ($P<0.05$) azalma meydana gelmiştir. Kil gruplarına göre ayrılan örneklerde kum fraksiyonlarında meydana gelen değişimler için yapılan eşleştirilmiş t-testi sonuçları Çizelge 4'de sunulmuştur. Orta kum fraksiyonunu gösteren 250 μ boyutundaki kumun artışı, OM'nin uzaklaştırılması ile daha iri olan kum parçacıklarını bir arada tutan bağın yok olduğu ve ayrılarak bu boyuta indirgendikleri anlaşılmaktadır. Bu değişim, $<$ %40 kil içeren topraklarda istatistiksel olarak önemli iken özellikle de %40-60 arasında kil içeren grupta çok küçük ve önemsiz düzeyde kalmıştır. İnce ve çok ince kum boyutlarında ise OM'nin uzaklaştırılması ile çoğunlukla bir azalma olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar geçmiş araştırmalar ile benzerlik göstermektedir. Nitekim Günel ve ark. (2011), %43'den yüksek kil içeriğine sahip topraklarda OM uzaklaştırılmasının kum fraksiyon boyutlarında, ortalama kil ve kum içeriğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde değişkenliğe neden olduğu rapor edilmiştir.

Çizelge 4. Farklı kil içeriğine sahip topraklarda organik madde uzaklaştırılmasının parçacık büyüklük dağılımına etkisini değerlendirmek için yapılan eşleştirilmiş t-testi

Table 4. Paired t-test to evaluate the effect of organic matter removal on particle size distribution in soils with different clay contents

	Toplam Ortalama Farkı (N=80)	Ort. Farkı Kil-1 (N=32)	Ort. Farkı Kil-2 (N=25)	Ort. Farkı Kil-3 (N=23)
Kil - OM Kil	-2.64**	-3.24**	-2.85**	-1.45*
Kum - OM Kum	3.16**	4.01**	3.78**	1.06
Silt - OM Silt	-0.52	-0.77	-0.92	0.39
1000 μ - OM 1000 μ	-0.88	-0.82	-1.62	-0.05
500 μ - OM 500 μ	0.371	2.45*	-0.97	-1.24
250 μ - OM 250 μ	-2.04*	-2.96*	-0.10	-2.99
106 μ - OM 106 μ	2.01*	1.99	2.58	1.35
53 μ - OM 53 μ	0.53	-0.67	0.11	2.93

*P<0.05 düzeyinde önemlidir. **P<0.01 düzeyinde önemlidir. Kil-1: <%40; Kil-2: %40-60; Kil-3: >%60

Hidrojen peroksit ile OM uzaklaştırılması işlemi ile OM içeriği arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek amacıyla toprak örnekleri OM içeriklerine göre 0 ile \leq %1 arası, % >1 ile \leq 2 arası, >2 ile \geq 4 arası ve >%4 şeklinde 4 gruba ayrılmıştır (Çizelge 5).

Organik madde uzaklaştırılmadan önce ve sonra toprak örneklerinin kil içeriği 3. grup örnekler haricinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde artmıştır. En büyük farklılık %3.85 ile 4. grupta yer

alan topraklarda iken en düşük değişim %0.87 ile 3. grup topraklarda gerçekleşmiştir.

Kum içeriğinin değişimi ise sadece 1. grupta yer alan topraklarda önemsiz iken diğer tüm OM gruplarında istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde azalmıştır.

Silt içeriği sadece 3. gruptaki topraklarda istatistiksel olarak önemli düzeye artmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Organik madde içeriğine göre sınıflanan topraklarda organik maddenin uzaklaştırılmasının tekstür bileşenlerine etkisini değerlendirmek için yapılan eşleştirilmiş t-testi

Table 5. Paired t-test to evaluate the effect of organic matter removal on texture components in soils classified with organic matter content

	Toplam Ortalama Farkı (N=80)	Ort. Farkı OM Grup 1 (N=21)	Ort. Farkı OM Grup 2 (N=19)	Ort. Farkı OM Grup 3 (N=20)	Ort. Farkı OM Grup 4 (N=20)
Kil - OM Kil	-2.64**	-2.36**	-3.63**	-0.87	-3.85**
Kum - OM Kum	3.16**	1.57	4.13**	2.92**	4.28**
Silt - OM Silt	-0.52	0.79	-0.50	-2.04**	-0.43
1000 μ - OM 1000 μ	-0.88	-1.77	0.91	-1.55	-0.93
500 μ - OM 500 μ	0.371	0.735	2.25	-0.16	1.37
250 μ - OM 250 μ	-2.04*	-4.82*	-2.80	0.30	-0.51
106 μ - OM 106 μ	2.01*	-0.02	1.10	3.77*	3.43*
53 μ - OM 53 μ	0.53	5.87	-1.45	-2.36	-0.63

*P<0.05 düzeyinde önemlidir. **P<0.01 düzeyinde önemlidir. OM Grup 1: OM içeriği 0 ile \leq %1 arası; OM Grup 2: % >1 ile \geq 2 arası; OM Grup 3: >2 ile \geq 4 arası; OM Grup 4: >%4

Elonen (1971), organik karbon içeriği %0.4-0.9 arasında değişen topraklarda, H₂O₂ muamelesinin kil fraksiyonlarında önemli bir değişime neden olmadığı bildirilmektedir.

Bununla beraber, organik karbon içeriği %2.5 ile 19.7 arasında değişen topraklara H₂O₂ ile muamele edilmesi sonucu kil fraksiyonunda önemli düzeyde artışlar olduğu rapor edilmiştir.

Kum fraksiyonlarında ise, en önemli farklılığın 106 μ çapındaki elek genişliğinin üzerinde kalan kumların miktarında olduğu belirlenmiştir.

Özellikle 3. ve 4. grupta yer alan toprakların kum içeriklerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde (P<0.05) azalış görülürken, 250 μ boyutundaki kum miktarında 3. grup toprakların haricinde artış meydana gelmiştir.

Ancak bu artış sadece 1. grupta %4.82 ile istatistiksel olarak önemli düzeyde (P<0.05) iken diğer gruplarda oluşan farklılık önemsiz bulunmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışma tekstür analizi öncesinde H₂O₂ ile organik madde uzaklaştırılmasının toprağın kil, silt ve kum içerikleri ile kum fraksiyonlarına etkisini değerlendirmek amacı ile gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar organik madde uzaklaştırılması ile kum ve kil içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde değiştiğini göstermiştir. Organik madde uzaklaştırılması ile kil ve silt içeriği artarken, kum içeriğinde önemli düzeyde azalmıştır.

Kum fraksiyonlarında ise, genelde 250µ boyutundaki kum miktarındaki artışa karşılık 106 µ boyutundaki kum miktarının önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir.

Kil içeriğinin organik madde içeriğinden bağımsız olarak artarken, kum içeriği %1'den daha düşük organik madde içeriğine sahip topraklar haricinde azalmıştır.

Sonuçlar, organik maddenin %1'in üzerinde olduğu her toprakta organik madde uzaklaştırılmasının tekstür bileşenlerini önemli düzeyde değiştirdiğini göstermiştir.

Toprağın birçok fonksiyonunun gerçekleşmesinde kritik öneme sahip olan kil ve kum içeriklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, kil ve kum içeriklerini parametre olarak kullanan modellerin ve birçok pedotransfer fonksiyonunun gerçeğe yakın tahminler yapmasını mümkün kılacaktır.

Bu nedenle, %1'den daha yüksek organik madde içeren topraklarda tekstür analizine başlamadan önce organik madde uzaklaştırılmasının standart bir işlem haline getirilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Askin, T., Özdemir, N., 2003. Soil bulk density as related to soil particle size distribution and organic matter content. *Agriculture* 9, 52–56.
- Bayat, H., Rastgo, M., Zadeh, M. M., Vereecken, H., 2015. Particle size distribution models, their characteristics and fitting capability. *Journal of Hydrology*, 529, 872-889. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.08.067>
- Blott S.J., Pye K., 2006. Particle size distribution analysis of sand-sized particles by laser diffraction: an experimental investigation of instrument sensitivity and the effects of particle shape. *Sedimentology*, 53, 671-685. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2006.00786.x>
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54, 464-465. doi:10.2134/agronj1962.00021962005400050028
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2010. *Elements of the Nature and Properties of Soils*. Pearson

- Educational International, Upper Saddle River, NJ.
- Broersma, K., Lavkulich, L., 1980. Organic matter distribution with particle-size in surface horizons of some sombric soils in Vancouver Island. *Can. J. Soil Sci.* 60 (3), 583–586. <https://doi.org/10.4141/cjss80-064>
- Bronick, C. J., Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- Burgos, P., Madejón, E., Cabrera, F., 2006. Nitrogen mineralization and nitrate leaching of a sandy soil amended with different organic wastes. *Waste Manage. Res.* 24 (2), 175–182. <https://doi.org/10.1177/0734242X06062876>
- Chiu, C.Y., Chen, T.H., Imberger, K., Tian, G., 2006. Particle size fractionation of fungal and bacterial biomass in subalpine grassland and forest soils. *Geoderma* 130 (3), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.01.025>
- Dobrowolski R., Bieganski A., Mroczek P., Ryzak M., 2012. Role of periglacial processes in epikarst morphogenesis: a case study from Che³m Chalk Quarry, Lublin Upland, Eastern Poland. *Permafrost Periglac. Process.*, 23(4), 251-266. <https://doi.org/10.1002/ppp.1750>
- Elonen, P., 1971. Particle-size analysis of soil. *Acta Agralia Fennica* no. 122.
- Ersahin, S., Gunal, H., Kutlu, T., Yetgin, B., Coban, S., 2006. Estimating specific surface area and cation exchange capacity in soils using fractal dimension of particlesize distribution. *Geoderma* 136 (3), 588–597. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.04.014>
- Filgueira, R.R., Fournier, L.L., Cerisola, C.I., Gelati, P., García, M.G., 2006. Particle-size distribution in soils: a critical study of the fractal model validation. *Geoderma* 134 (3), 327–334. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.03.008>
- Gee, G.W., Boudet, J.W., 1986. Particle Size Analysis. In: A. Clute (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I Agronomy No: 9* Am Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Gee, G.W., Or, D., 2002. Particle-size analysis. In: Dane JH, Topp GC, editors. *Methods of Soil Analysis Part 4-Physical methods*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA 2002. p. 255-294.
- Gray, C.W., Allbrook, R., 2002. Relationships between shrinkage indices and soil properties in some New Zealand soils. *Geoderma*, 108(3-4), 287-299. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00136-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00136-2)
- Gunal, H., Ersahin, S., Yetgin, B., Kutlu, T., 2008. Use of Chromameter-Measured Color Parameters in Estimating Color-Related Soil Variables. *Communications in Soil Science and Plant*

- Analysis, 39(5-6), 726-740.
<https://doi.org/10.1080/00103620701879422>
- Gunal, H., Ersahin, S., Uz, B.Y., Budak, M., Acir, N., 2011. Soil particle size distribution and solid fractal dimension as influenced by pretreatments. *J. Agr. Sci.*, 17, 217-229.
- Hajnos, M., Calka, A., Józefaciuk, G., 2013. Wettability of mineral soils. *Geoderma*, 206, 63-69.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.04.019>
- Hamarshid, N.H., Othman, M.A., Hussain, M.A.H., 2010. Effects of soil texture on chemical compositions, microbial populations and carbon mineralization in soil. *Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.)*, 6(1), 59-64.
- Hillel, D., 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press, Inc. (London) Ltd.
- Horn, R., Smucker, A., 2005. Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. *Soil & Tillage Research*, 82(1), 5-14.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2005.01.002>
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey U.S.A.
- Jensen, J.L., Schjønning, P., Watts, C.W., Christensen, B.T., Munkholm, L.J., 2017. Soil texture analysis revisited: Removal of organic matter matters more than ever. *PLoS ONE* 12(5): e0178039.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178039>
- Kabala, C., Zapart, J., 2012. Initial soil development and carbon accumulation on moraines of the rapidly retreating Werenskiöld Glacier, SW Spitsbergen, Svalbard archipelago. *Geoderma*, 175-176, 9-20.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.01.025>
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III Toprak Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim Araştırma Geliştirme Vakfı Yayınları No.3.
- Karup, D., Moldrup, P., Paradelo, M., Katuwal, S., Norgaard, T., Greve, M.H., de Jonge, L. W., 2016. Water and solute transport in agricultural soils predicted by volumetric clay and silt contents. *J. Contam. Journal of Hydrology* 192, 194-202.
<https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2016.08.001>
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A, editor. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. Madison, WI. p 425-42.
- Kilmer, V.J., Alexander, L.T., 1949. Methods of making mechanical analyses of soils. *Soil Science*, 68(1), 15-24.
- Kone, B., Yao-Kouamé, A., Ettien, J.B., Oikeh, S., Yoro, G., Diatta, S., 2009. Modelling the relationship between soil color and particle size for soil survey in Ferralsol environments. *Soil and Environment*, 28(2), 93-105.
- Kunze, G.W. Dixon, J.B., 1986. Pretreatment for mineralogical analysis. In: *Methods of Soil Analysis: Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd edn (ed. A. Klute), pp. 91-100. Agronomy Monograph No 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Lamorski, K., Pachepsky, Y., Sławiński, C., 2008. Using support vector machines to develop pedotransfer functions for water retention of soils in Poland. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72(5), 1243-1247. <http://doi:10.2136/sssaj2007.0280N>
- Mikutta, R., Kleber, M., Kaiser, K., Jahn, R., 2005. Review: Organic matter removal from soils using hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, and disodium peroxodisulfate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69, 120-135.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0120>
- Mohammadi, M.H., Meskini-Vishkaee, F., 2013. Predicting soil moisture characteristic curves from continuous particlesize distribution data. *Pedosphere*, 23(1), 70-80.
[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60081-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60081-2)
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (Ed) 2nd Ed. SSS of Am. Inc. Pub., Madison, Wisconsin.
- Nimmo, J., 2004. Porosity and pore size distribution. *Encycl. Soils Environ.* 3, 295- 303.
- Polakowski, C., Sochan, A., Bieganski, A., Ryzak, M., Földényi, R., Tóth, J., 2014. Influence of the sand particle shape on particle size distribution measured by laser diffraction method. *International Agrophysics*, 28(2), 195-200.
- Rhoades, J., Chandavi, D., Lesch, S.F., 1999. *Soil Salinity Assessment Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurement* FAO Irrigation and Drainage Paper 57 Rome.
- Schjønning, P., Keller, T., Obour, P.B., McBride, R.A., 2017. Predicting soil particle density from clay and soil organic matter contents. *Geoderma*. 286, 83-87.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.020>
- Scott, E. E., Rothstein, D. E., 2014. The dynamic exchange of dissolved organic matter percolating through six diverse soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 69, 83-92.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.052>
- Sepaskah, A.R., Tafteh, A., 2013. Pedotransfer function for estimation of soil-specific surface area using soil fractal dimension of improved particle-size distribution. *Arch. Acker. Pfl. Boden.*, 59(1), 93-103.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2011.602632>
- Shi, Z. H., Fang, N. F., Wu, F. Z., Wang, L., Yue, B. J., Wu, G.L., 2012. Soil erosion processes and

- sediment sorting associated with transport mechanisms on steep slopes. *Journal of Hydrology*, 454, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.004>
- Skopp, J. M., 1999. "Physical properties of primary particles." *Handbook of Soil Science*. Sumner, M. E., (Ed.). A3-17. CRC press.
- Stanchi, S.E., Bonifacio, E.Z., Perfect, E., 2008. Chemical and physical treatment effects on aggregate breakup in the 0- to 2-mm size range. *Soil Sci. Soc. Am. J* 72(5), 1418-1421. doi:10.2136/sssaj2007.0413N
- Walkiewicz, A., Bulak, P., Brzezińska, M., Włodarczyk, T., Polakowski, C., 2012. Kinetics of methane oxidation in selected mineral soils. *International Agrophysics*, 26(4), 401-406.
- Wilding, L.G., 1985. Spatial Variability: Its Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds), *Soil Spatial Variability*, Pudoc, Wageningen, pp. 166- 193.



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.624749

Oryza sativa *Osmyb4* geni aktarılmış transgenik patatesten *Osmyb4* gen ifadesinin tuzluluk toleransına etkisi

Gülsüm Aydın

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Konya, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: agulsum@selcuk.edu.tr, gkalemtas@gmail.com

Geliş/Received 26/09/2019 Kabul/Accepted 29/11/2019

ÖZET

Bu çalışmada *Osmyb4* geni ile transforme edilmiş patatesten, MYB4'ün tuz toleransına olan potansiyel etkileri araştırılmıştır. Daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmada *Osmyb4* geni aktarılmış transgenik patates bitkilerinin yüksek konsantrasyonda tuz içeren ortamda, gen aktarılmamış bitkilerden daha iyi fizyolojik gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu noktadan hareketle MYB4'ün patatesten tuz toleransına etkisini araştırmak amacıyla, transgenik bitkiler (TR) ve gen aktarılmamış bitkiler (WT) 300 mM tuz stresine tabi tutularak elektrolit salınımı, malondialdehit (MDA) miktarı, nispi su içeriği (RWC), hidrojen peroksit (H₂O₂) konsantrasyonu, klorofil içeriği ve prolin miktarı belirlenmiştir. Bunların yanı sıra literatürde tuz stresi ile ilişkili olduğu belirtilen *NAC072*, *NAC024*, *CDPK4* ve *P5CS* genlerinin ekspresyonu gerçek zamanlı kantitatif PCR (qRT-PCR) aracılığı ile incelenmiştir. Biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler elektrolit salınımı, prolin miktarı ve H₂O₂ miktarı bakımından WT bitkiler ile TR bitkiler arasında anlamlı bir farklılık olmadığını ortaya koymuştur. RWC transgenik S2 hattında transgenik olmayan bitkilere kıyasla anlamlı oranda (P < 0.05) yüksek bulunmuştur. MDA miktarı her iki transgenik hatta (S2 ve M48) WT bitkilere kıyasla anlamlı oranda düşük bulunmuştur. qPCR analizi sonucunda elde edilen relatif ekspresyon değerleri, S2'de *NAC072* geninin ekspresyon seviyesinin WT ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak (P < 0.05) yüksek olduğunu göstermiştir. *NAC024* ve *P5CS* genlerinin ekspresyon seviyeleri de transgenik bitkilerde transgenik olmayanlara oranla yüksek bulunmuştur. *CDPK4* geninin ekspresyon seviyesi ise S2 bitkileri ile WT bitkilerde birbirine yakın seviyede tespit edilmiştir. Elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde MYB4 transkripsiyon faktörünün RWC, MDA miktarı ve stresle ilişkili çeşitli genlerin ekspresyon seviyesini etkilemek suretiyle tuz stresi tolerans mekanizmasında rol oynayabileceğine işaret etmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Abiyotik stres
MYB4
Patates
Transgenik
Tuzluluk

Effect of *Osmyb4* gene expression on salinity tolerance of potato transformed with *Oryza sativa* *Osmyb4* gene

ABSTRACT

In this study, potential involvement of MYB4 in salt tolerance of potato transformed with *Osmyb4* was investigated. In our previous studies transgenic potato plants heterologously expressing *Osmyb4* gene displayed better growth compared to non-transgenic plants upon exposure to high salt concentrations. These results have led to a detailed analysis of potential involvement of MYB4 in salt tolerance of potato. For this purpose transgenic (TR) and non-transgenic (WT) plants were subjected to 300 mM salt concentrations and electrolyte leakage, malondialdehyde level (MDA), relative water content (RWC), the amount of hydrogen peroxide (H₂O₂), chlorophyll content and the level of proline was identified. The expression of certain genes reported to be involved in salinity tolerance, namely, *NAC072*, *NAC024*, *CDPK4* and *P5CS* was also investigated by quantitative real time PCR (qRT-PCR). The data obtained through biochemical tests showed that there were no significant difference between WT and TR plants with respect to electrolyte leakage, proline content and H₂O₂ content. RWC was significantly higher (P < 0.05) in the transgenic line S2 compared to TR plants. MDA content in both transgenic lines

Keywords:

Abiotic stress
MYB4
Potato
Salinity
Transgenic

© OMU ANAJAS 2020

(S2 and M48) were found to be significantly lower compared to WT plants. Relative expression data obtained by qPCR analysis revealed that expression of *NAC072* was significantly higher in S2 compared to WT ($P < 0.05$). Expression level of *NAC024* and *P5CS* genes were also higher in transgenic plants compared to non-transgenic WT. On the other hand expression level of *CDPK4* was similar in WT and transgenic lines. The results have indicated that MYB4 transcription factor may regulate salt stress tolerance mechanism in potato by affecting RWC, MDA content and expression of certain stress related genes.

1. Giriş

Biyotik ve abiyotik stres faktörleri bitki gelişimini önemli ölçüde sınırlandırmakta ve tarımda büyük verim kayıplarına yol açmaktadır (Bray ve ark., 2000; Mahajan ve Tuteja, 2005). Dünyada 800 milyon hektardan daha fazla bir alanda tuzluluk sorunu bulunmaktadır ve bu alan dünyadaki toplam karasal alanın %6'sını oluşturmaktadır. Toprakta yüksek oranda bulunan tuz, bitkileri iki farklı yolla etkilemektedir. Yüksek orandaki tuz hem bitkinin kökleri aracılığıyla topraktan suyu almasını zorlaştırmakta (ozmotik stres) hem de iyonik toksisiteye yol açabilmektedir (Munns ve Tester, 2008). Osmotik stres hücre genişlemesinin ve sürgün gelişiminin yavaşlamasına neden olur. Osmotik stresin devamında ortaya çıkan iyon toksisitesi evresinde ise, ortamda artmış Na ve Cl iyonları K^+ , Ca^{+2} ve NO^{-3} gibi gerekli besin elementleri ile rekabet ederek bitkilerde, besin eksikliği veya besin dengesizliğine yol açar (Hu ve Schmidhalter, 2005). Tuz stresine maruz kalan bitkiler genotipik farklılıklara bağlı olarak çok farklı cevaplar verirler (Dajic, 2006). Bu strese karşı verilen farklı büyüme cevapları sadece farklı bitki türleri için değil aynı türün farklı çeşitleri için dahi geçerli olabilmektedir (Munns, 2002). Bitkilerdeki tuza tolerans mekanizmalarından biri, Na^+ ve Cl^- iyonlarının köklerden, gövde ve yapraklara taşınımının kısıtlanmasıdır. Örneğin arpa, pasif alım ile kök hücrelerine giren Na^+ ve Cl^- iyonlarını sahip olduğu bariyerler sayesinde yeşil aksama iletmemekte ve bu şekilde tuza yüksek tolerans göstermektedir (Poljakoff-Mayber ve Gale, 1975). Tuza toleranslı olan türlerde Na^+ ve Cl^- iyonlarının organlar ve dokulardaki dağılımı önemlidir. Tuz stresine toleransı yüksek olan bitkilerin en iyi bilinen özelliklerinden biri Na^+ ve Cl^- iyonlarının daha çok yaşlı yapraklarda tutulması ve genç yapraklara iletilmemesidir (Wolf ve ark., 1991).

Bitkiler sahip olduğu doğal adaptasyon mekanizmaları aracılığı ile stres faktörlerine dirençli olabileceği gibi çeşitli manipülasyonlarla da stres toleransları arttırılabilir. Bu amaçla çeşitli ıslah yöntemlerinin yanı sıra bazı biyoteknolojik yöntemler de kullanılabilir. Stres koşullarına dirençli bitki elde edebilmek amacıyla yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri bitkilere gen transferi yapmaktır (Wang ve ark., 2003). Transkripsiyon faktörlerini (TF) kodlayan çeşitli genlerin bitkilere aktarımı yaygın olarak uygulanan yaklaşımlardan biridir. TFler bitkilerin abiyotik strese verdiği cevabın oluşturulmasında kilit rol oynamaktadırlar (Golldack ve ark., 2014). Çeşitli MYB TFleri abiyotik stres cevabının düzenlenmesindeki rolü

açısından çalışılmıştır (Li ve ark. 2015). MYB TFleri DNA'ya bağlanmayı sağlayan MYB domaini ile karakterize edilirler ve bu domaindeki sekans tekrar sayısına bağlı olarak 4 alt aileye ayrılırlar (1R-MYB, R2R3-MYB, 3R-MYB ve 4R-MYB) (Du ve ark., 2009; Dubos ve ark., 2010). Bitkilerdeki en yaygın transkripsiyon faktör (TF) ailelerinden biri olan MYB TFleri sekonder metabolizmanın düzenlenmesi, hücre morfogenezinin kontrolü, meristem oluşumunun regülasyonu, çiçek ve tohum gelişimi gibi çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal proseslerde rol oynarlar. Ayrıca bazıları da savunma, biyotik/abiyotik stres cevabının oluşturulması ile ışık ve hormon sinyal yollarında rol oynarlar. Bitkilerdeki MYB proteinlerinin çok büyük bir kısmı iki tekrar içeren R2R3-MYB alt ailesine dahildir. R2R3-MYB TFlerinin çeşitli bitkilerde tanımlanmış 100'den fazla üyesi bulunmaktadır. Bu TFler primer ve sekonder metabolizma, hücre akıbeti ve kimliği, gelişme ve biyotik/abiyotik stres cevabı gibi bazı bitkiye özgü proseslerin kontrol edilmesinde önemli rol oynarlar (Chen ve ark., 2005; Dubos ve ark., 2010). MYB4 transkripsiyon faktörü de R2R3-MYB alt ailesine dahil TFlerden biridir.

Arabidopsis thaliana'da tanımlanan *AtMyb4*'ün sinamat 4-hidroksilaz (C4H) enzimini baskılamak suretiyle UV koruyucu bir bileşik olan sinapoil malatın birikimini düzenlediği tespit edilmiştir (Hemm ve ark., 2001; Jin ve ark., 2000). *Oryza sativa*'da tanımlanan *Osmby4* geninin çeltikteki ekspresyonunun ise soğukta absisik asit (ABA) bağımsız yolak ve patojenler aracılığı ile uyarıldığı görülmüştür. *Osmby4*'ün ekspresyonu PAL2, ScD9, SAD ve COR15a gibi soğukla indüklenen promotörleri aktive etmiştir. Bu genin Arabidopsiste aşırı ekspresyonu, büyük bir kısmı biyotik ve abiyotik stresle ilişkili olan 250'den fazla genin aktive olmasına sebep olmuştur. Transgenik bitkiler, stres cevabının oluşturulmasında önemli rolü olan çeşitli metabolitleri (prolin, şeker, alanin, glisin betain, aromatik bileşikler vb.) transgenik olmayan bitkilere oranla daha hızlı bir şekilde ve daha yüksek oranda akümüle etmişlerdir. Elde edilen moleküler ve biyokimyasal sonuçlar gen aktarılmış bitkilerin biyotik (virüs, bakteri ve fungus) ve abiyotik (soğuk, donma, kuraklık, tuzluluk, UV, ozon) stres toleransının, gen aktarılmamış olan bitkilere oranla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Vannini ve ark. 2004; Vannini ve ark. 2006). Arabidopsis'te yapılan bir başka çalışmada *Osmby4* ekspresyonunun transgenik bitkilerde kuraklık toleransını artırdığı tespit edilmiştir (Mattana ve ark., 2005). Domateste de

Arabidopsistekine benzer şekilde transgenik bitkilerdeki *Osmby4* ekspresyonunun kuraklık toleransını artırdığı belirlenmiştir. Transgenik domates bitkilerinin virüs hastalıklarına karşı daha dirençli olduğu tespit edilirken soğuk toleransında herhangi bir artışa rastlanmamıştır (Vannini ve ark., 2007). Elmada aşırı ekspres edilen *Osmby4* geni ise transgenik bitkilerin soğuk ve kuraklığa karşı fizyolojik ve biyokimyasal adaptasyonlarını artırmıştır (Pasquali ve ark., 2008). Benzer şekilde *Osteospermum ecklonis*'te de şeker ve prolin gibi metabolitler daha yüksek oranda akümüle olmuş ve bu durum bitkilerin soğuk ve donma stresine karşı toleransında artışa neden olmuştur (Laura ve ark., 2010). Daha önce tarafımızdan yapılmış olan bir çalışmada *Osmby4* geni ifade eden transgenik patates bitkileri elde edilmiştir. Transgenik bitkilerin yüksek konsantrasyonda tuz içeren ortamda gen aktarılmamış bitkilere oranla daha iyi gelişim gösterdiği belirlenmiştir (Aydın ve ark., 2014). Vannini ve ark. (2006) 300 mM NaCl uygulaması sonucunda *Osmby4* geni aktarılmış transgenik Arabidopsis bitkilerinin yaklaşık % 50'sinin hayatta kaldığını, transgenik olmayan Arabidopsis bitkilerinin ise tümünün öldüğünü göstermişlerdir. Yapılmış olan çalışmada sadece strese maruz bırakılan bitkilerdeki hayatta kalma oranları incelenmiş olduğu için MYB4'ün tuz tolerans mekanizmasındaki rolünün aydınlatılmasına yönelik bir veri bulunmamaktadır.

Tuz stresi, hücre bölünmesini ve uzamasını etkilemek suretiyle, bitkilerde kök ve gövdede hücre sayısının, mitotik aktivitenin ve hücre bölünme oranının azalmasına neden olur (Bursens ve ark., 2000). Bunun bir sonucu olarak bitkinin gövde ile kök uzunluğunda ve ağırlığında azalma; yapraklarda küçülme ve sayılarında azalma; yaprak yüzeyindeki mumsu tabaka ile kutikula tabakasında incelme; vasküler doku farklılaşmasında ve gelişiminde azalma meydana gelir (Mohammad ve ark., 1998; Reddy ve Iyengar, 1999). Dolayısıyla, daha önce yapmış olduğumuz çalışmada (Aydın ve ark., 2014) *Osmby4* geni ile transforme edilmiş patates bitkilerinin, transgenik olmayanlara oranla yüksek tuz konsantrasyonlarında daha iyi gelişim göstermesi, MYB4'ün tuz stresine tolerans sağlayabileceğine işaret etmiştir. Yapılan bu çalışmada ise çeşitli biyokimyasal testler ve gen ekspresyon analizleri aracılığı ile MYB4 transkripsiyon faktörünün patatesta regüle ettiği çeşitli metabolik reaksiyonların ve genlerin açığa çıkarılması ve böylece tuz stresi tolerans mekanizmasındaki potansiyel rolünün aydınlatılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki çeşitleri

Çalışmalarda gen aktarılmamış patates bitkileri (*Solanum tuberosum* L. cv. Kennebec) ile bu bitkilere *Osmby4* geni aktarılması sonucunda elde edilen transgenik patates hatları (S2 ve M48) kullanılmıştır. S2

hattı *Osmby4* genini konstitütif bir promotor olan CaMV35S promotörü kontrolünde taşıyan bir plazmit barındıran *Agrobacterium tumefaciens* (EHA105) aracılığıyla transforme edilmiştir. M48 ise *Osmby4* genini soğukla indüklenen bir promotor olan Cor15a kontrolünde ifade eden bir transgenik hattır. Gen aktarılmamış kontrol bitkileri bundan sonraki kısımlarda WT (wild type) gen aktarılmış bitkiler ise TR (transgenik) bitkiler olarak adlandırılacaktır.

2.2. Bitkilerin büyütülmesi ve tuz stresinin uygulanması

Doku kültüründe büyütülen 4 haftalık bitkiler iklimlendirme kabinine aktarılmış ve 24±1 °C'de 16/8 saat ışık/karanlık altında Hoagland solüsyonu (Hoagland ve Arnon, 1950) içeren su kültüründe 7 gün büyütülmüştür. Su kültürüne adaptasyonu sağlanan WT ve TR fidelere, Hoagland solüsyonuna 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM ve 300 mM konsantrasyonlarında NaCl ilave etmek suretiyle 7 gün tuz stresi uygulanmıştır. Bitki gelişimini sınırlayan tuz konsantrasyonu 300 mM olarak belirlenmiş ve 7. günde yapraklardan örnek alınarak biyokimyasal analizlerde kullanılmıştır.

2.3. Fizyolojik ve biyokimyasal analizler

Tuz uygulamasından sonra WT ve TR bitkilerin yapraklarından örnekler alınarak çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal analizler yapılmıştır. Bütün analizler 3 kez tekrar edilmiş ve her bir tekrarda 2 bitki kullanılmıştır.

Nispi su içeriğinin belirlenmesi için WT ve TR bitkilerin yapraklarından örnek alınmış ve öncelikli olarak yaş ağırlıkları (WM) belirlenmiştir. Numuneler oda sıcaklığında 24 saat süreyle distile suda bekletildikten sonra tekrar tartım yapılarak turgid ağırlıkları (TM) belirlenmiştir. Daha sonra dokular 70 °C'de 48 saat bekletilerek kuru ağırlıkları (DM) belirlenmiştir. Nispi su içeriği (RWC) Smart ve Bingham (1974) tarafından belirlenen eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$RWC (\%) = [WM-DM] / [TM-DM] \times 100$$

Yüksek konsantrasyonda tuz uygulamasına bağlı olarak hücre zarında oluşan hasarı belirlemek için, elektrolit salınımı ve lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA miktarı ölçülmüştür. Elektrolit salınım ölçümünden önce yaprak örnekleri 2-3 kez distile su ile yıkanarak üzerinde bulunabilecek elektrolitlerden arındırılmıştır. Örneklerinin üzerine 0.4 M mannitol solüsyonu ilave edildikten sonra 3 saat süreyle oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Bu süre sonunda örneklerin elektrolit salınım miktarı kondüktivite metre ile ölçülmüş ve C1 değeri olarak kaydedilmiştir. Tüm örnekler 10 dakika kaynayan suda tutulduktan sonra tekrar elektrolit salınım miktarı belirlenmiş ve bu değer de C2 değeri olarak kaydedilmiştir. Daha sonra

elektrolit salınım miktarı (%), $(C1/C2) \times 100$ bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır (Nanjo ve ark., 1999). MDA miktar tayini için yapraklardan alınan 0.2-0.3 g örnek, % 5'lik trikloroasetik asit (TCA) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenat santrifüjde çöktürüldükten sonra süpernetantın üzerine tiobarbitürik asit (TBA) ve TCA içeren reaksiyon karışımı ilave edilmiş ve 96 °C'de 25 dakika inkübe edilmiştir. Santrifüjde yapılan çöktürme işleminden sonra süpernetantın absorpsansı 532 ve 600 nm'de okunarak MDA miktarı hesaplanmıştır (Madhava Rao ve Srestry, 2000).

H₂O₂ miktarı Bernt ve Bergmeyer (1974)'e göre belirlenmiştir. 0.5-0.6 g yaprak örneği sıvı azotta öğütüldükten sonra potasyum fosfat tamponunda süspand edilmiştir. Homojenat filtre edildikten sonra santrifüj yapılmış ve 0.25 ml supernatant üzerine 1.25 ml peroksidadz reaktifi ilave edilmiştir. 30 °C'de 10 dakika inkübe edildikten sonra, 0.25 ml 1N perklorik asit ilave edilerek reaksiyon durdurulmuştur. 5000 g'de 5 dk santrifüj yapıldıktan sonra süpernetantın absorpsansı 436 nm'de okunmak suretiyle H₂O₂ miktarı tayin edilmiştir.

Yaprak dokusundaki prolin miktarı Bates ve ark. (1973) tarafından belirlenen yöntemle tayin edilmiştir. 0.2-0.3 g doku örneği % 3'lük sülfosalisilik asit kullanılarak homojenize edildikten sonra santrifüjde çöktürülmüştür. Daha sonra bir tüpe sırasıyla 0.2 ml asit ninhidrin, 0.2 ml % 96'lık asetik asit, 0.1 ml % 3'lük sülfosalisilik asit ve 0.1 ml süpernetant ilave edilmiştir. Tüpler 96 derecede 1 saat inkübe edildikten sonra toluen eklenerek tekrar santrifüj yapılmıştır. Süpernetantın absorpsansı 520 nm'de okunarak prolin miktarı belirlenmiştir.

Klorofil miktar tayini için WT ve TR fidelerden alınan yaprak örnekleri tartılmış ve daha sonra üzerlerine % 80'lik aseton ilave edilerek 24 saat süreyle 4 °C'de çalkalanmıştır. Örnekler 5dk 3500 rpm'de santrifüj edildikten sonra 647 ve 663 nm'deki absorpsansları belirlenmiştir. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı Lichtenthaler (1987)'e göre hesaplanmıştır.

2.4. Gen ekspresyon analizleri

Gen ekspresyon analizleri için 24 saat süreyle 150 mM tuz stresine tabi tutulmuş bitkilerin yapraklarından örnek alınmış ve toplam RNA izolasyonu (Thermo Scientific, GeneJET Plant RNA Purification Mini Kit) yapılmıştır. Stres uygulamasından hemen önce alınan örnekler kontrol olarak kullanılmıştır. Literatürde tuz stresi ile ilişkisi olduğu belirlenmiş olan bazı genlerin ekspresyonu qRT-PCR aracılığı ile incelenmiştir. Bu amaçla $\delta 1$ -pyrroline-5 carboxylate synthase 1 (*P5CS1*), kalsiyum-bağımlı protein kinaz (*StCDPK4*) ve iki farklı NAC transkripsiyon faktörünü (*StNAC024*, *StNAC072*) kodlayan genlerin ekspresyon seviyelerine bakılmıştır. *StNAC024* ve *StNAC072* genleri için Singh ve ark.

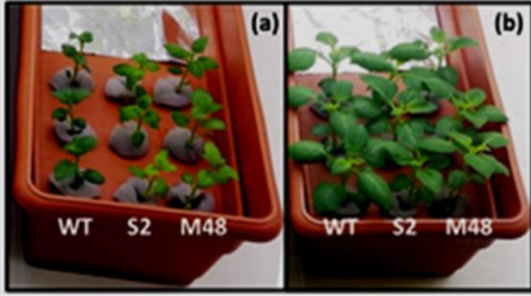
(2013) tarafından belirlenmiş olan primer dizileri kullanılmıştır. Referans gen olarak kullanılan *efl1a* geni için Nicot ve ark. (2005) tarafından belirlenmiş olan primer dizileri kullanılmıştır. *P5CS1* ve *StCDPK4* genleri için NCBI Primer-BLAST programı kullanılarak primerler dizayn edilmiştir. Primer dizisi *P5CS1* geni için 5' primer (5'-TTAAAGAGGACGGAGCTTGC-3') ve 3' primer (5'-CAGTGCATCAGGTCGTGACT-3') şeklinde belirlenmiştir. *StCDPK4* geni için 5' primer (5'-AGTGGCGGTGAGTTGTTTGA-3) ve 3' primer (5'-GAGAATGACACGCCTCCACA-3') şeklinde primer dizileri belirlenmiştir.

qRT-PCR analizi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada toplam RNA örnekleri kullanılarak ters transkripsiyonla (Thermo Scientific, RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit) cDNA sentezlenmiştir. İkinci aşamada cDNA'lardan SYBR Green PCR Kiti kullanılarak (Thermo Scientific, Maxima SYBR Green qPCR Master Mix) PCR analizi yapılmıştır. PCR karışımı 25 μ l toplam hacimde: 12.5 μ l Maxima SYBR Green/ROX qPCR Master Mix (2X), 0,3 μ M 5' primer, 0,3 μ M 3' primer ve 2 μ l cDNA içerecek şekilde hazırlanmış ve Thermal Cycler cihazında (Applied Biosystems 7500) çoğaltım gerçekleştirilmiştir. PCR programı 95 °C'de 10 dk ve 40 döngü 94 °C'de 15 sn, 55 °C'de 30 sn, 72 °C'de 30 sn ile son olarak 72 °C'de 10 dk son uzama olacak şekilde uygulanmıştır. Örneklerin CT değerleri ve söz konusu gene ait kalibrasyon eğrisi kullanılarak herbir örnekteki hedef gen ve referans genin ekspresyon miktarları hesaplanmıştır. Hedef genin örneklerdeki normalize ekspresyon miktarı, hedef genin ekspresyon miktarının referans genin ekspresyon miktarına bölünmesiyle bulunmuştur. Herbir yaprak örneğinin kontrolü aynı bitkiden stres uygulaması öncesinde alınmış olan örnektir. Hedef genin örneklerdeki relatif ekspresyon seviyesi hedef genin normalize ekspresyon miktarının o örneğin kontrolünün normalize edilmiş ekspresyon miktarına bölünmesiyle elde edilmiştir. PCR sırasında melting eğrisi analizi de yapılmış ve tek bir PCR ürününün oluşmuş olduğu kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Doku kültüründe bir ay süreyle büyütülen WT ve TR patates bitkileri su kültürüne aktarılmış ve 15 gün büyütüldükten sonra 300 mM tuz stresine tabi tutulmuştur. Şekil 1'de su kültüründe büyütülen bitkiler gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde WT ve TR bitkilerin tuz stresi uygulamasından önce morfolojik özellikleri bakımından benzer olduğu görülmektedir. Literatürde transkripsiyon faktörlerinin aşırı ifade edilmesinin bitkilerde genellikle büyüme geriliğine neden olduğu rapor edilmiştir (Kasuga ve ark., 1999; Liu ve ark., 1998). Vannini ve ark. (2004) *Osm4* ile transforme ettikleri Arabidopsis bitkilerinde gözlemledikleri cüce fenotipin, genin ekspresyon seviyesi ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı

araştırmacı grubu söz konusu genin domateste aşırı ekspres edilmesinin ise transgenik bitkilerde herhangi bir büyüme geriliğine sebep olmadığını açıklamışlardır (Vannini ve ark., 2007). Yapılmış olan bu çalışmada da patates bitkilerinde domatestekine benzer sonuçlar elde edilmiş ve *Osmby4* genini gerek *CaMV35S* promotor gerekse *Cor15a* promotörü kontrolünde ekspres eden her iki hat (S2 ve M48) WT bitkiler ile benzer şekilde gelişim göstermiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Su kültüründe büyütülen gen aktarılmamış kontrol bitkileri (WT) ve transgenik bitkiler (S2 ve M48). (a) 1. gün (b) 15. gün.

Figure 1. Non-transgenic control (WT) and transgenic (S2 and M48) plants grown hydroponically. (a) Day-1 (b) Day-15.

Su kültüründe 15 gün büyütülen bitkilere 300 mM tuz uygulandıktan sonra WT ve TR bitkilerin

yapraklarından örnekler alınmıştır. Alınan örneklerle yapılan biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen RWC, elektrolit salınımı, MDA miktarı, H_2O_2 konsantrasyonu, prolin miktarı ve klorofil içeriği ile ilgili veriler Çizelge 1’de sunulmuştur.

RWC hücre hacmi ile yakın ilişkili bir parametredir ve bitkilerde terleme hızı ile yaprak dokusunun su rezervi arasındaki dengeyi gösteren önemli bir belirteçtir (Lugojan ve Ciulca 2011; Farquhar ve ark. 1989). Dolayısıyla RWC bir bitkinin maruz kaldığı stres sonrasında iyileşmesini ve buna bağlı olarak verimini etkilemektedir (Lilley ve Ludlow 1996). Elde edilen sonuçlar RWC’nin S2’de transgenik olmayan bitkilere kıyasla anlamlı oranda yüksek olduğunu göstermiştir. Mattana ve ark. (2005) *Osmby4* ile transforme ettikleri Arabidopsis bitkilerini 15 gün süreyle kuraklık stresine tabi tuttuklarında RWC oranında önemli bir değişim gözlemezken, gen aktarmadıkları kontrol bitkilerinde RWC’nin % 15 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda da benzer şekilde transgenik olan S2 hattının RWC düzeyinin (% 87.3) gen aktarılmamış bitkilere (% 76.3) oranla daha yüksek olması bu bitkilerin su içeriğini stres koşullarında daha iyi muhafaza edebildiklerini göstermektedir. Bu durum transgenik bitkilerde ekspres edilen MYB4 transkripsiyon faktörünün tuz stresi tolerans mekanizmasında rolü olan bazı genlerin regülasyonunda rolü olabileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 1. Biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler. Veriler, altı örneğin ortalaması \pm SEM değerlerini ifade etmektedir.

Table 1. Data obtained by biochemical analyses. The data represents mean of six samples \pm SEM.

	RWC (%)	Elektrolit salınımı (%)	MDA (nmol g ⁻¹ FW)	H_2O_2 (nmol g ⁻¹ FW)	Prolin (μ mol g ⁻¹ FW)	Toplam klorofil (mg g ⁻¹)
WT	76.3 \pm 2.7	5.7 \pm 0.9	27.7 \pm 2.0	119.8 \pm 24.3	88.8 \pm 1.5	1.8 \pm 0.2
S2	87.3 \pm 4.0*	24.0 \pm 7.0	19.4 \pm 1.0*	154.9 \pm 19.8	86.0 \pm 4.8	1.3 \pm 0.3*
M48	69.4 \pm 2.0	24.4 \pm 13.7	21.8 \pm 0.9*	68.3 \pm 12.8	85.9 \pm 2.2	1.8 \pm 0.4

* Değerler WT bitkilere oranla anlamlı farklılık göstermektedir (P < 0.05).

Stresin hücrede ilk hedef noktası olan hücre zarındaki hasarın bir göstergesi olan MDA miktarı her iki transgenik hatta WT bitkilere kıyasla anlamlı oranda (P < 0.05) düşük bulunmuştur. MYB4 transkripsiyon faktörü R2R3-MYB alt ailesine dahil TFlerden biridir. Yang ve ark. (2012) R2R3-MYB alt ailesine dahil TFlerden biri olan MYB2 ile transforme ettikleri çeltik bitkilerini 200 mM tuz stresine tabi tutmuşlardır. Tuz stresine maruz bırakılan transgenik bitkiler ile gen aktarılmayan kontrol bitkilerini MDA miktarları açısından karşılaştırdıklarında kontrol bitkilerindeki MDA oranının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar *OsmBYB2*’nin aşırı ifade edilmesinin, transgenik bitkileri tuz stresine bağlı olarak ortaya çıkan oksidatif strese karşı koruduğu ve yüksek tolerans

sağladığı yorumunu yapmışlardır. Raldugina ve ark. (2018) ise *Osmby4* ile transforme ettikleri kanola bitkilerini ağır metal stresine tabi tutmuşlardır. $CuSO_4$ uyguladıkları bitkilerde oksidatif strese bağlı olarak indüklenen lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA seviyesini ölçtüklerinde transgenik bitkilerde bu seviyenin daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Her iki araştırmacı grubunun elde ettikleri veriler çalışmamız sonucunda elde edilen veriler ile paralellik göstermektedir. S2 ve M48 transgenik hatlarında stres sonrasında kontrol bitkilerine oranla daha düşük MDA seviyelerinin tespit edilmiş olması MYB4 transkripsiyon faktörünün bu bitkileri tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı korumada rolü olabileceğini göstermektedir. Hücre zarındaki hasarın

göstergelerinden bir diğeri olan elektrolit salınımı açısından WT bitkiler ile transgenik bitkiler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

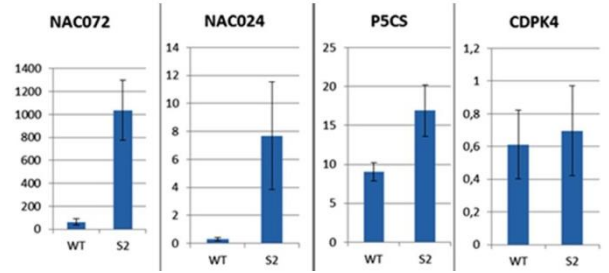
Hidrojen peroksit bitkilerde gerek normal şartlarda gerekse stres koşullarında çeşitli hücresel işlevlerde rolü olan bir moleküldür (Quan ve ark., 2008). Strese maruz kalan bitkilerde H_2O_2 oluşur ve birikerek oksidatif strese neden olur. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler hidrojen peroksitin bitkilerde bir sinyal molekülü olarak rol oynadığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla H_2O_2 konsantrasyonunun kontrolü hücre homeostazisi açısından önemlidir (Hernandez ve ark., 2010). Yapılmış olan çalışmada hidrojen peroksit konsantrasyonu S2 transgenik patates hattında WT bitkilere oranla daha yüksek, M48 hattında ise WT bitkilere oranla daha düşük olarak belirlenmiş olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Bitkilerde yaygın olarak bulunan bir aminoasit olan prolin, stres koşullarında sitozolde birikerek ozmotik dengenin ayarlanmasında görev alır. Prolin ozmotik dengeyi sağlamanın yanısıra membran ve protein gibi yapıların stabilizasyonunda, hücresel redoks potansiyelinin korunmasında, serbest radikallerin yakalanmasında ve DNA hasarının engellenmesinde de rol oynayan bir ozmoprotektandır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Gomaa ve ark. (2008) ile Mattana ve ark. (2005) *Osmby4* ile transforme ettikleri bitkileri abiyotik strese tabi tuttuklarında bu bitkilerdeki prolin miktarının transforme edilmemiş kontrol bitkilerinden daha yüksek olduğunu ve bu bitkilerin stres toleransının daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılmış olan bu çalışmada ise 300 mM tuz stresine maruz bırakılan WT ve TR bitkiler arasında prolin miktarları bakımından anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu durum transgenik bitkilerdeki *Osmby4* ifadesinin bitki türüne bağlı olarak farklı etkiler oluşturabileceğine işaret etmektedir. Genellikle stres toleransı yüksek olan bitkilerdeki prolin miktarı strese duyarlı bitkilerden daha yüksek olmaktadır (Szabados ve Savoure', 2010; Sharma ve ark., 2011; Hayat ve ark., 2012). Ancak bu ilişki her zaman bu şekilde olmamaktadır. Tuz stresine maruz bırakılan çeltik bitkilerinin yapraklarında biriken prolin, tuz toleransının değil tuza bağlı olarak oluşan hasarın bir göstergesi de olabilmektedir (Lutts ve ark., 1999). Benzer şeklide tuza toleransları bakımından farklılık gösteren iki sorgum genotipinde, tuza maruz bırakıldıklarında biriken prolin miktarının, tuzluluk toleransına bağlı olarak değil tuz stresinin bir neticesi olarak biriktiği rapor edilmiştir (de-Lacerda ve ark., 2003).

Yüksek tuz konsantrasyonları bitkilerin yapraklarındaki klorofil miktarını etkileyen bir faktördür (Munns ve James, 2003; Bhattacharya ve ark., 2004). Yüksek dozdaki tuz, klorofil sentezini engellemek ya da klorofil yıkımını hızlandırmak suretiyle klorofil miktarının azalmasına neden olabilir (Zhao et al., 2007). Thipyapong ve ark. (2004) klorofil

miktarındaki azalmanın ROS seviyesinin yüksek olması ile ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Yapılmış olan çalışmada M48 transgenik hattına ait bitkilerdeki klorofil miktarı WT bitkiler ile aynı bulunmuştur. S2 hattına ait bitkilerdeki klorofil miktarının ise WT bitkilerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Bu durum S2 hattındaki bitkilerin H_2O_2 seviyesinin M48 ve WT bitkilere oranla daha yüksek olmasıyla açıklanabilir.

qRT-PCR aracılığı ile belirlenmiş olan *P5CSI*, *StCDPK4*, *StNAC024* ve *StNAC072* genlerinin relatif ekspresyon seviyeleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Elde edilen ekspresyon değerleri kullanılarak yapılan t-test sonucunda, S2'de *NAC072* geninin ekspresyon seviyesi WT ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$). Kuraklık strese ile ilişkili *NAC* transkripsiyon faktörlerinden biri olan *NAC072*'yi yüksek seviyede ifade eden transgenik bitkilerin yüksek kuraklık toleransı gösterdikleri rapor edilmiştir (Tran ve ark., 2004). Bu çalışmada MYB4 transkripsiyon faktörünü yüksek seviyede ifade eden S2 hattına ait bitkilerde *NAC072* gen ifadesinin WT bitkilere oranla daha yüksek tespit edilmiş olması abiyotik stres koşullarında transgenik bitkilerin toleransının daha yüksek olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 2. *StNAC024*, *StNAC072*, *P5CS1* ve *StCDPK4*'ün relatif ekspresyon seviyeleri. Veriler, 3 örneğin ortalaması \pm SEM değerini ifade etmektedir. * Değerler WT bitkilere oranla anlamlı farklılık göstermektedir ($P < 0.05$)

Figure 2. Relative expression levels of *StNAC024*, *StNAC072*, *P5CS1* and *StCDPK4*. The data represents mean of three samples \pm SEM. *The values are significantly different compared to WT ($P < 0.05$).

NAC024 geninin ekspresyon seviyesi de transgenik bitkilerde transgenik olmayanlara oranla yüksek bulunmuştur. Singh ve ark. (2013) patatesteki *NAC* genlerinin genom düzeyindeki ifade profillerini inceledikleri çalışmalarında *NAC024* geninin tuz stresine bağlı olarak indüklendiğini ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri bu veri *NAC024* transkripsiyon faktörünün tuz strese tolerans mekanizması ile ilişkili olabileceğine işaret etmektedir. Yapılan bu çalışmada *NAC024* gen ifadesinin TR bitkilerde WT bitkilere oranla daha yüksek olması patatesteki heterolog olarak ifade edilen MYB4 transkripsiyon faktörünün tuz strese tolerans

mekanizması ile ilişkili diğer genleri aktive etmek suretiyle bitkileri tuz stresine karşı koruyabileceğini göstermektedir.

Hücre içi prolin akümülayonu bitkilerin ozmotik strese karşı verdikleri yaygın bir metabolik tepkidir ve P5CS geni bu yolaktaki anahtar enzimdir (Pérez-Arellano ve ark., 2010). Yapılmış olan bu çalışmada S2 hattına ait bitkilerdeki P5CS geninin ekspresyon seviyesi transgenik olmayanlara oranla istatistik olarak anlamlı düzeyde olmamakla birlikte yüksek bulunmuştur. Ancak prolin miktarları incelendiğinde TR bitkiler ile WT bitkiler arasında bir fark görülmemiştir. Gen düzeyindeki farklılığın metabolit düzeyinde görülmemiş olması bitkilerin gen ifade düzeyleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmamasından kaynaklanıyor olabileceği gibi transkripsiyon sonrası gerçekleşen çeşitli regülasyon mekanizmalarından da kaynaklanıyor olabilir.

Kalsiyum bağımlı protein kinazlar (CDPK) bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyen, aynı zamanda biyotik ve abiyotik stres tepkilerini regüle eden enzimlerdir (Hettenhausen ve ark., 2013). Yapılmış olan çalışmada CDPK4 geninin ekspresyon seviyesi S2 bitkileri ile WT bitkilerde birbirine yakın seviyede tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Yapılan çalışmalar, WT bitkilere oranla S2 transgenik hattında RWC değerinin daha yüksek olduğunu, her iki transgenik hatta MDA değerlerinin daha düşük olduğunu ve abiyotik stresle ilişkili NAC072, NAC024 ve P5CS genlerinin ifade seviyelerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bir bütün olarak değerlendirildiğinde, MYB4 transkripsiyon faktörünün patatesten heterolog ekspresyonunun stresle ilişkili çeşitli biyokimyasal prosesleri ve bazı genlerin ekspresyon seviyelerini etkilemek suretiyle abiyotik stres tolerans mekanizmasının düzenlenmesinde etkili bir transkripsiyon faktörü olabileceğine işaret etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü tarafından 16401046 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Aydın, G., Yucel, M., Chan, M.-T., Oktem, H.A., 2014. Evaluation of abiotic stress tolerance and physiological characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Kennebec) that heterologously expresses the rice *Osmyb4* gene. Plant Biotechnology Reports, 8(3): 295-304. doi:10.1007/s11816-014-0322-7

- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39: s. 205–207. DOI:10.1007/BF00018060
- Bernt, E., Bergmeyer, H.U., 1974. Inorganic Peroxides, In: Bergmeyer, H.U. (Eds). Methods of enzymatic analysis. Academic Press. pp. 2246-2248.
- Bhattacharya, R. C., Maheswari, M., Dineshkumar, V., Kirti, P. B., Bhat, S. R., Chopra, V. L., 2004. Transformation of *Brassica oleracea* var. capitata with bacterial betA gene enhances tolerance to salt stress. Scientia Horticulturae, 100: 215–227. doi:10.1016/j.scienta.2003.08.009
- Bray, E. A., Bailey-Serres, J., Wewrtilnyk, E., 2000. Responses to abiotic stresses. In: Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L. (Eds.). Biochemistry & molecular biology of plants. Rockville, Md.: American Society of Plant Physiologists. pp. 1158-1249.
- Burssens, S., Himanen, K., Cotte, B.V., Beekman, T., Montagu, M.V., Inze, D. Verbruggen, N., 2000. Expression of Cell Cycle Regulatory Genes and Morphological Alterations in Response to Salt Stress in *Arabidopsis thaliana*. Planta, 211: 632-640. doi:10.1007/s004250000334
- Chen, R. M., Ni, Z. F., Nie, X. L., Qin, Y. X., Dong, G. Q., Sun, Q. X., 2005. Isolation and characterization of genes encoding Myb transcription factor in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Science, 169(6): 1146-1154. doi:10.1016/j.plantsci.2005.07.018
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11: 11-34.
- Dajic, Z., 2006. Salt Stress, Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. 345p, Dordrecht, The Netherlands.
- de-Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Prisco, J.T., 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environ Exp Bot, 49:107–120. doi:10.1016/s0098-8472(02)00064-3
- Du, H., Zhang, L., Liu, L., Tang, X. F., Yang, W. J., Wu, Y. M., Huang, Y. B., Tang, Y. X., 2009. Biochemical and molecular characterization of plant MYB transcription factor family. Biochemistry-Moscow, 74(1): 1-11. doi:10.1134/s0006297909010015
- Dubos, C., Stracke, R., Grotewold, E., Weisshaar, B., Martin, C., Lepiniec, L., 2010. MYB transcription factors in *Arabidopsis*. Trends Plant Sci, 15: 573–581. doi:10.1016/j.tplants.2010.06.005
- Farquhar, G.D., S.C. Wong, J.R. Evans, K.T. Hubic, 1989. Photosynthesis and gas exchange. In: H.G. Jones, T.J. Flowers & M.B. Jones (Eds.), Plant under Stress. pp 47–69. Cambridge University Press, Cambridge.

- Golldack, D., Li, C., Mohan, H., Probst, N., 2014. Tolerance to drought and salt stress in plants: Unraveling the signaling Networks. *Front. Plant Sci*, 5: 151. doi:10.3389/fpls.2014.00151
- Gomaa, A. M., Raldugina, G. N., Burmistrova, N. A., Radionov, N. V., & Kuznetsov, V. V., 2011. Response of transgenic rape plants bearing the *Osmyb4* gene from rice encoding a trans-factor to low above-zero temperature. *Russian Journal of Plant Physiology*, 59(1): 105–114. doi:10.1134/s1021443711060070
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., Ahmad, A., 2012. Role of proline under changing environments. *Plant Signaling & Behavior*, 7(11): 1456–1466. doi:10.4161/psb.21949
- Hemm, M.R., Herrmann, K.M., Chapple, C., 2001. *AtMYB4*: a transcription factor general in the battle against UV. *Trends in Plant Science*, 6(4): 135-136. doi:10.1016/s1360-1385(01)01915-x
- Hernandez, M., Fernandez-Garcia, N., Diaz-Vivancos, P., Olmos, E., 2010. A different role for hydrogen peroxide and the antioxidative system under short and long salt stress in *Brassica oleracea* roots. *J Exp Bot*, 61: 521–535. doi: 10.1093/jxb/erp321
- Hettenhausen, C., Yang, D.-H., Baldwin, I. T., Wu, J., 2013. Calcium-dependent protein kinases, CDPK4 and CDPK5, affect early steps of jasmonic acid biosynthesis in *Nicotiana attenuata*. *Plant Signaling & Behavior*, 8(1): e22784. doi: 10.4161/psb.22784
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347: 1-32.
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and Salinity: A Comparison of Their Effects on Mineral Nutrition of Plants. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*, 168: 541-549. doi:10.1002/jpln.200420516
- Jin, H., Cominelli, E., Bailey, P., Parr, A., Mehrtens, F., Jones, J., Tonelli, C., Weisshaar, B., Martin, C., 2000. Transcriptional repression by *AtMYB4* controls production of UV-protecting sunscreens in *Arabidopsis*. *EMBO J*, 19(22): 6150-6161. doi:10.1093/emboj/19.22.6150
- Kasuga, M., Liu, Q., Miura, S., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K., 1999. Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. *Nature Biotechnology*, 17(3): 287-291. doi:10.1038/7036
- Laura, M., Consonni, R., Locatelli, F., Fumagalli, E., Allavena, A., Coraggio, I., Mattana, M., 2010. Metabolic response to cold and freezing of *Osteospermum ecklonis* overexpressing *Osmyb4*. *Plant Physiol Biochem*, 48(9): 764-771. doi:10.1016/j.plaphy.2010.06.003
- Li, C., Ng, C.K.-Y., Fan, L.-M., 2015. MYB transcription factors, active players in abiotic stress signaling. *Environ. Exp. Bot.*, 114: 80–91. doi:10.1016/j.envexpbot.2014.06.014
- Lichtenthaler HK.: Chlorophyll and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembrances za Colowick S.P., Kaplan N.O. *Methods in Enzymology*. Vol. 148. Pp. 350–382. Academic Press, San Diego – New York – Berkley – Boston – London – Sydney – Tokyo – Toronto 1987.
- Lilley, J.M., Ludlow, M.M., 1996. Expression of osmotic adjustment and dehydration tolerance in diverse rice lines. *Field Crop Res*, 48: 185–197. doi:10.1016/s0378-4290(96)00045-7
- Liu, Q., Kasuga, M., Sakuma, Y., Abe, H., Miura, S., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., 1998. Two transcription factors, *DREB1* and *DREB2*, with an *EREBP/AP2* DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 10(8): 1391-1406. doi:10.1105/tpc.10.8.1391
- Lugojan, C., Ciulca, S., 2011. Evaluation of relative water content in winter wheat. *J. Hortic. Fores. Biotechnol.*, 15: 173–177
- Lutts, S., Majerus, V., Kinet, J.-M. 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa*) seedlings. *Physiol Plant*, 105:450–458. doi:10.1034/j.1399-3054.1999.105309.x
- Madhava Rao, K.V., Srestry, T.V., 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeon pea in response to zinc and nickel stress. *Plant Science*, 157: 113-128. doi:10.1016/s0168-9452(00)00273-9
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2): 139-158. doi:10.1016/j.abb.2005.10.018
- Mattana, M., Biazzi, E., Consonni, R., Locatelli, F., Vannini, C., Provera, S., Coraggio, I., 2005. Overexpression of *Osmyb4* enhances compatible solute accumulation and increases stress tolerance of *Arabidopsis thaliana*. *Physiologia Plantarum*, 125(2): 212-223. doi:10.1111/j.1399-3054.2005.00551.x
- Mohammad, M., Shibli, R., Ajlouni, M. Nimri, L., 1998. Tomato Root and Shoot Responses to Salt Stress Under Different Levels of Phosphorus Nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21(8): 1667-1680.
- Munns, R. Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681. doi:10.1080/01904169809365512
- Munns, R., 2002. Salinity, Growth and Phytohormones, *Salinity: Environment-Plants-Molecules*. Kluwer Academic Publishers, 522p, Dordrecht, The Netherlands.
- Munns, R., James, R.A., 2003. Screening method for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant Soil*, 253: 201-218. doi:10.1023/a:1024553303144
- Nanjo, T., Kobayashi, M., Yoshiba, Y., Kakubari, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., 1999. Antisense suppression of proline degradation improves tolerance to freezing and salinity in

- Arabidopsis thaliana*. FEBS Lett, 461: 205–210. doi:10.1016/s0014-5793(99)01451-9
- Nicot, N., Hausman, J.F., Hoffmann, L., Evers, D., 2005. Housekeeping gene selection for real-time RT-PCR normalization in potato during biotic and abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 56(421): 2907-2914. doi:10.1093/jxb/eri285
- Pasquali, G., Biricolti, S., Locatelli, F., Baldoni, E., Mattana, M., 2008. *Osmyb4* expression improves adaptive responses to drought and cold stress in transgenic apples. *Plant Cell Rep*, 27(10): 1677-1686. doi:10.1007/s00299-008-0587-9
- Pérez-Arellano, I., Carmona-Álvarez, F., Martínez, A. I., Rodríguez-Díaz, J., Cervera, J., 2010. Pyrroline-5-carboxylate synthase and proline biosynthesis: From osmotolerance to rare metabolic disease. *Protein Science*, 19: 372-382. doi:10.1002/pro.340
- Poljakoff- Mayber, A., Gale, J., 1975. *Plant in Salin Environments*. Springer-Verlag, 213p, Berlin.
- Quan, L.J., Zhang, B., Shi, W.W., Li, H.Y., 2008. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50: 2–18. doi:10.1111/j.1744-7909.2007.00599.x
- Raldugina, G. N., Maree, M., Mattana, M., Shumkova, G., Mapelli, S., Kholodova, V. P., ... Kuznetsov, V. V., 2018. Expression of rice *OsMyb4* transcription factor improves tolerance to copper or zinc in canola plants. *Biologia Plantarum*, 62(3): 511–520. doi:10.1007/s10535-018-0800-9
- Reddy, M.P., Iyengar, E.R.R., 1999. *Crop Responses to Salt Stress: Seawater Application and Prospects*, Handbook of Plant Crop Stress, 1198p, New York.
- Sharma, S., Villamor, J.G., Verslues, P.E., 2011. Essential role of tissuespecific proline synthesis and catabolism in growth and redox balance at low water potential. *Plant Physiology*, 157: 292–304. doi:10.1104/pp.111.183210
- Singh, A.K., Sharma, V., Pal, A.K., Acharya, V., Ahuja, P.S., 2013. Genome-wide organization and expression profiling of the NAC transcription factor family in potato (*Solanum tuberosum* L.). *DNA Research*, 20: 403–423. doi:10.1093/dnares/dst019
- Smart, R.E., Bingham, G.E., 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol*, 53: 258–260. DOI: 10.1104/pp.53.2.258
- Szabados, L., Savoure, A., 2010. Proline: a multifunctional aminoacid. *Trends Plant Sciences*, 15:89–97. doi:10.1016/j.tplants.2009.11.009
- Thipyapong, P., Melkonian, J., Wolf, D.W., Steffens, J.C., 2004. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. *Plant Sci.*, 167: 693-703. doi:10.1016/j.plantsci.2004.04.008
- Tran, L.S., Nakashima, K., Sakuma, Y., Simpson, S.D., Fujita, Y., Maruyama, K., Fujita, M., Seki, M., Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., 2004. Isolation and functional analysis of *Arabidopsis* stress-inducible NAC transcription factors that bind to a drought-responsive cis-element in the early responsive to dehydration stress 1 promoter. *Plant Cell*, 16: 2481–2498. doi:10.1105/tpc.104.022699
- Vannini, C., Locatelli, F., Bracale, M., Magnani, E., Marsoni, M., Osnato, M., Mattana, M., Baldoni, E., Coraggio, I., 2004. Overexpression of the rice *Osmyb4* gene increases chilling and freezing tolerance of *Arabidopsis thaliana* plants. *Plant Journal*, 37(1): 115-127. doi:10.1046/j.1365-313x.2003.01938.x
- Vannini, C., Iriti, M., Bracale, M., Locatelli, F., Faoro, F., Croce, P., Pirona, R., Di Maro, A., Coraggio, I., Genga, A., 2006. The ectopic expression of the rice *Osmyb4* gene in *Arabidopsis* increases tolerance to abiotic, environmental and biotic stresses. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 69(1-3): 26-42. doi:10.1016/j.pmpp.2006.12.005
- Vannini, C., Campa, M., Iriti, M., Genga, A., Faoro, F., Carravieri, S., Rotino, G. L., Rossoni, M., Spinardi, A., Bracale, M., 2007. Evaluation of transgenic tomato plants ectopically expressing the rice *Osmyb4* gene. *Plant Science*, 173(2): 231-239. doi:10.1016/j.plantsci.2007.05.007
- Wang, W. X., Vinocur, B., Altman, A., 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1): 1-14. doi:10.1007/s00425-003-1105-5
- Wolf, O., Munns, R., Tonnet, M., Jeschke, W. D., 1991. The Role of the Stem in the Partitioning of Na⁺ and K⁺ in Salt-Treated Barley. *J. of Exp. Bot.*, 42: 278-282. doi.org/10.1093/jxb/42.6.697
- Yang, A., Dai, X., Zhang, W.-H., 2012. A R2R3-type MYB gene, *OsMYB2*, is involved in salt, cold, and dehydration tolerance in rice. *Journal of Experimental Botany*, 63(7): 2541–2556. doi:10.1093/jxb/err431
- Zhao, G.Q., Ma, B.L., Ren, C.Z., 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Sci.*, 47: 123-131. doi:10.2135/cropsci2006.06.0371



Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi Pürüzlülük Parametresinin Belirlenmesi

Reşat Akgöz^{a*}, Kenan İnce^b, Günay Erpul^c

^{a, c} Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye

^b T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: resatakgoz@gmail.com

Geliş/Received 11/10/2019 Kabul/Accepted 20/11/2019

ÖZET

Ulusal boyutta rüzgâr erozyonunun tahmin edilebilmesi ve izlenmesi amacıyla, dinamik ve güncellenebilir veri tabanlarına sahip Yenilenmiş Rüzgâr Erozyonu Eşitliği [YREE] modelini esas alan Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi (UDREMİS) geliştirilmiştir. İklim, toprak, topoğrafya, bitki örtüsü ve yönetim parametrelerinden oluşan YREE modeline ait topoğrafya ana faktörü içerisinde değerlendirilen pürüzlülük parametresinin belirlenmesine yönelik bilgiler bu yayında verilmektedir. Pürüzlülük parametresi, rüzgâr erozyonu içinde rüzgâr hızını azaltma ve hız profilini değiştirme konusunda büyük öneme sahiptir. Ulusal ölçekte rüzgâr erozyonunun değerlendirilmesinde kullanılan pürüzlülük parametresi, Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu (COoRdination of INformation on the Environment-CORINE) arazi örtüsü/arazi kullanımı veri tabanı kullanılarak hesaplanmıştır. CORINE veri tabanında bulunan 44 sınıfa ek olarak 12 ülkesel sınıf 14 pürüzlülük sınıfı ile ilişkilendirilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Tüm ülke yüzeyi geliştirilen model ile 25 ha büyüklüğünde altıgenlere bölünmüş ve her bir altıgen içerisinde bulunan pürüzlülük sınıflarının alansal ortalamaları hesaplanarak her bir altıgen için bir pürüzlülük katsayısı hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre ortalama pürüzlülük parametresinin topoğrafyaya bağlı olarak Karadeniz, Akdeniz ve Ege gibi bölgelerde sırasıyla 0.39, 0.33 ve 0.32 olduğu, eğimin nispeten daha az olduğu Güney Doğu ve İç Anadolu gibi bölgelerde ise 0.14 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:
CORINE
Pürüzlülük
Rüzgâr Erozyonu
Yenilenmiş Rüzgâr
Erozyonu Eşitliği
(YREE)

Determination of Roughness Parameter of National Dynamic Wind Erosion Model and Monitoring System

ABSTRACT

The National dynamic wind erosion Equation (UDREMIS) has been developed to predict and monitor wind erosion at national level), based on the Revised Wind Erosion Equation (RWEQ) model with dynamic and updatable databases. This publication provides information on determining the roughness parameter which is evaluated within the topography main factor of RWEQ model consisting of climate, soil, topography, vegetation and management parameters. The roughness parameter is of great importance in reducing wind speed and changing speed profile within wind erosion. The roughness parameter used to evaluate wind erosion on a national scale was calculated using the Coordination of Information on the Environment-CORINE Land Cover/land use database. In addition to the 44 classes in the CORINE database, the required calculations were made by associating the 12-country class with the 14 roughness classes. The whole country surface was divided into 25 ha sized hexagons with the developed model and the area averages of the roughness classes in each hexagon were calculated and a roughness coefficient was calculated for each hexagon. According to the findings, the mean roughness parameter was found to be 0.39, 0.33 and 0.32 respectively in regions such as Black Sea, Mediterranean and Aegean, and 0.14 in regions such as South East and Central Anatolia, where the slope is relatively less.

Keywords:
CORINE
Roughness
Wind Erosion
Revised Wind Erosion
Equation (RWEQ)

© OMU ANAJAS 2020

1. Giriş

Doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve yönetimi denildiğinde akla ilk gelen konulardan biri toprak erozyonu ve bunun çevreye olan etkileridir. Bilindiği üzere iklim, toprak, topografya ve bitki örtüsü birbirini bütünleyen ve yaşam döngüsünü organize eden en temel arazi unsurlarındandır. Bu nedenlerden dolayı insanoğlu farklı disiplinler altında, özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve gıda güvenliği ile bağdaşık olarak, yıllar boyu bu unsurların etkileşimini ve sonuçlarını araştırmıştır. Toprak erozyonu da bu etkileşimin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Çeşitli kaynaklara göre ülkemizin %90'ında kurak ve yarı kurak iklim koşulları hâkimdir. Topraklarımızın ancak %14'ünde organik madde kapsamı %2'den fazladır, buna karşı %64'ünde bu oran %1'in altındadır. Etkili toprak derinliğine bakılacak olursa, işlemeli tarıma elverişli olmayan arazilerin %37.2 seviyelerinde olduğu bilinmektedir (Anonim 1978; Anonim 1987; Çanga ve Erpul 1994). Bütün bunlar göz önüne alındığında ülkemiz topraklarının erozyona duyarlılığının fazla olduğu ve yeterli koruma önlemi alınmazsa geri dönüşü olmayan evrelere girilebileceği söylenebilir.

Ülkesel ölçekte su ve rüzgâr erozyonu çalışmaları, Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (TOB ÇEMGM) bünyesinde son yıllarda ivme kazanmıştır. ÇEMGM tarafından yapılan değerlendirmelere göre ülkemizde çok şiddetli rüzgâr erozyonuna sahip toplam 1.292.771 ha alanın varlığı tespit edilmiştir (İnce ve ark., 2019). Küresel iklim değişikliği ile birlikte ülkemizin daha kurak bir döneme gireceği ve iklimsel öngörülerin gerçekleşmesi durumunda rüzgâr erozyonu şiddeti ve etki alanının da artacağı ifade edilmektedir (Kömüşçü ve ark., 2003; Karaca ve ark., 2008;). Sürdürülebilir Toprak Yönetimi (STY) ve Sürdürülebilir Arazi Yönetiminin (SAY) benimsendiği ve büyük oranda uygulamaya konulduğu ülkelerde, bilimsel bilginin etkin kılınması amacıyla toprak, su, topografya ve bitki örtüsü kaynaklarının envanter çalışmalarının iyi bir biçimde ortaya konulduğu bilinmektedir. Kaldı ki söz konusu kaynakların planlanması ve bu kaynaklara bağlı toprak erozyonu tehlikesinin değerlendirilmesi ve izlenmesi için günümüz bilgi teknolojileri yeterli altyapıyı sağlamaktadır.

Türkiye'de son yıllarda ülke ölçeğinde veri setlerinin geliştirilmesi ile birlikte parsel ölçeğinden havza ve ülke ölçeğine doğru değişen boyutlarda erozyon tahminleri yapmak mümkün olmuştur. Özellikle rüzgâr erozyonuyla etkin mücadele edebilmek ve oluşabilecek zararları en aza indirmek amacıyla, öncelikle olası erozyon tehditlerinin doğru senaryolar

altında tahmin edilmesi ve değerlendirmelerin noktasal değil bölgesel veya ülke ölçeğinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda SAY ve STY gibi kavramların önem kazandığı günümüzde, değişik konumsal ölçeklerde erozyon kontrol çalışmalarını planlamak, korumalı doğal kaynak kullanımını sağlamak, mühendislik çalışmalarında kullanılmak üzere bilimsel ve model tabanlı çalışmaların yapılması Türkiye'de bir zorunluluk haline gelmiştir (Erpul ve ark., 2016).

Son yıllara kadar yapılan çalışmalarda toprak erozyonu değerleri ve alanları ulusal ölçekte model yaklaşımıyla ortaya konulamamıştı. Ancak ÇEMGM tarafından, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation [Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği]) eşitliği esas alınarak su erozyonu sonucu taşınan sediment miktarını hesaplayan Dinamik Erozyon modeli ve İzleme Sistemi (DEMİS) kullanıma hazır hale getirilmiş ve elde edilen sonuçlar yayınlanmıştır (Erpul ve ark., 2018).

Aynı zamanda yine ÇEMGM tarafından geliştirilen UDREMİS yardımıyla ülkesel, nehir havzaları ve bölgesel ölçekte rüzgâr erozyonu ile meydana gelen toprak kayıpları alansal ve zamansal olarak izlenebilir duruma gelmiştir. Bu yayında YREE modelinin ana faktörlerinden olan topografyaya bağlı pürüzlülük parametresinin elde edilmesine yönelik detaylı bilgi verilmektedir. Arazi pürüzlülük faktörü, rüzgâr hız ve profilini değiştirme konusunda büyük öneme sahiptir. Örneğin sırtlı toprak hazırlığında sırt yüksekliğinin 6 cm olması durumunda rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarının %50 oranında azalması mümkün olup, sırtlı toprak hazırlığında da sırt yüksekliği ve sırt aralığı arasındaki mesafenin $\frac{1}{4}$ oranında korunması gerektiği belirtilmiştir (Woodruff ve Siddoway, 1965). Hali hazırda uygulanmakta olan anızlı tarım, bitki artıklarının kullanılması, çiftlik gübresi uygulamaları gibi pek çok etkenin de amacının arazi pürüzlülüğünü arttırmaya yönelik olduğu uygulamacılar tarafından bilinmektedir. Görünen odur ki pürüzlülük parametresi YREE modelinin en önemli unsurlarından biridir.

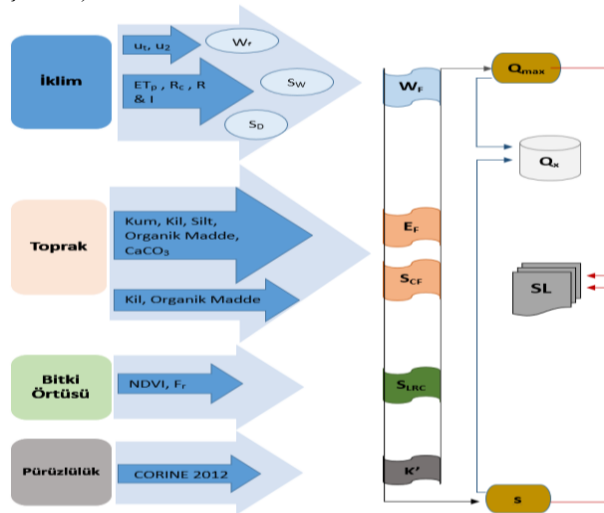
2. Materyal ve Yöntem

Ulusal ölçekte rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarını belirlemek amacıyla YREE modeli (Fryrear et al., 2000) dikkate alınarak güncellenebilir ve dinamik veritabanlarından oluşan UDREMİS sistemi 2016 yılında ÇEM tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Geliştirilecek sistemin karar verici ve doğal kaynak yönetimi uzmanlarına alanda yapılacak çalışmalarda yol göstermesi, yapılan iyileştirmelerin sistem üzerinden izlenmesi hedeflenmiştir.

YREE FAKTÖRÜ	Simge	DEĞİŞKEN	Birim	GÖSTERGE	ÖLÇÜM TEKNİĞİ
İklim Faktörü (W_F)	u_1	Rüzgâr hızı eşik değeri	$m\ sn^{-1}$	Rüzgâr hızı, sıcaklık, rüzgâr yönü	Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu Verisi
	u_2	Rüzgâr hızı	$m\ sn^{-1}$	Rüzgâr hızı	
	E_{TP}	Potansiyel evapotranspirasyon	mm	Rüzgâr hızı, sıcaklık, solar radyasyon	
	R_d	Yağmurlu gün sayısı	gün	Yağış	
	$R \& I$	Yağış miktarı	mm	Yağış	
Toprak Faktörü	SD	Kar yüksekliği	cm	Yağış	
	OM	Organik madde içeriği	%	Organik madde	Toprak Örnekleme
	Sc	Kil içeriği	%	Kil	
	Si	Silt içeriği	%	Silt	
Bitki Örtüsü Faktörü (C_{OG})	Sa	Kum içeriği	%	Kum	
	$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat içeriği	%	Kireç	
	S_{LR}	Artık kapalılığı	%	Bitki artığı	Vejetasyon örnekleme ve izlenmesi
Arazi Pürüzlülük Faktörü (K_{tot})	S_{LRS}	Artık boyu	cm	Bitki artığı	
	S_{LRC}	Bitki kapalılığı	%	Vejetasyon	
	R_R	Rastgele pürüzlülük	cm	Sırt yüksekliği ve boşluğu	Pürüzlülük örnekleme ve izlenmesi
	O_R	Doğrusal pürüzlülük	cm		

Çizelge 1. YREE modeli, ana parametrelerine ait veri tabanları ve alt değişkenler
Table 1. RWEQ model, databases and sub variables of main parameters

YREE modeli parametreleri ulkesel ölçekte, ulkesel veri tabanları kullanılarak oluşturulmuştur (Çizelge 1 ve Şekil 1).



Şekil 1. YREE model yapısı eşitlik hesaplamaları akış şeması (İnce vd. 2019)

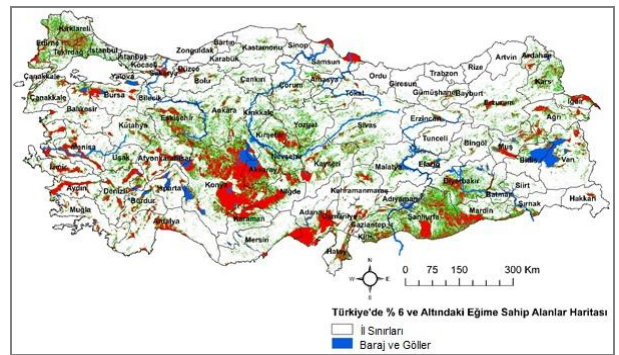
Figure 1. RWEQ model structure, flowchart

2.1 Çalışma Alanı

Rüzgâr erozyonunun genellikle yüzde altı (% 6) ve altındaki eğimlerde düz ve düze yakın geniş alanlarda meydana geldiği kabulü bulunmaktadır (İnce ve ark., 2018). Bu maksatla tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde %6 ve altındaki eğime sahip alanlar Sayısal Yükseklik Modeline (SYM) (DEM: Digital Elevation Model) göre

belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeye göre (Şekil 2) Türkiye'de yaklaşık olarak 17 milyon ha alan %6 ve altındaki eğime sahip alanlar olarak ortaya konulmuştur.

Model bu alanlar kapsamında gerekli hesaplamaları yapmaktadır. Ancak diğer parametreler gibi pürüzlülük parametresinin de temelini oluşturan ve altı yılda bir hazırlanan CORINE (2012) arazi örtüsü/arazi kullanım verileri ulkesel ölçekte üretildiği için pürüzlülük parametresi de ulkesel ölçekte ortaya konulmuştur. Böylece ulkesel ölçekte pürüzlülüğün yayılışı da değerlendirilmek istenmiştir.



Şekil 2. Türkiye'de %6 ve altındaki eğime sahip alanlar haritası

Figure 2. Slope map of Turkey (sloping fields ≤ 6)

2.2 CORINE Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Veritabanı

Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi (Coordination of Information on the Environment,

CORINE) Avrupa Birliği GMES (Global Monitoring for the Environment and Security) Çevre ve Güvenlik için Küresel İzleme programı kapsamındaki önemli arazi yönetimi projelerinden biridir.



Şekil 3. CORINE projesinin uygulandığı ülkeler (29 üye, 6 aday ülke) <http://www.eea.europa.eu>

Figure 3. CORINE project implemented countries (29 members, 6 candidate countries) <http://www.eea.europa.eu>

Projenin amaçlarından biriside Avrupa Çevre Ajansı kıstaslarına göre ülkelerin “Arazi Kullanım” haritalarının oluşturulması, bütün üye devletler için belirlenmiş öncelikli konulara göre çevrenin durumu ile ilgili bilgilerin toplanması, üye devletler içinde ya da uluslararası düzeyde, arazi ile ilgili bilgilerin uyumlu hale getirilmesidir (Bossard et al., 2000).

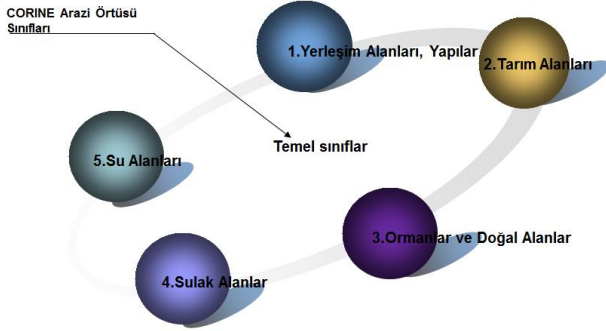
2.3 CORINE Sınıflandırma Sistemi

Avrupa Çevre Ajansı 5 adet temel (Şekil 4), 44 adet alt arazi kullanımı sınıfı belirlemiş ve Avrupa Birliği arazi örtüsünü bu sınıflar çerçevesinde şekillendirmiştir. Aynı zamanda ülkemize özgü olarak 12 adet TR adıyla 4. seviye sınıf kullanılmaktadır (Çizelge 2).

1- Yapay Alanlar		3- Orman ve Yarı Doğal Alanlar	
111	Sürekli Şehir Yapısı	311	Geniş Yapraklı Ormanlar
TR-1121	Kesikli Şehir	312	İğne Yapraklı Ormanlar
TR-1122	Kesikli Kırsal	313	Karışık Ormanlar
121	Endüstriyel ve ticari birimler	321	Doğal Çayırliklar
122	Karayolları Demiryolları ve İlgili Alanlar	323	Sklerofil Bitki Örtüsü
123	Limanlar	324	Bitki Değişim Alanları
124	Havaalanları	331	Sahiller Kumsallar Kumluklar
131	Maden Çıkarım Alanları	TR-3321	Çıplak Kayalıklar
132	Boşaltım Sahaları	TR-3322	Çıplak Kayalıklar (Tuzlu)
133	İnşaat Sahaları	333	Seyrek Bitki Alanları
141	Yeşil Şehir Alanları	334	Yanmış Alanlar
142	Spor ve Eğlence Alanları	335	Buzul ve Kalıcı Kar
2- Tarımsal Alanlar		4- Sulak Alanlar	
TR-2111	Kuru Tarım Alanları	411	Bataklıklar
TR-2112	Kuru Tarım Alanları (Sera)	421	Tuz Bataklığı
TR-2121	Sulu Tarım Alanları	422	Tuzlalar
TR-2122	Sulu Tarım Alanları (Sera)	5- Su Yapıları	
213	Çeltik Tarlaları	511	Su Yolları
221	Üzüm Bağları	512	Su Kütleleri
TR-2221	Sulanmayan Meyve	521	Kıyı Lagünleri
TR-2222	Sulanan Meyve	522	Nehir Ağzları
223	Zeytinlikler	523	Deniz ve Okyanuslar
231	Meralar		
TR-2421	Sulanmayan Karışık Tarım		
TR-2422	Sulanan Karışık Tarım		
243	Doğal Bitki Örtüsüyle Birlikte Bulunan Tarım Alanları		

Çizelge 2. CORINE arazi örtüsü/ arazi kullanımı sınıfları (<http://www.eea.europa.eu>)

Table 2. Corine land cover / land use classes (<http://www.eea.europa.eu>)



Şekil 4. CORINE arazi örtüsü temel 1. seviye sınıfları
<http://www.eea.europa.eu>

Figure 4. Corine land cover base 1. level classes
<http://www.eea.europa.eu>

2.4 Pürüzlülük Değerlerinin CLC Veritabanı ile Eşleştirilmesi

Arazi pürüzlülük değerlerinin arazi örtüsü değerleri ile eşleştirilebilmesi için arazi örtüsü sınıfları karakteristikleri dikkate alınarak 14 sınıfta toplanmıştır (Çizelge 3). Bilindiği üzere CLC projesi gerçekleştirilirken pürüzlülük ve pürüzlülük uzunluğu gibi unsurlar dikkate alınmamıştır. Ancak hem Avrupa’da hem de ülkemizde pürüzlülük verilerini elde edebilmek amacıyla ülke sathını örten bir veri tabanı olduğundan dolayı çeşitli bilimsel çalışmalar ile devşirilmiştir.

Corine Sınıfları & Kodları	Sınıf Görünümleri	Pürüzlülük (m)			
		Sınıf Üst Alt Değerleri	Türkiye	KNMI Rüzgâr Atlası	
Sürekli Şehir Yapısı(111)		1.1-1.3	1,2	1.6	1
Geniş Yapraklı Ormanlar(311); İğne Yapraklı Ormanlar(312); Kanşık Ormanlar(313)		0.6-1.2	0,75	0.75	0.8
Yeşil Şehir Alanları(141); Bitki Değişim Alanları(324); Yarımş Alanları(334)		0.5-0.6	0,6	1.1	
Kesikli Şehir(1121); Kesikli Kırsal(1122); İnşaat Sahaları(133); Endüstriyel ve ticari binalar(121); Spor ve Eğlence Alanları(142); Limanlar(123)		0.3-0.5	0,5	0.1-0.5	0.5
Sulanmayan Kanşık Tarım(2421); Sulanmayan Kanşık Tarım(2422);Doğal Bitki Örtüsüyle Birlikte Bulunan Tarım Alanları(243);		0.1-0.5	0,3		0.1-0.3
Üzüm Bağları(241); Sulanmayan Meyve(2221); Sulanmayan Meyve(2222); Zeytinlikler(223)		0.1-0.3	0,1	0.39	0.03-0.1
Karayolları Demiryolları ve İlgili Alanlar(122)		0.05-0.1	0,075	0.1	
Kuru Tarım Alanları(2111); Kuru Tarım Alanları (Sera) (2112); Sulu Tarım Alanları(2121); Sulu Tarım Alanları (Sera)(2122); Piriç Tarlaları(213); Bataklıklar(411); Tuz Bataklığı(421)			0,05	0.03- 0.07- 0.17	0.03- 0.05
Doğal Çayırıklar(321); Sklerofil Bitki Örtüsü(323); Meralar(231)		0.03-0.1	0,03	0.03	0.0075
Maden Çıkarım Alanları(131); Boşaltım Sahaları(132); Havaalanları(124); Çıplak Kayalıklar(3321); Çıplak Kayalıklar (Tuzlu)(3322); Seyrek Bitki Alanları(333)			0,005	0.0003- 0.001	0.01- 0.005
Buzul ve Kalıcı Kar(335)					0.001
Tuzlular(422); Turbalıklar(412)			0,0005		
Sahiller Kumsallar Kumluklar(331)			0,0003	0.0003- 0.06	0.0003
Su Yolları(511); Su Kütelleri(512); Kıyı Lagünleri(523); Nehir Ağzları(522); Deniz ve Okyanuslar(521)			0	0.001	0.0001

Çizelge 3. Türkiye, KNMI ve Rüzgâr Atlasında CLC sınıflarına ait kullanılan pürüzlülük değerleri (Silva, J. vd., 2007’ den faydalanılarak düzenlenmiştir)

Table 3. Roughness values used for CLC classes in Turkey, KNMI and Wind Atlas (Silva, J. et al., edited using 2007)

Öncelikle Avrupa Rüzgâr Atlası çalışmalarında (Troen ve Peterson, 1989) CLC sınıfları ile rüzgâr pürüzlülük katsayıları arasındaki ilişki araştırılmış ve pürüzlülük sınıfları CLC sınıflarına bütünleşik hale getirilmiştir. Daha sonra ise pürüzlülük ve CLC sınıfı karşılaştırmaları ile Avrupa Rüzgâr Atlası çalışmalarında kullanılan değerlerin doğrulaması Hollanda Krallık Meteoroloji Enstitüsü (Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) KNMI HYDRA Project. 1998) tarafından yapılmıştır. Son olarak ise (Silva, J. et al., 2007) Portekiz ve İspanya'da CLC sınıfları ile pürüzlülük değerleri çalışılmış, pürüzlülük alt üst sınır değerleri belirlenmiştir (Painho, M. et al., 2005) (Çizelge 3).

Ülkemizde ise rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarının belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük faktörü değerleri (Silva, J. et al., 2007) tarafından üretilen değerler esas alınarak gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Böylece YREE modeli için gerekli olan pürüzlülük değerleri UDREMİS veri tabanına işlenmiştir.

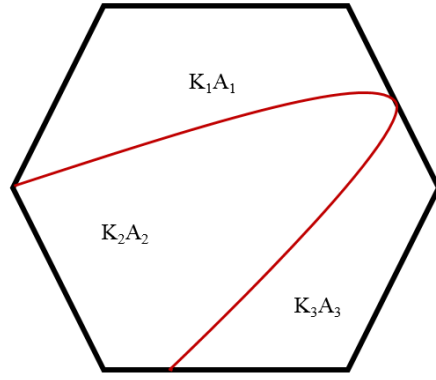
2.5 Pürüzlülük Parametresinin Oluşturulması

CLC projesinde en küçük poligon birimi 25 ha'dır. YREE modelinde pürüzlülük katmanı (Pürüzlülük yüzeyi) oluşturabilmek, alansal olarak büyük-küçük poligonları tekdüze bir desen haline getirebilmek için öncelikli olarak ülkemiz 25 ha'lık alan büyüklüğünde altigenlere bölünmüştür. En küçük arazi kullanımı birimi 25 ha olduğu için bu büyüklük tercih edilmiştir. Avrupa da yapılan benzer çalışmalarda 25 ha'lık daireler kullanılmış, fakat dairelerin arasında kalan alanlarda veri kayıpları yaşanacağından dolayı ülkemizde altigenler tercih edilmiştir.

Pürüzlülük katsayısı belirlenirken Şekil 5'de gösterildiği gibi her bir 25 ha'lık altigen alanı içinde bulunan farklı arazi kullanım alanları, büyüklüklerine göre eşitlik 1 yardımıyla ağırlıklı olarak hesaplanmış ve tüm altigenlere ait tek bir pürüzlülük katsayı değeri elde edilmiştir.

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n K_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

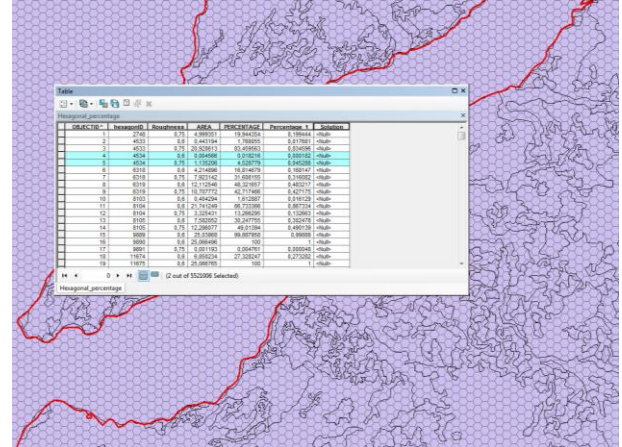
Burada q, Ağırlıklı Pürüzlülük Katsayısı; K, Uygulama Alanındaki Pürüzlülük Katsayısı ve A, Uygulama Alanının Büyüklüğünü (ha) ifade etmektedir. $i=1..n$ ise uygulama alanı içerisindeki emsallerin dikkate alındığı alan büyüklüklerinin sayısını ifade etmektedir.



Şekil 5. YREE modeli pürüzlülük katsayısının belirlenmesinde kullanılan altigen yaklaşım şeması
Figure 5. RWEQ model hexagonal approximation scheme used to determine roughness coefficient

Altigenlerin oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak ArcGIS yardımıyla bu işe özgü bir model geliştirilmiştir.

Şekil 6'da da görüldüğü üzere ilgili modelin işletilmesiyle 3224744 adet 25 ha büyüklüğünde altigen oluşturulmuştur. Daha sonraki aşamada geliştirilen yeni bir modelle, altigenler ile CLC'den üretilen pürüzlülük katmanı çakıştırılarak, her bir altigen içerisinde pürüzlülük sınıfı alanı ve % değerleri belirlenmiştir (Şekil 6). Şekil 6'de de görüldüğü üzere bu işlem sonrasında yaklaşık 5521006 satırlık çizelgesel bir veri oluşturulmuştur.



Şekil 6. Altigen içinde bulunan pürüzlülük sınıfı alan ve oranları

Figure 6. Roughness class space and ratios found within the hexagon

Şekil 6' da görülen tablo üzerinde her bir altigen içerisinde bulunan pürüzlülük sınıfının alansal ağırlıklı ortalaması hesaplanarak her bir altigen için nihai pürüzlülük değerleri ortaya konmuştur. Çizelgesel veri ile altigen haritasının yeniden birleştirilmesi sonucunda Şekil 7'de görülen altigenler bazında tüm Türkiye için YREE pürüzlülük katmanı oluşturulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Ülkesel ölçekte YREE modeli temelli UDREMIS sistemi için pürüzlülük parametresi CORINE 2012 arazi örtüsü/arazi kullanımı verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Ülkesel ölçekte pürüzlülük parametresinin hesaplanmasında CORINE 2012 veri tabanı büyük oranda kolaylık sağlamıştır. Bu çalışmada CORINE 2012 veri tabanının sağladığı en büyük avantaj ülke yüzeyini tek parçada kapatması ve standart bir sınıflandırma sistemine sahip olmasıdır.

Pürüzlülük parametresinde en büyük etken arazilerin yüzey kapalılığıdır. CORINE arazi örtüsü/arazi kullanımı haritaları üretilmesinde pürüzlülük ile ilgili bir standart gözetilmemesine rağmen arazi örtüsü doğrudan kapalılık ve dolaylı olarak pürüzlülükle ilgilidir. Haritada da görüldüğü üzere kapalılığın yüksek olduğu alanlarda pürüzlülük değeri de yüksektir. Kapalılığın fazla aynı zamanda pürüzlülüğünde yüksek olduğu alanlarda rüzgâr erozyonuna duyarlılık düşük olacaktır.

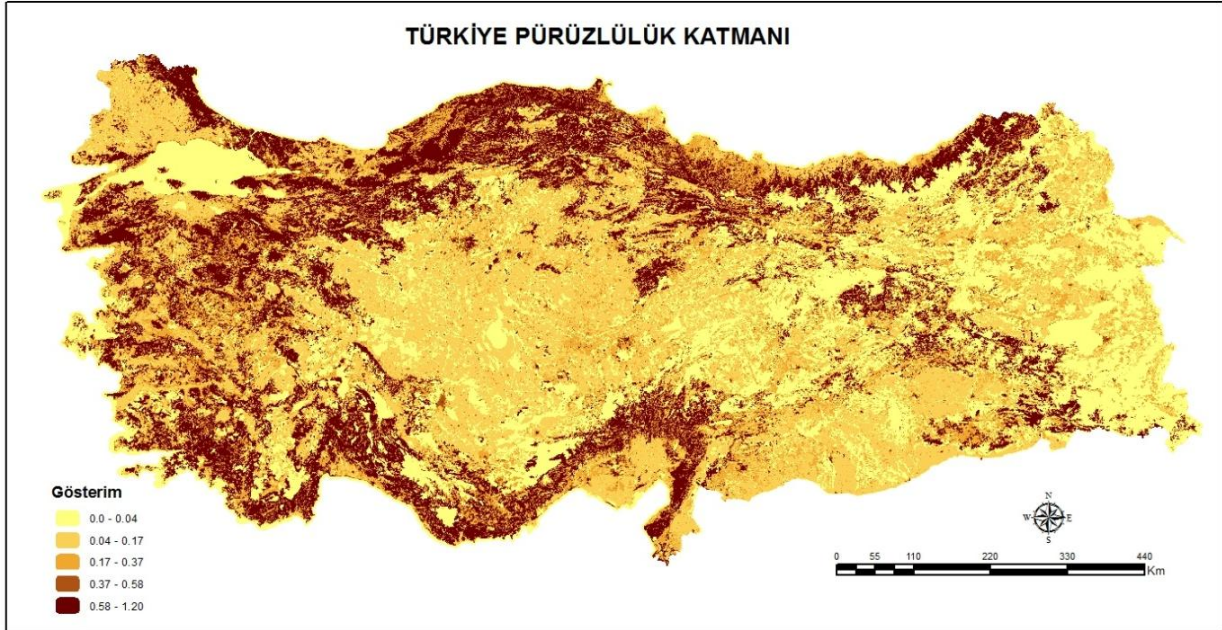
Coğrafi bölgeler düzeyinde pürüzlülük değerlerine bakılacak olunursa, pürüzlülüğün en düşük 0,13 ile Doğu Anadolu bölgesi daha sonra 0,14 ile İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Doğu Anadolu bölgesinin alansal olarak çok büyük bir kısmı dağlık ve eğimli (%6 ve üzeri) alanlardan oluşmaktadır. Ancak İç Anadolu ve

Güneydoğu Anadolu bölgelerimizin çok büyük bir bölümü düz ve düze yakın (eğim %6'nın altında) alanlardan oluşmakla birlikte şu anda sürekli toprak işleme maruz kalan aktif tarım alanlarından oluşmaktadır. Toprak işleme, eğim ve pürüzlülük açısından bu alanların rüzgâr erozyonuna oldukça duyarlı olduğu ifade edilebilir.

COĞRAFİ BÖLGELER	ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK DEĞERİ
Akdeniz Bölgesi	0.33
Doğu Anadolu Bölgesi	0.13
Ege Bölgesi	0.32
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	0.14
İç Anadolu Bölgesi	0.14
Karadeniz Bölgesi	0.39
Marmara Bölgesi	0.36

Çizelge 4. Coğrafi bölgelere göre ortalama pürüzlülük değerleri

Table 4. Average roughness values by geographic region



Şekil 7. Türkiye ölçeğinde YREE pürüzlülük katmanı
Figure 7. RWEQ roughness layer in Turkey

ÇEMGM tarafından Türkiye'de rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda da ortaya konulduğu üzere ana su havzalarına göre yapılan değerlendirmelerde çok şiddetli rüzgâr erozyonuna sahip havzaların Dicle-Fırat

ile Kızılırmak ve Konya havzaları olduğu belirlenmişti (İnce vd., 2019). Buradan da görülebileceği üzere söz konusu havzaların Güney Doğu Anadolu, Doğu Anadolu ve İç Anadolu gibi ortalama pürüzlülük değerlerinin düşük bölgeler olduğu belirlenmiştir. Bir

diğer ifade ile pürüzlülük değerinin düşük olmasının, rüzgâr erozyonu sonucu taşınabilecek sediment miktarını arttırdığı görülmektedir.

Pürüzlülük değerleri coğrafi bölgeler bazında alansal ve sınıfsal olarak değerlendirildiğinde ise Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde en düşük pürüzlülük sınıfında bulunan alanların oranı çok yüksektir (Çizelge 5). Buda bu alanlarda rüzgâr erozyonunun yüksek olması önemli nedenlerindedir. Doğu Anadolu Bölgesinde ortalama

eğimin yüksek olması rüzgâr erozyonunu büyük oranda kısıtlamaktadır. Ancak İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri için eğim değerlerinin ortalamasının da düşük olmasından dolayı bu pürüzlülük değerleri ciddi oranda tehlike oluşturmaktadır. Bu iki bölgemizin, Türkiye'nin en önemli tarım alanlarına sahip olduğu düşünüldüğünde sürekli artan nüfusumuzun gıda ihtiyacını karşılayabilmemiz için SAY-STY politikalarının bu gibi alanlarda katı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

COĞRAFİ BÖLGELER	Pürüzlülük Sınıfları				
	0,0 – 0,04	0,04 – 0,17	0,17 – 0,37	0,37 – 0,58	0,58 – 1,20
Akdeniz	1.629.726,14	1.861.516,38	1.556.637,06	1.225.828,59	2.717.646,7
Doğu Anadolu	7.090.391,09	3.353.559,6	2.168.023,08	662.944,92	847.623,7
Ege	1.151.171,76	2.353.464,33	1.803.454,06	1.263.291,55	2.337.662,32
Güneydoğu Anadolu	2.608.138,98	3.268.253,99	1.386.711,77	467.271,6	591.622,64
İç Anadolu	5.326.638,61	8.317.459,25	2.616.999,9	965.117,44	1.366.353,76
Karadeniz	1.352.348,73	2.210.112,12	2.132.819,34	1.752.566,28	4.314.971,54
Marmara	325.025,35	2.323.056,95	1.222.722,99	1.035.781,21	2.399.193,38
Toplam Alan (ha)	19.483.440,7	23.687.422,6	12.887.368,2	7.372.801,59	14.575.074,1

Çizelge 5. Coğrafi bölgelere göre ortalama pürüzlülük sınıfsal ve alansal dağılımı
Table 5. Average roughness class and area distribution by geographic region

4. Sonuç

CBS ve veri tabanı yönetim sistemlerinin etkileşimli bir şekilde kullanılması ile YREE model yapısına göre pürüzlülük parametresi belirlenmiştir. Ülkemiz koşullarında belirli dönemler halinde dinamik şekilde güncellenecek veri tabanları yardımıyla rüzgâr erozyonunun zamansal ve mekânsal değişimi izlenebilecektir. Topoğrafya ana parametresi altında değerlendirilen pürüzlülük faktörü de YREE modelini esas alan UDREMİS yazılımına dinamik, güncellenebilir şekilde kurgulandığından dolayı kolaylıkla bütünleşmiş hale getirilmiştir.

CORINE projeleri Avrupa Çevre Ajansının uyguladığı stratejiye göre 6 yılda bir güncellenmektedir. Projemizde pürüzlülük parametresi olarak CORINE 2012 verileri kullanılmıştır. Önümüzdeki süreçte ise CORINE 2018 projesi tamamlandığında, güncel CORINE 2018 pürüzlülük parametresi üretilerek UDREMİS yazılımına bütünleşik bir hale getirilecektir.

YREE modelinin tüm parametreleri pürüzlülük parametresi ile birlikte zamansal ve mekânsal ölçeklerde elde edilmiştir. UDREMİS yazılımının kullandığı analitik veri altlıkları sayesinde rüzgâr erozyonuna bağlı arazi tahribatının görüldüğü alanlarda niceliksel olarak sonuçlar alınabilmektedir. Böylece STY ve SAY bakımından arazi kullanımı planlamalarının yapılabilmesi için büyük öneme sahip altlıklar sağlanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmayı destekleyen resmi yada özel kuruluş varsa belitirilmelidir.

Kaynaklar

- Anonim, 1978. Türkiye Arazi Varlığı. Toprak Su Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim, 1987. Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1982. Türkiye Genel Toprak Haritası Sayısal Toprak Veritabanı. Türkiye Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi (UBM) Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bossard, M., Feranec, J., Otahel J., 2000. CORINE land cover technical guide – addendum 2000; European Environment Agency; Copenhagen.
- Çanga, M., Erpul, G., 1994. Toprak işlemeli Tarım Alanlarında Erozyon ve Kontrolü. Topraksu, 3(2), 14-16.
- Erpul G., Şahin S., Akgöz R., İnce K., Güden A., Çetin E., 2016. Türkiye Yağışlarının Özellikleri ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE) R Faktörü. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. s:10-22, Ankara.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., Çetin, E., 2018. Türkiye Su

- Erozyonu Atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara
- European Environmental Agency; <http://www.eea.europa.eu> (Erişim tarihi: 01.10.2019)
- Fryrear D.W., Bilbro J.D., Saleh A., Schomberg H., Stout J.E., Zobeck T.M., 2000. RWEQ: improved wind erosion technology. *Journal of Soil and Water Conservation* 55: 183–189.
- Fryrear D.W., Saleh A., Bilbro J.D., Schomberg H.M., Stout J.E., Zobeck T.M., 1998. Revised Wind Erosion Equation (RWEQ). Technical Bulletin 1, Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory, Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS.
- İnce K., Akgöz R., Erpul G., 2019. Türkiye’de Rüzgâr Erozyonu Nedeniyle Oluşan Toprak Kayıplarının Model Tabanlı Mekânsal ve Zamansal Değişiminin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Basım aşamasında.
- İnce, K., Çelik, S., Erpul, G. 2019. Determination and Mapping of Wind Erosion Soil Susceptibility Variables at the National Scale in Turkey, *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 56 (1):109-120, DOI:10.20289/zfdergi.455581
- İnce, K., Şahin, S., Erpul, G., 2018. Yenilenmiş Rüzgâr Erozyonu Eşitliği İklim Faktörünün Ulusal Ölçekte Belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7 (2), 12-20. DOI: 10.21657/topraksu.460715 (ISSN: 2146-7072 (print) e-ISSN: 2148-5534).
- Karaca, A., Öztürk, H. S., Bayramin, L, Erpul, G., Suiçmez, B.K. 2008. Küresel ısınma ve ülkemiz tarımına etkileri. *Türktarım, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi*, 179. S. 24-29.
- Kömüşçü, A. Ü., Dorum, A., ve Ceylan, A., 2003. Yağış Şiddeti ve Tekerrür Sürelerine Göre Sel ve Taşkın Riski Analizi. *JJJ. Atmosfer Bilimi Sempozyumu*, s. 28-36.
- Painho, M. and Caetano, M., 2005. *Cartografia de ocupação do solo: Portugal continental, 1985-2000; Corine Land Cover 2000*; Instituto do Ambiente, Amadora.
- Royal Netherlands Meteorological Institute; <http://www.knmi.nl> (Erişim tarihi: 01.10.2019)
- Silva, J., Ribeiro, C., Guedes, R., 2007. *Roughness Length Classification of Corine Land Cover Classes. Megajule. Pt. S.10.*
- Troen, I. and Petersen, E.L., 1989. *European Wind Atlas*; Commission of the European Communities; Riso National Laboratory, Roskilde.
- Woodruff N.P. and Siddoway F.H., 1965. A wind erosion equation. *Soil Science Society of America Journal. Proc. Vol 29*; pp 602-608.

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.673760

Bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirilebilirliği, besin maddeleri içerikleri ve enerji değerlerinin karşılaştırılması

Habip Muruz^{a,*}, Cansu Çelik^b

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author:habip.muruz@omu.edu.tr

Geliş/Received 12/01/2020

Kabul/Accepted 04/02/2020

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye’de yetiştirilen 5 arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşidinin (Karatay-94, Beyşehir, Ayrancı, Kral-97 ve Larende) kimyasal kompozisyonu, *in vitro* gaz üretimi (GÜ), organik madde sindirilebilirliği (OMS), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Arpa çeşitlerinin nişasta, ham protein (HP), asit (ADF) ve nötr çözümlüde (NDF) çözünmeyen lif içerikleri sırasıyla %50.37-53.17, %9.72-11.83, %5.38-8.52, %19.86-23.37 ve %1.23-2.95 arasında olduğu belirlenmiştir. Gaz üretimi, metabolize edilebilir enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) ve organik madde sindirimine (OMS) ait değerler de sırasıyla 42.23-46.51 mL 200 mg⁻¹ kuru madde (KM), 7.74-8.44 ve 4.56-5.0697 MJ kg⁻¹ KM ve %51.79-56.14 arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda Larende, Beyşehir, Karatay-97 ve Ayrancı çeşidinin HP içeriği hariç, ADF, NDF ve asit çözümlüde çözünmeyen lignin (ADL) içerikleri Kral-97 çeşidine göre daha düşük (P<0.001) bulunmuştur. Çeşitler arasında nişasta, GÜ ve NE_L değerleri benzer bulunurken OMS ve ME düzeyi Larende çeşidinde Kral-97’den daha yüksek saptanmıştır (P<0.05). Bu sonuçlar, incelenen arpa çeşitlerinin geviş getiren hayvanların beslenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler:
Arpa çeşidi
Enerji değeri
In vitro gaz üretim
Kimyasal kompozisyon
Sindirilebilirlik
Yem değeri

Comparison of *in vitro* gas production, organic matter digestibility, metabolizable energy and nutrient contents of the some barley varieties

ABSTRACT

This experiment was compare to determine the nutrient contents, gas production (GP), organic matter digestibility (OMD), metabolizable energy (ME) and net energy lactation (NE_L) levels of 5 barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties (Karatay-94, Beyşehir, Ayrancı, Kral-97 ve Larende) grown in Turkey. The crude protein content (CP) of barley varieties ranged from 9.72 to 11.83%; neutral detergent fiber (NDF) from 19.86 to 23.37%; acid detergent fiber (ADF) from 5.38 to 8.52% and acid detergent lignin (ADL) from 1.23 to 2.95%. Total gas production ranged from 42.23 to 46.51 mL 200 mg⁻¹ DM, ME from 7.74 to 8.44 MJ kg⁻¹ DM, NE_L from 4.56 to 5.06, OMD from 51.79 to 56.14%. As a result of this research it has been determined that ADF, NDF and ADL contents of Larende, Beyşehir, Karatay-97 and Ayrancı were significantly lower than those of Kral-97 (P<0.001), except for CP; starch, GP and NE_L were similar among barley varieties. However, OMD and ME of Larende were significantly higher (P<0.05) than those of Kral-97. These results showed that the studied barley varieties can be used successfully in the feeding of ruminant animals.

Keywords:
Barley variety
Chemical composition
Digestibility
Energy value
Feed value
In vitro gas production

1. Giriş

Arpa (*Hordeum vulgare*), Türkiye de dahil, tüm dünyada üretim miktarı ve yetiştirme alanı bakımından en önemli tahıllardan birisidir (Kızılgeci ve ark., 2018). Arpa, malt endüstrisinde ve çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılmaktadır (Kızılgeci ve ark., 2019; TUİK, 2018). Yem hammaddesi olarak kullanılan arpanın besin maddeleri ve enerji içeriği, dolayısıyla yem değeri, genetik ve çevresel koşullardan dolayı büyük farklılıklar göstermektedir (Reynolds ve ark., 1992; Sanford ve ark., 2003). Nitekim, Reynolds ve ark. (1992) 1600 arpa çeşidinin nişasta ve asit çözümlenebilirliklerinin (18 saat inkubasyon) sırasıyla %40.0 - %67, içeriği %4.6 - 18.2 ve %17.5 - %72.9 arasında olduğunu bildirmiştir. Farklı arpa genotipleri nötr çözümlenebilirlik (NDF) içeriğinin de % 12 - 20 arasında değiştiği bildirilmiştir (Fox, 2010). Dolayısıyla bu sonuçlar, arpa tanelerinin yem değerinde ve buna bağlı olarak hayvan performansında farklılıklara yol açabilecektir. Bazı araştırmacılar (Grimson ve ark., 1987; Mathison ve ark., 1991) hacim ağırlığının zayıf bir kalite göstergesi olduğunu bildirmelerine rağmen, geleneksel olarak arpa da dahil birçok tahılın kalite ölçüsü olarak bin dane ağırlığı kullanılmaktadır (Hinman ve ark., 1995). Bununla birlikte, arpa çeşitlerinin yem değeri ve dolayısıyla hayvan performansında oluşturduğu farklılıklar, bin dane ağırlığından ziyade kimyasal kompozisyon ile ilişkilidir (Grimson ve ark., 1987).

Arpanın enerji değeri, nişasta içeriğinin düşük ve selüloz, lignin ve nişasta olmayan polisakaritler, glukoz ve arabinoksilan (hemiselüloz) gibi sindirilemez lif bileşenlerinin yüksekliğinden dolayı mısır ve buğdaya göre daha düşüktür (Nikkhah, 2012). Arpa geviş getiren hayvalar, domuzlar ve kümes hayvanları için enerji kaynağı olmanın yanı sıra aynı zamanda bir protein kaynağıdır. Yüzde 9.6-14.1 arasında HP ve yaklaşık %2 ham yağ (HY) içeren arpa lizin ve teonin amino asitlerine fakir, triptofan amino asiti bakımından zengin bir enerji kaynağıdır (Biel ve Jayncno, 2013).

Arpa ruminantlar için lezzetli bir yem olup hem süt hem de özellikle besi sığırları için hazırlanan karmaların büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu hayvanlar için dengeli bir karma hazırlanabilmesi ve başarılı bir beslenme programının uygulanabilmesi, yöresel olarak üretilen arpa varyetelerinin yem değerinin bilinmesi bağlıdır. Nitekim, dünyanın farklı ülkelerinde olduğu gibi (Micek ve ark., 2005; Kowieska ve ark., 2011; Biel ve Jayncno, 2013; Sterna ve ark., 2015; Alijosius ve ark., 2016; Lee ve ark., 2016) Türkiye’de üretimi yapılan birçok arpa çeşidinin (İnal ve ark., 2000; Abaş ve ark., 2005; Alkan ve Kandemir, 2015; Oral ve ark., 2017; Sevim ve ark., 2017; Güney 2019; Kızılgeci ve ark., 2019) yem değerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yine

Türkiye’de üretimi yapılan Karatay-94, Beyşehir, Ayrancı, Kral-97 ve Larende gibi arpa çeşitlerinin dane verimi ve protein oranı gibi çeşitli özellikleri ile ilgili değişik ekolojik şartlarda çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Aydoğan ve ark., 2011; Çöken ve Akman, 2016). Dolayısıyla bu çalışma, Türkiye’de yetiştirilen ve piyasada yer alan farklı arpa çeşidinin kimyasal bileşiminin yanı sıra *in vitro* gaz üretimi (GÜ), organik madde sindirilebilirliği (OMS), metabolize edilebilir enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) içeriklerinin saptanması ve yem değerlerinin karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Yem ve hayvan materyali

Araştırmanın yem materyalini 2019 yılında Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nden elde edilen beş farklı arpa çeşidi (Karatay-94, Beyşehir, Ayrancı, Kral-97 ve Larende) oluşturmuştur. Her bir çeşide ait ikişer kg’lık 3 örnek alınmış ve ağız kilitli plastik torbalara konularak etiketlenmiş ve analizlerin yapılacağı laboratuvara (Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı) getirilmiştir. *In vitro* gaz üretiminin belirlenebilmesi için mısır silajı ve kg kuru maddede (KM) 190 g HP ve 2850 kcal ME içeren bir kesif yem karması (50/50 oranında) ile beslenen 3 baş Simmental ırkı ineğin rumen sıvısı kullanılmıştır. Florya Entegre Et Sanayi, Samsun mezbahanesinden kesimi yapılan hayvanların rumen içerikleri, 39 °C’de ve CO₂ ilave edilen termos içine alınmıştır.

2.2 Kimyasal analizler

Beş farklı arpa çeşidine ait numunelerinin besin madde analizleri 3 paralel olarak yapılmıştır. Analiz öncesi her bir çeşide ait örnekler 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüştür. Arpa örneklerinin KM, HP, HY, kül analizleri AOAC (2006) tarafından onaylanmış protokollere göre yapılmıştır. Örneklerin hücre duvarı bileşenleri NDF, ADF ve asit deterjan lignin (ADL) içerikleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından açıklandığı şekilde ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technology, 2008) ile analiz edilmiştir. Her bir arpa varyetesine ait örneklerin nişasta içeriği aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Fant ve ark., 2020).

$$\% \text{ nişasta} = \text{OM} (\%) - \text{HY} (\%) - \text{NDF} (\%) - \text{şeker} (\%)$$

Burada, OM: organik maddedir. Tüm arpa çeşitleri için şeker konsantrasyonu 28 g kg⁻¹ KM olarak alınmıştır (Feedipedia, 2020.).

2.3. *In vitro* gaz üretimi

Arpa çeşitlerinin *in vitro* sindirilebilirlikleri ANKOM GÜ sistemi kullanılarak Menke ve Steingass (1987) tarafından açıklandığı gibi belirlenmiştir. Bu amaçla 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96 saat inkübasyon sonrasında tüpler içerisinde üretilen gaz miktarları kümülatif basınç (mL) esas alınarak ölçülmüştür. Arpa örneklerinin ME, net enerji laktasyon (NE_L) ve OMS (%) değerleri, aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Menke ve Steingass, 1987).

$$\text{ME (MJ kg}^{-1}\text{ KM)} = 0.157\text{GÜ} + 0.0084\text{HP} + 0.022\text{HY} \\ - 0.0081\text{HK} + 1.06 \\ (\text{n}=200/\text{r}^2=0.94)$$

$$\text{NE}_L(\text{MJ kg}^{-1}\text{ KM)} = 0.115\text{GÜ} + 0.0054\text{HP} + 0.014\text{HY} - \\ 0.0054\text{HK} - 0.36 \\ (\text{n}=200/\text{r}^2=0.93)$$

$$\text{OMS (\% KM)} = 0.9991\text{GÜ} + 0.0595\text{HP} + 0.0181\text{HK} \\ + 9.00 \\ (\text{n}=200/\text{r}^2=0.92)$$

GÜ: 24 saatlik fermantasyon sonucu açığa çıkan gaz miktarı (mL); HP: ham protein (g kg⁻¹ KM); HY: ham yağ (g kg⁻¹ KM); HK: ham kül (g kg⁻¹ KM)

2.4. İstatistiksel analizler

Tüm veriler SPSS istatistik (SPSS, 2013; version 21.0) paket programının Compare Means procedure temelinde tek yönlü varyans analizine tabii tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkları tanımlamak için Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Ortalama farklılıklar P<0.05'te anlamlı kabul edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Besin maddeleri içeriği

Arpa varyetelerinin HP içerikleri %9.72 (Ayrancı) ve 11.91 (Karatay-94) arasında değişmiştir (P<0.05, Çizelge 1). Karatay-94, Larende, Beyşehir ve Kral-97 çeşitleri arasında HP içeriği bakımından fark bulunmamıştır (P>0.05). Arpa çeşitlerinin HP içeriği ilgili sonuçlar, Bile ve Jayncno (2013)'nın farklı arpa varyeteleri arasında HP içeriği bakımından farklılık bulunmadığı sonucunu kısmen desteklemiştir. Mevcut çalışmadaki HP içeriklerinin sonuçları bazı arpa varyetelerinin HP düzeylerinden daha düşük (İnal ve ark., 2000; Abaş ve ark., 2005; Lee ve ark., 2016; Güney 2019; Kızılgöçü ve ark., 2019), bazı arpa varyeteleri ile benzer olması (Micek ve ark., 2005; Biel ve Jayncno, 2013; Alijosius ve ark., 2016). Bu durum, varyete, iklim ve çevre gibi faktörlere bağlı olarak

topraktaki alınabilir azotun oranının tanedeki protein miktarını etkilenmesi ile ilgilidir (Elgün ve ark., 2001).

Çalışmamızda arpa çeşitlerinin HY içerikleri (%1.36-1.88) arasında farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Çizelge 1). Alijosius ve ark. (2016), bazı yazlık ve kışlık 12 arpa çeşidinin ortalama HY içeriğinin %1.58-1.71 arasında değiştiğini bildirmiştir. Mevcut ve Alijosius ve ark. (2016)'nın çalışma sonuçlarının aksine arpa çeşitlerinin HY içeriğinin %2.0-2.3 arasında değiştiği bildiren çalışmalar da vardır (Sterna ve ark., 2015).

Arpa çeşitlerinin kül düzeyleri (%1.59-2.06) arasında da istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 1). Bazı araştırmacılar (Aldemir ve Karşlı, 2012; Alkan ve Kandemir, 2015; Güney, 2019) arpanın HK içeriğinin %1.63-2.79 arasında değiştiğini saptamışlardır. Kül içeriği bakımından çeşitler arasındaki bu varyasyon, arpa danelerin arasına toprak karışması ile ilgili olabilir

Arpa varyeteleri arasında NDF (%19.86-23.37 arasında), ADF (%5.38-8.52 arasında) ve ADL (%1.23-2.95) içerikleri bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0.001, Çizelge 1). En yüksek ADF, NDF ve ADL içeriği sırasıyla Kral-97 çeşidinde, en düşük ise Larende çeşidinde belirlenmiştir (P<0.05). Yazlık ve kışlık arpa çeşitlerinin ADF, NDF ve ADL içeriklerinin Polonya'da (Kowieska ve ark., 2011) sırasıyla %10.4-10.7, 25.3-26.9 ve 1.59-2.49 arasında Litvanya'da (Alijosius ve ark., 2016) ise %6.31-6.86, %18.76-20.87 ve %1.33-1.37 arasında olduğu bildirilmiştir. Aldemir ve Karşlı (2012) arpanın ADF ve NDF değerini sırasıyla %6.73 ve 35.87 olarak tespit etmişlerdir. Alkan ve Kandemir (2015) ve Güney (2019) farklı arpa çeşitlerinde ADF içeriğinin sırasıyla %3.65-6.49 ve %6.53-9.07; NDF içeriğinin ise %23.4-42.41 ve %19.77-26.61 arasında olduğunu saptamışlardır. Mevcut ve daha önceki çalışma ADF ve NDF ile ilgili sonuçları arasında görülen farklılıkların en önemli nedeninin çeşitlerinin kavuz miktarı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda incelenen arpa çeşitlerinin kavuz oranları belirlenmemiş olmasına rağmen, arpada toplam kavuz oranının tane ağırlığının %15-25 arasında değiştiği (Rode ve Beauchemin, 1995) ve kavuzun NDF oranının > %70 (Zhao ve ark., 2015) olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada (Hoijs ve ark., 2005) ise kavuzun kimyasal kompozisyonun %23.0 selüloz, %32.7 hemiselüloz, %21.4 lignin, %1.6 asetil gruplar ve %21.3% diğer bileşenlerden oluştuğu ifade edilmiştir. İncelenen arpa çeşitlerinin besin maddeleri içerikleri ile ilgili sonuçlar, varyete, çevre ve toprak gibi faktörlerin tahılların besin maddeleri içeriğini etkilediği fikrini doğrulamaktadır (Elgün ve ark., 2001).

Endosperm, tahıl tanelerindeki nişastanın çoğu için bir saklama bölmesi görevi görür ve endosperm oranındaki fark, nişastanın konsantrasyonuna yansıtılmaktadır (Evers ve Millar, 2002). Bu çalışmada, nişasta konsantrasyonundaki gözlemlenen en büyük

fark, Larende ve Kral-97 çeşitleri arasında (%2.8) saptanmıştır (Çizelge 1). Bu çalışmada, nişasta konsantrasyonunu kimyasal analizle saptanmamış olmasına rağmen, hesap ile belirlenen değerler Holtekjolen ve ark. (2006) tarafından belirlenen değer (%51-64) arasında bulunmuştur. Micek ve ark. (2005), nişasta içeriğini yazlık arpa çeşitlerinde %62.3-67.7 arasında, kışlık arpa çeşitlerinde ise %55.4-67.2 arasında olduğunu belirlemiştir. Oral ve ark. (2017), bazı yerli arpa varyetelerinin nişasta düzeyinin %68.4-70.5; Kızılgeçi ve ark. (2019) %59.7-62.2; Güney (2019) ise %40.92-47.26 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yem maddelerindeki fermente olabilen maddelerin

Çizelge 1. İncelenen arpa çeşitlerinin besin maddeleri içeriği, % KM

Table 1. Nutrient matter composition of barley varieties, % DM

Çeşitler	OM	HP	HY	HK	ADF	NDF	ADL	Nişasta
Larende	89.55	11.83 ^a	1.88	1.59	5.38 ^c	19.86 ^c	1.23 ^c	53.17
Beyşehir	89.24	11.08 ^a	1.47	1.81	6.41 ^b	21.30 ^b	2.01 ^b	52.57
Karatay-94	88.23	11.91 ^a	1.42	2.06	6.20 ^b	21.28 ^b	2.20 ^b	50.81
Ayrancı	88.26	9.72 ^b	1.52	1.63	5.97 ^b	21.38 ^b	1.43 ^c	52.83
Kral-97	88.62	10.71 ^{ab}	1.36	1.84	8.52 ^a	23.37 ^a	2.95 ^a	50.37
OSH	0.223	0.240	0.060	0.065	0.290	0.321	0.169	0.431
<i>P</i> -değeri	0.23	0.03 [*]	0.09	0.13	<0.001 ^{***}	<0.001 ^{***}	<0.001 ^{***}	0.114

KM: Kuru madde, OM: Organik madde, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HK: Ham kül, ADF: Asit çözücüde çözünmeyen lif, NDF: Nötr çözücüde çözünmeyen lif, ADL: Asit çözücüde çözünmeyen lignin, OSH: Ortalamanın standart hatası, ^{a, b, c}: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir

Araştırmada kullanılan arpa çeşitlerinin *in vitro* OMS'leri %51.79 (Kral-97) ile 56.14 (Larende) arasında saptanmış ve çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$, Çizelge 2). Mevcut çalışmadaki OMS bulguları ile önceki araştırma bulguları tutarsız ve elde edilen değerler literatürde bildirilen sınırların altında olduğu saptanmıştır. Nitekim, Abaş ve ark. (2005), farklı arpa çeşitlerinin *in vitro* OMS değerlerinin %61.10-89.82 arasında değiştiğini bildirirken, İnal ve ark. (2000) ortalama OMS değerini %85 olarak saptanmıştır. Aynı değer başka bir *in vitro* çalışmada (Micek ve ark., 2005) yazlık ve kışlık arpa çeşitlerinde sırasıyla %78.8 ve 83.3 bildirilmiştir. Arpanın OMS sindirilebilir ile ilgili mevcut ve literatür bildirişleri arasındaki varyasyon, arpanın çeşidi, kavuz oranı, yapısal karbonhidrat içeriği, amiloz/amilopektin oranı, nişasta-lipid ve nişasta-protein kompleksinden kaynaklanmış olabilir (Grove ve ark., 2003; Gomez ve ark., 2016). Gerçekten de Grove ve ark. (2003) arpa kavuzunun, arpa samanından daha

kısa zincirli yağ asitlerine fermentasyonu sonucu üretilen GÜ miktarı (Mauricio ve ark., 2001) bakımından incelenen arpa çeşitleri arasında farklılık bulunmamıştır (Çizelge 2). Bu çalışmada kullanılan arpa çeşitlerinin GÜ miktarlarının literatürde bildirilen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Örneğin, Abaş ve ark. (2005) ve Sevim ve ark. (2017) arpanın GÜ değerlerinin sırasıyla 47.1-61.6 ve 64.0-72.5 mL 200 mg⁻¹ KM arasında değiştiğini saptanmışlardır. Çalışmalar arasındaki bu farklılıklar arpa tanelerindeki fermente olabilen maddelerin oranı ve yıkılım hızındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir (Micek ve ark., 2005).

düşük ruminal yıkımlanabilirliğe sahip olduğunu ve bu durumun OMS sindiriminde farklılıklara yol açtığı belirtilmiştir.

Bir yem maddesinin enerji (ME, NE_L) içeriği, o yem maddesinin GÜ değeri ve besin maddelerinin belli katsayılarla çarpımından elde edildiğinden, yem maddesinin enerji değeri ile bu parametreler arasında pozitif bir ilişkiden söz edilebilir. Nitekim Çizelge 1'de HP ve HY, Çizelge 2'deki GÜ değerleri incelendiğinde en düşük ve en yüksek NE_L ve ME değerler sırasıyla 4.76 ve 7.74 ve MJ kg⁻¹ KM (Kral-97) ile 5.06 ve 8.44 MJ kg⁻¹ KM (Larende) olarak saptanmıştır ($P<0.05$, Çizelge 2). Fakat, mevcut çalışmada elde edilen arpa çeşitlerinin enerji içeriklerinin literatürdeki diğer çalışmalardan elde edilen enerji değerlerine göre daha düşük bulunmuştur. Örneğin Denek ve Deniz (2004), arpanın ME içeriklerini 12.51 1 MJ kg⁻¹ KM; NE_L değerini de 8.11 1 MJ kg⁻¹ KM olarak tespit ederken; Sevim ve ark. (2017), üç arpa çeşidinde sırasıyla bu değerleri 12.44-12.86 ve 7.16-7.98 1 MJ kg⁻¹ KM olarak

Çizelge 2. İncelenen arpa çeşitlerinin *in vitro* gaz üretimi (GÜ, 24 saat *in vitro* inkübasyonda), metabolize edilebilir enerji (ME), net enerji laktasyon (NE_L) ve organik madde sindirilebilirlik (OMS) düzeyleri

Table 2. *In vitro* gas production (24 h *in vitro* incubation), organic matter digestibility metabolizable energy and net energy lactation contents of the some barley varieties

Çeşitler	GÜ, (mL 200 mg ⁻¹ KM)	OMS (%)	ME (MJ kg ⁻¹ KM)	NE _L (MJ kg ⁻¹ KM)
Larende	46.51	56.14 ^a	8.44 ^a	5.06
Beyşehir	44.31	53.89 ^{ab}	8.07 ^{ab}	4.80
Karatay-94	44.18	53.81 ^{ab}	8.05 ^{ab}	4.79
Ayrancı	43.44	52.95 ^{ab}	7.94 ^{ab}	4.69
Kral-97	42.23	51.79 ^b	7.74 ^b	4.56
OSH	0.50	0.52	0.09	0.06
<i>P-değeri</i>	0.06	0.05*	0.05*	0.06

SHO: Ortalamanın standart hatası

^{a, b}: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir

bulmuşlardır. Benzer şekilde Güney (2019), ME değerini 10.04-10.83 MJ kg⁻¹ KM ve İnal ve ark. bildirmişlerdir. Bu durumun, mevcut çalışmada incelenen arpa çeşitlerinin fermente olan organik madde miktarının düşük oluşu (Sanford ve ark., 2003) bir neden olarak gösterilebilir. Nitekim ME ve NEL değerinin hesaplanmasında GÜ miktarı daha yüksek bir katsayı (sırasıyla 0.1570 ve 0.115) ile çarpılmaktadır.

4.Sonuç

Araştırma sonuçları, Larende, Beyşehir, Karatay-97 ve Ayrancı çeşidinin HP hariç ADF, NDF ve ADL içeriği bakımından Kral-97 çeşidinden daha düşük, nişasta, GP ve NEL bakımından incelenen arpa çeşitlerinin benzer olduğu göstermiştir. Buna ilaveten Larende çeşidinin OMS ve ME içeriğinin Kral-97 çeşidinden istatistiksel olarak daha yüksek tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, geviş getiren hayvanların beslenmesinde açısından incelenen çeşitler hakkında temel bilgilerin sağlanması yanında, bu çeşitlerinin geviş getiren hayvanların beslenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini de göstermiştir.

Kaynaklar

- Abaş, İ., Özpınar, H., Kutay, H.C., Kahraman, R., 2005. Determination of the metabolizable energy (ME) and net energy lactation (NEL) contents of some feeds in the Marmara Region by *in vitro* gas technique. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29: 751-757.
- Aldemir, R., Karlı, M.A., 2012. Yaş şeker pancarı posası silajının arpa yerine kullanımının koyunlarda duodenuma geçen toplam protein üzerine etkisi: 1.Besin madde sindirimi ve mikrobiyal protein sentezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 23 (2): 89-98.

- Alijosius, S., Svirnickas, G.J., Kliseviciute, V., Gruzauskas, R., Sasyee, V., Raceviciute-Stupeliene, A., Dauksiene, A., Dailidaviviene, J., 2016. The chemical composition of different barley varieties grown in Lithuania. Veterinarija Ir Zootechnika, 73 (95): 9-13.
- Alkan, R.A., Kandemir, N., 2015. Tokat yerel arpa çeşidi içinden seçilen saf hatların bazı gıda, yem ve tarımsal özellikler bakımından varyasyonları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24 (2):124-139
- AOAC. 2006. Official methods of analysis. 18th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Aydoğan, S., Şahin, M., Göçmen, A.A., Ayrancı, R., 2011. Konya koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli arpa genotiplerinin belirlenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(1): 10-16.
- Biel, W., Jacyno, E., 2013. Chemical composition and nutritive value of spring hulled barley varieties. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (4): 721-727.
- Çöken, İ., Akman, Z. Isparta ekolojikkoşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1): 91-97.
- Denek, N., Deniz, S., 2004. Ruminant beslemede kullanılan bazı dane yemlerin enerji düzeylerinin *in vivo* ve *in vitro* metotlarla belirlenmesi. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 28: 185-193.
- Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., 2001. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Yayın No: 2, Konya

- Evers, T., Millar, S., 2002. Cereal grain structure and development: Some implications for quality. *Journal of Cereal Science*, 36: 261–284. DOI: 1006/jcrs.2002.0435
- Fant, P., Ramin, M., Jaakkola, S., Grimberg A., Carlsson, A. S., Huhtane, P., 2020. Effects of different barley and oat varieties on methane production, digestibility, and fermentation pattern *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 103(2): 1404-1415. DOI: 10.3168/jds.2019-16995
- Feedipedia, 2020. Animal feed resources information system. Tables of chemical composition and nutritional value. Available from URL: <https://www.feedipedia.org/node/227> (Erişim tarihi: 01 Ocak 2020).
- Fox, G.P., 2010. Chemical composition in barley grains and malt quality. In: Zhang, G., Li.C. (Eds). *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 64-99.
- Gomez, L.M., Posado, S.L., Olivera, M., 2016. Starch in ruminant diets: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29: 77-90. DOI: 10.17533/udea.rccp.v29n2a01.
- Grimson, R. E., Weisenburger, R. D., Basarab, J. A., Stilborn, R. P., 1987. Effects of barley volume-weight and processing method on feedlot performance of finishing steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 67(1): 43-53. DOI: 10.4141/cjas87-006
- Grove, A.V., Hepton, J., Pas, H.C.W., 2003. Composition and ruminal fermentability of barley grain, hulls, and straw as affected by irrigation level, planting date, and variety. *The Professional Animal Scientist*, 19(4); 273–280. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31422-4
- Güney, M., 2019. Effect of grain processing at different barley varieties on nutrient composition, starch contents and *in vitro* digestion parameters. *Progress in Nutrition*, 21(3): 715-721. DOI: 10.23751/pn.v21i3.8571
- Hinman, D.D., Sorensen, S.J., Momont, P.A., 1995. Influence of barley bulk density and blended barley on the performance of beef cattle and diet digestibility. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 46: 443.
- Hojje, A., Grondahl, M., Tommeraas, K., Gatenholm, P., 2005. Isolation and characterization of physicochemical and material properties of arabinoxylans from barley husks. *Carbohydrate Polymers*, 61: 266–275. DOI: 10.1016/j.carbpol.2005.02.009
- Holtekjolen, A.K., Uhlen, A.K., Brathen E., Sahlstrom, S., Knutsen S.H., 2006. Contents of starch and non-starch polysaccharides in barley varieties of different origin. *Food Chemistry*, 94: 348–358. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.11.022
- İnal, F., Coşkun, B., Balevi, T., Umucalılar, H.D., Gülşen, N., Özkara, R., 2000. The determination of viscosity in barley and using possibilities of barleys, having different viscosity, supplemented with enzyme in layer diets. *Indian Journal of Animal Science*, 70: 1250-1254.
- Kızılgöçü, F., Yıldırım, M., Akıncı, C., Albayrak, Ö., 2019. Arpada tane verimi ve kalite özellikleri üzerine genotip ve çevrenin etkileşimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3): 346-353. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.499013
- Kowieska, A., Lubowicki, R., Jaskowska, I., 2011. Chemical composition and nutritional characteristics of several cereal grain. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 10 (2): 37–50.
- Lee, j., Nam, D.S., Kong, C., 2016. Variability in nutrient composition of cereal grains from different origins. *Springer Plus*, 419: 2-6. DOI: 10.1186/s40064-016-2046-3
- Mathison, G.W., Hironaka, R., Kerrigan, B.K., Vlach, I., Milligan, L.P., Weisenburger, D., 1991. Rate of starch degradation, apparent digestibility and rate and efficiency of steer gain as influenced by barley grain volume-weight and processing method. *Canadian Journal of Animal Science*, 71: 867. DOI: 10.4141/cjas91-102
- Mauricio, R., Owen, E., Mould, F.L., Givens, I., Teodorou, M.K., France, J., Davies, D.R., Dhanoa, M.S., 2001. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. *Animal Feed Science and Technology*, 89: 33-48. DOI: 10.1016/S0377-8401(00)00234-0
- Menke, K.H., Steingass, H., 1987. Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. *Übersich Tierernäh.* 15: 59–94.
- Micek, P., Kowalski, Z.M., Borowiec, F., 2005. Effect of barley cultivar on the chemical composition and rumen degradability of dry matter, protein and starch. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 14(1): 279–282. DOI: 10.22358/jafs/70538/2005
- Nikkhah, A., 2012. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 3(22): 1-9.
- Oral, E., Kendal, E., Doğan, Y., 2017. Bazı yazlık arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin verim ve kalite yönünden değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 31-38.
- Reynolds, W.K., Hunt, C.W.J., Eckert, W., Hall, M.H., 1992. Evaluation of the feeding value of barley as affected by variety and location using near infrared reflectance spectroscopy. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 43: 498. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.01.144
- Rode, L.M., Beauchemin, K.A., 1995. Utilization of barley based diets for feedlot cattle. *Proceedings,*

- Western Section, American Society of Animal Science , 46:606–607. DOI: 10.4141/A04-060
- Sanford, B. J., Grove, A.V., Hunt, C.W., 2003. Evaluation of barley characteristics that are associated with digestible energy for beef cattle. The Professional Animal Scientist, 19: 281–285. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31423-6
- Sevim, B., Ayaşan, T., Ülger, İ., Ergul, Ş., Aykanat, S., Coşkun, A.M., 2016. Farklı maltlık arpa çeşitlerinin besin değerlerinin *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak tespiti. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(10): 1216-1220. DOI: 10.24925/turjaf.v5i10.1216-1220.1386
- Sterna, V., Zute, S., Jakobson, I., 2015. Grain composition and functional ingredients of barley varieties created in Latvia. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, 69: 158–162. DOI: 10.1515/prolas-2015-0023
- TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. Available from URL: <http://www.tuik.gov.tr> (Erşim tarihi: 31 Aralık 2019).
- Van, Soest P.J., Robertson, J.D., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Zhao, Y.L., Yan, S.M., He, Z., Anele U.C., Swift M.L., Mcallister, T., Yang, W., 2015. Effects of volume weight, processing method and processing index of barley grain on *in situ* digestibility of dry matter and starch in beef heifers. Animal Feed Science and Technology, 199: 93-103. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.11.005



Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.678277

ISSR-based molecular variation of some fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations

R. Refika Akçalı Giachino^{a,*}, A. Betül Avcı^b

^a Department of Field Crops, Agricultural Faculty, Ege University, 35100 Bornova/Izmir, Turkey

^b Odemis Vocational School, Ege University, 35750 Odemis/Izmir Turkey

*corresponding author: refika.giachino@ege.edu.tr

Received 21/01/2020

Accepted 03/02/2020

ABSTRACT

This research was conducted to determine the molecular variation between different fennel populations. In this research, six fennel populations, of which two were collected from natural flora, were used as a material. The molecular characterization of the populations was performed using six ISSR (Inter simple sequence repeat) primers. A total of 57 bands were obtained, of which 48 were evaluated as polymorphic. The average polymorphism percentage was 85%. The PIC values changed from 0.33 (ISSR-16) to 0.43 (ISSR-11) with an average of 0.37. The average RP (Resolving Power) value of the primers was found as 4.17, and the highest value was obtained from the ISSR-4 (6.33) primer. The mean EMR value was 6.78, and the highest value was obtained from the ISSR-4 (10.29) primer. The mean MI (Marker Index) value was estimated to be 2.47, with the highest value similarly observed in the ISSR-4 (3.67) primer. ISSR-4 was the most prominent primer in terms of these three parameters and the maximum total and polymorphic bands. The similarity values of the fennel populations were found to be between 0.30 and 0.95. The Mental test conducted between Jaccard's similarity matrices and the cluster result revealed the r value as 0.99, showing a very good correlation between the ISSR-based similarity matrix and the cluster. The populations of Burdur, Denizli, Isparta and Izmir, which were cultivated and traded, were genetically similar in terms of the ISSR primers examined, whereas Manisa Yunt Mountain and Odemis populations collected from natural flora were in separate groups.

Keywords:

Fennel
ISSR
genetic diversity
PIC
PCoA

Bazı rezene popülasyonlarının (*Foeniculum vulgare* Mill.) ISSR markörlerine dayalı moleküler varyasyonu

ÖZET

Bu araştırma, farklı rezene popülasyonları arasındaki moleküler varyasyonunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak farklı kaynaklardan sağlanan ve ikisi doğal floradan toplanmış olan 6 adet rezene popülasyonu kullanılmıştır. Popülasyonların moleküler karakterizasyonu 6 adet ISSR primeri ile belirlenmiştir. Toplam 57 bant elde edilmiş, bunlardan 48 adedi polimorfik olarak değerlendirilmiştir. Ortalama polimorfizm oranı %85 olarak bulunmuştur. PIC değerleri 0.33 (ISSR-16) ile 0.43 (ISSR-11) arasında değişim göstermiş, ortalama ise 0.37 olarak hesaplanmıştır. Primerlerin ortalama RP değeri 4.17 olarak hesaplanmış, en yüksek değer ISSR-4 (6.33) primerinden elde edilmiştir. Ortalama EMR değeri 6.78 bulunurken en yüksek değer ISSR-4 (10.29) primerinden elde edilmiştir. Ortalama MI değeri 2.47 olarak tahmin edildi, en yüksek değer yine ISSR-4 (3.67) primerinde gözlenmiştir. ISSR-4 primeri bu üç parametre ve en yüksek toplam ve polimorfik bant sayısı bakımından öne çıkan primer olmuştur. Rezene popülasyonları arasındaki benzerlik değerleri 0.30 ile 0.95 arasında bulunmuştur. Jaccard'ın benzerlik matrisleri ile küme sonucu arasındaki zihinsel test $r = 0.99$ (Kofenetik korelasyon katsayısı) olarak bulunmuştur ve ISSR tabanlı benzerlik matrisi ile küme arasında çok iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir. İncelenen ISSR primerleri bakımından ekimi ve satışı yapılan Burdur, Denizli, Isparta ve Izmir popülasyonları birbirlerine genetik bakımdan oldukça

Anahtar Sözcükler:

Rezene
ISSR
genetik farklılık
PIC
PCoA

© OMU ANAJAS 2020

benzer bulunurken doğal floradan toplanan Manisa Yuntdağı ve Ödemiş popülasyonları ayrı gruplarda yer almışlardır.

1. Introduction

Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), belonging to the Umbelliferae (Apiaceae) family, is an annual or perennial plant that can reach 60-200 cm in height and has yellow flowers and leaves with leaflets fibrous (Baytop, 1999; Ceylan, 1997). It has two significant varieties, which are *Foeniculum vulgare* var. *vulgare* (bitter fennel) and *Foeniculum vulgare* var. *dulce* (sweet fennel). Fennel fruit contains 10-20% fatty oil (60-75% petroselinic, oleic, linoleic fatty acids), volatile oil (3-6% in bitter fennel, 2-4% in sweet fennel) and 15-20% protein. In addition, it contains flavonoids, sterol, sugar, and apiol (Akgul, 1993). The major constituents of fennel essential oil are *trans*-anethole, estragole, fenchone, and limonene (Telci et al., 2009, Avcı, 2013, Rather et al., 2016, Coban et al., 2018). The major components of the wild fennel populations from Middle Black Sea Region flora of Turkey, has been characterized as the estragole and fenchone (Telci et al., 2019).

Fennel is used for various purposes in food, cosmetic and pharmaceutical industries. The vegetative parts of the plant are used in green salads, its fruit in spices, and the essential oil in its seeds in the production of perfume, soap, medicine, and cosmetics. Recent studies have shown that the essential oil extracted from this plant is a valuable antioxidant with antibacterial, anticancer and antifungal properties (El-Awadi and Esmat, 2010, Moura et al., 2005, Bahmani et al., 2013). The increasing commercial value of fennel requires the identification, recognition and preservation of the existing diversity of this plant.

Various molecular markers techniques based on PCR (polymerase chain reaction) have been used to reveal genetic diversity in many plant species. Inter simple sequence repeat (ISSR) markers have great potential in studies at population and species levels. In addition to being economically important species, it is also possible to use these markers in natural populations. They have been utilized in the investigation of genetic variation between closely related individuals and identification in various species (Zietkiewicz et al., 1994). ISSR markers have been also successfully employed to determine relationships at the population and species levels and a variety of plant species, including various aromatic and medicinal plants; e.g., *Pimpinella anisum* (Akcalı Giachino, 2019), *Achillea millefolium* (Farajpour et al., 2012), *Artemisia capillaries* (Shafie et al., 2009), *Thymus daenensis* (Rahimmalek et al., 2009), safflower (Yang et al. 2007), and *Helichrysum* Mill. species (Azizi et al., 2019). In fennel, Yadav and Malik (2018), Choudhary et al. (2018), Salami et al. (2017), Grover and Malik (2017),

Gehan and Alhamd (2015), and Bahmani et al., (2012) conducted studies using ISSR markers. This method is widely applicable since it only requires small amounts of DNA, is fast, inexpensive, and easy to apply, exhibits high polymorphism, and does not require prior knowledge for the primer design (Godwin et al., 1997) in contrast to simple sequence repeat markers.

This study aimed to determine the effectiveness of ISSR markers in identifying the genetic diversity of different fennel populations.

2. Materials and Methods

2.1 Plant materials

DNA samples from six fennel populations; cultivated and traded in Turkey (1: Burdur, 2: Denizli, 3: Isparta, and 4: Izmir), and collected from the natural flora (5: Manisa Yunt mountain and 6: Odemiş) were sampled from the seeds. Molecular analyses were carried out at the central laboratory of Ege University Faculty of Agriculture (EGE AGROLAB).

2.2 DNA isolation

DNA was isolated using the GenElute™ Plant Genomic DNA Miniprep isolation kit in directly ground seeds (Sigma-Aldrich). Genomic DNA concentration was determined by a spectrophotometer and 0.8% agarose gel. The DNA samples were diluted to 25 ng per µl for the polymerase chain reaction (PCR) analysis.

2.3 ISSR-PCR Analysis

The PCR reaction volume in ISSR amplification was 10 µl, which contained 10xTaq DNA polymerase buffer, 2.5 mM MgCl₂, 0.5µM primer (Sigma), 200 µM of each dNTP (dATP, dTTP, dCTP, and dGTP), 50 ng genomic DNA, and 0.5 unit of Taq DNA polymerase enzyme (Sigma).

The PCR procedure was performed on a thermal cycler (Thermo Scientific Arktik with Gradient) at 94 °C for 1.30 min for one cycle, followed by 94 °C for 45 sec, and the annealing phase of the primer was undertaken at 45-60.8 °C (depending on the primer) for 45 sec., followed by 72 °C for 1.30 min for 45 cycles, and finally 72 °C for seven minutes.

2.4 Data analysis

A data matrix was created using 1 and 0 for the presence and absence of the ISSR bands, respectively. Using this data matrix, the genetic distance values according to Jacard's similarity coefficients were

obtained from NTSYS-pc 2.20j (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Rohlf, 2000) statistical package program (Jaccard, 1908). The same software was utilized to obtain dendrograms of the genotypes grouped according to the unweighted pair-group method with arithmetic average (UPGMA). The polymorphism information content (PIC) values of each primer were calculated as follows (Anderson et al., 1993):

$$PIC = 1 - \sum f_i^2$$

where f_i indicates the frequency of the i th allele.

The RP (Resolving Power) of each primer was calculated in accordance with Prevost and Wilkinson (1999) as follows:

$$RP = \sum I_b$$

where I_b is the band informativeness with

$$I_b = 1 - [2 \times (0.5 - p)]$$

and p is the proportion of six populations containing the amplified products. MI was obtained by multiplying the PIC values with the effective multiplex ratio (EMR). The effective multiplex ratio (EMR) is the number of polymorphic bands detected per test. (Powell et al. 1996; Milbourne et al. 1997):

$$MI = EMR \times PIC$$

To analyse fennel populations was performed the multivariate analyses including cluster analysis and principal component by using of the genetic similarity coefficient matrix. Statistical analyse was made Mantel statistics Z test (Mantel, 1967) and NTSYS-pc software (Rohlf, 2000).

3. Results and Discussion

Six of the 11 ISSR primers used in the study yielded assessable bands. Table 1 presents the names, base sequences, annealing temperature, total number of bands, number of polymorphic bands, % polymorphic band ratios, PIC, resolving power (RP), EMR and marker index (MI) values of the six primers evaluated. As a result of the ISSR analysis, the six primers evaluated produced a total of 57 bands, of which 48 were polymorphic. The average polymorphism percentage was found to be 85% with high molecular diversity at the population level. Similarly, Salami et al. (2017) found the average polymorphic band percentage in outcross and self-pollinated fennel populations to be 88.3% and 82.3%, respectively. Again, Bahmani et al. (2012), who used ISSR markers to evaluate the genetic diversity between 25 ecotypes of Iranian fennel, reported 89% polymorphism. However, Grover and Malik (2017) obtained a relatively low polymorphism of

39.1% in their studies using ten ISSR markers to assess genetic diversity between seven fennel genotype lines. This may be due to the variations in specific genotypes and the differences between the primers used. In the current study, the ISSR-16 primer provided the least number of bands ($n = 6$) while the highest number of bands was obtained from the ISSR-4 primer ($n = 14$). ISSR-16 primer (100%) showed the highest polymorphism. The mean PIC value obtained from the ISSR bands was calculated as 0.37. The highest and lowest PIC values were observed in ISSR-11 (0.43) and ISSR-16 (0.33), respectively.

Only the ISSR-11 primer (0.43) exceeded the mean PIC, thus exhibiting the highest polymorphism. Similar results are reported by Choudhary et al. (2018) (0.35) and Jadidi and Kalantar (2016) (0.36). In their study using 12 IS SR primers in ten different fennel genotypes, Poudineh et al. (2018) found that the PIC values ranged from 0 to 0.47. The RP of the primers ranged from 2.67 to 6.33, with the highest value being obtained from the ISSR-4 primer and the lowest from ISSR-16. The average RP was calculated as 4.17. The highest EMR (10.29) was obtained from ISSR-4 and the lowest (4.50) from ISSR-19, with an average of 6.78 per primer. The average MI was estimated as 2.47, with the maximum value found in ISSR-4 (3.67) and lowest in ISSR-19 (1.63). ISSR-4 was the primer providing the highest values in terms of RP, EMR, MI, and the total number of bands and polymorphic bands. The ISSR-11 primer achieved the highest PIC value (0.43), while ISSR-16 had the highest polymorphism percentage (100%). The band profiles of these primers are shown in Figure 1. According to the results of their genetic analysis, Poudineh et al. (2018) reported that the ISSR-8 primer had the highest number of alleles, polymorphism, Shannon index, and heterozygosity and PIC values.

The genetic similarity values obtained according to Jaccard's similarity coefficient of the fennel populations are shown in Table 2. The similarity matrix was calculated using 57 ISSR fragments and used to perform the UPGMA cluster analysis.

The cophenetic correlation between the cluster results and the genetic similarity matrix was found to be $r = 0.99$ (Mantel, 1967), indicating that the clustering dendrogram was in high agreement with the similarity matrix. Bahmani et al. (2012), who evaluated 25 fennel ecotypes collected from different regions of Iran using ISSR markers, reported that the similarity matrix was moderately consistent with the dendrogram with a cophenetic correlation value of 0.79.

The genetic similarity values of the populations changed between 0.30 and 0.95. The mean similarity ratio of the populations was 0.59. Table 2 shows that the fennel populations cultivated and marketed in Turkey were genetically very similar with 0.90-0.95 genetic similarity values according to the ISSR primers examined. Burdur and Denizli populations had the

highest genetic similarity with a value of 0.95. Two wild populations (Manisa Yunt Mountain and Odemis), which were collected from natural flora but were also

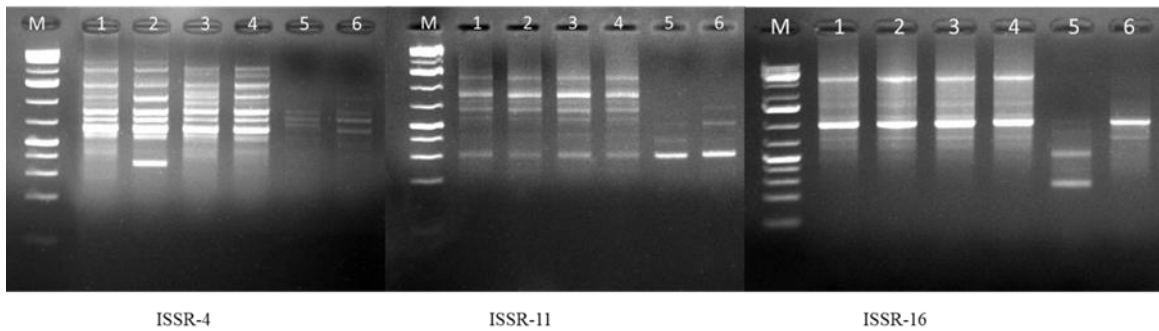
cultivated and traded in Turkey, were observed to be the most distant populations with values of 0.30-0.45.

Table 1. ISSR primers and measured marker parameter results

Primer	Sequence 5'-3'	Temp (°C)	NTB	NPB	PBR%	PIC	RP	EMR	MI
ISSR 4	5'-HVH(TCC) ₅ -3'	60.8	14	12	86	0.362	6.33	10.29	3.67
ISSR11	5'-(GA) ₈ YG-3'	50	8	7	88	0.43	4.67	6.13	2.63
ISSR 13	5'-(AC) ₈ YG-3'	57.1	10	8	80	0.36	4.00	6.40	2.31
ISSR 16	5'-(AG) ₈ C-3'	46.8	6	6	100	0.33	2.67	6.00	2.00
ISSR 19	5'-(CT) ₈ G-3'	45	8	6	75	0.36	3.00	4.50	1.63
ISSR 25	5'-(AC) ₈ G-3'	54.9	11	9	82	0.35	4.33	7.36	2.59
Average			9.5	8	85^a	0.37^a	4.17^a	6.78^a	2.47^a
Minimum			6	6	75	0.33	2.67	4.50	1.63
Maximum			14	12	100	0.43	6.33	10.29	3.67
Total			57	48	-	-	-	-	-

Temp °C: Annealing temperature, NTB: Number of total bands, NPB: Number of polymorphic bands, PBR: Polymorphic bands ratios, PIC: Polymorphism information content, RP: Resolving power, EMR: Effective multiplex ratio, MI: Marker Index, Y = G/C, H = A/T/C, V = 3A/G/C

^a Average of the column



M: marker DNA, 1: Burdur, 2: Denizli, 3: Isparta, 4: İzmir (cultivated populations), 5: Manisa Yunt Mountain, 6: Odemis (populations collected from natural flora).

Figure 1. Band profiles of ISSR-4, ISSR-11 and ISSR- 16 primers in fennel populations.

Table 2. The genetic similarity values among six fennel populations

Populations	Burdur	Denizli	Isparta	İzmir	Manisa	Odemis
Burdur	1.00					
Denizli	0.95	1.00				
Isparta	0.90	0.90	1.00			
İzmir	0.91	0.91	0.90	1.00		
Manisa	0.30	0.30	0.30	0.30	1.00	
Odemis	0.45	0.45	0.45	0.45	0.30	1.00

Highest and lowest values demonstrated in bold

In their study of 55 fennel accessions using 12 SRAP (Sequence-Related Amplified Polymorphism) primers, Maghsoudi Kelardashti et al. (2015) found that the genetic similarity values between these accessions ranged from 0.71 to 0.91. Kameli et al. (2013) evaluated 10 Satureja populations with 10 ISSR primers and

reported genetic similarity values varying between 0.57 and 0.99.

Figure 2 presents the UPGMA dendrogram of the fennel populations obtained according to the Jaccard coefficient and shows that Burdur, Denizli, Isparta and Izmir populations, which are cultivated, form one group.

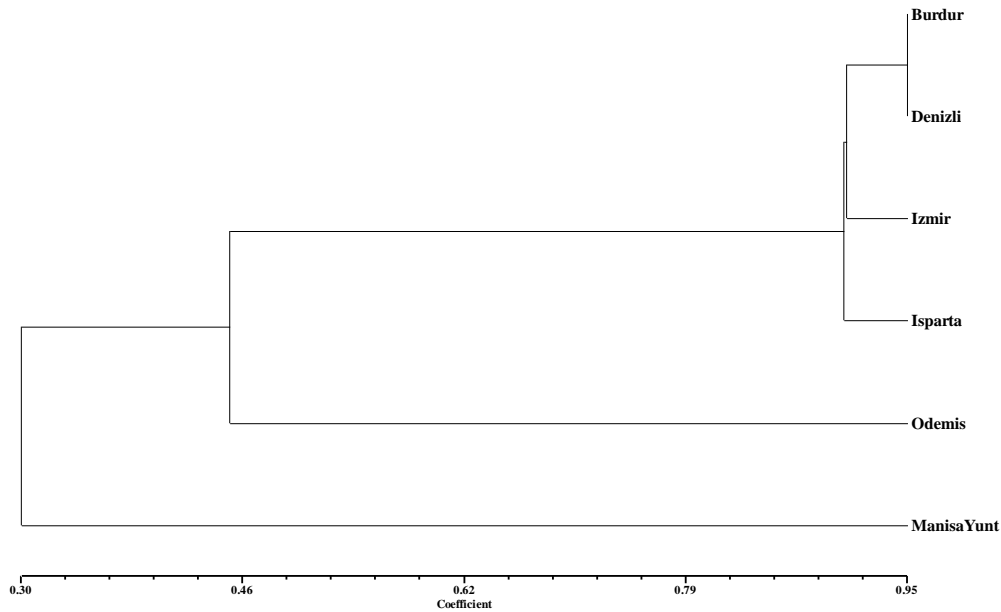


Figure 2: Phylogenetic tree derived from genetic similarity between fennel populations.

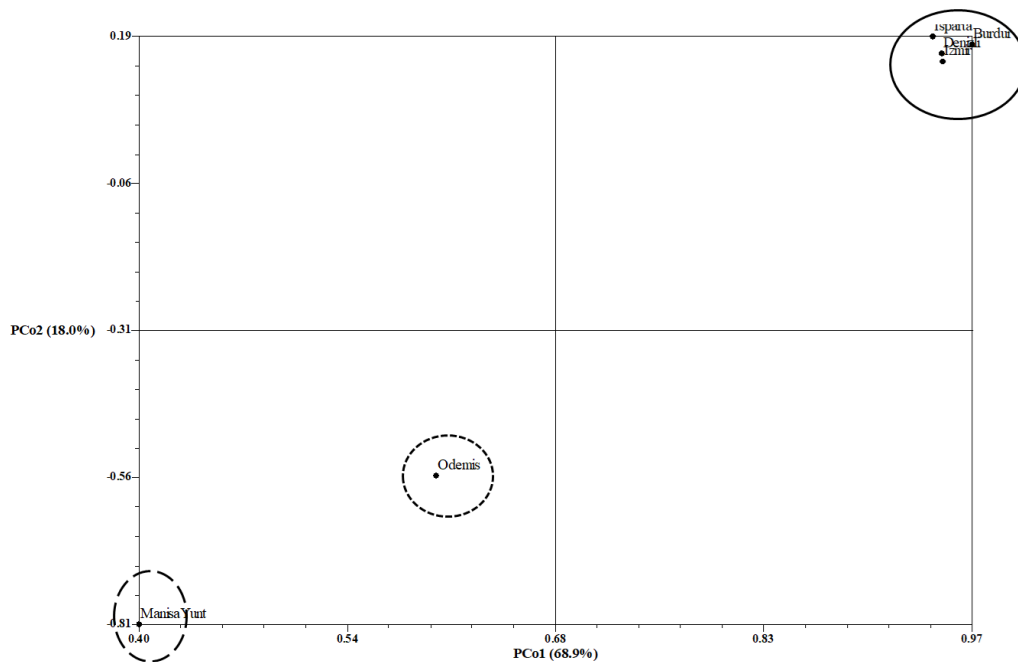


Figure 3: Principal coordinate plot produced from the Jacards similarity matrix of six fennel populations.

Burdur and Denizli populations are the closest with a value of 0.95. Manisa and Odemis populations collected from natural flora are included in the dendrogram separately. Manisa Yunt Mountain wild population with a value of 0.30 is the most genetically remote in relation to all other populations. In their study conducted with eight ISSR primers, Shojaiefar et al. (2015) constructed a dendrogram that divided 20 fennel accessions into four clusters in 0.71 distance units.

The results of PCoA for the ISSR data are shown in Figure 3. The results of the PCoA analysis were in good accord with the cluster analysis. The fennel populations were grouped similarly in the dendrogram and the 2D-dimensional plot of PCoA (Principal Coordinate Analysis). The first two principal coordinates accounted for 68.9 and 18.0% of the total molecular variation, respectively. This explained 86.9% of the total variation. While the fennel populations cultivated and traded in Turkey (Burdur, Denizli, Isparta, and Izmir) were clustered in one group, Manisa Yunt Mountain and Odemis populations were included in separate groups.

4. Conclusion

Characterization and identification of plant species play an important role for biodiversity, conservation and sustainable use of genetic resources. DNA-based techniques are used extensively in the characterization of medicinally important plant species. These methods provide precise and reliable results, especially in plant species or varieties that are often mixed with other species, as well as those that cannot be morphologically and/or phytochemically differentiated.

In this study, the genetic variation between different fennel populations was evaluated and their genetic relationships were determined using ISSR markers. The results of the cluster analysis revealed high variability between the investigated fennel populations. The relationship between the fennel populations was confirmed by similar grouping on the UPGMA dendrogram and on the PCoA. Based on the examined ISSR primers, the fennel populations that are cultivated and traded in Turkey; i.e., Burdur, Denizli, Isparta and Izmir populations, were found to be genetically very similar while Manisa Yunt Mountain and Odemis populations were included in separate clusters. According to the various parameters examined, ISSR-4 was the most prominent primer in terms of the total number of bands, the number of polymorphic bands, RP, EMR and MI, while the ISSR-11 primer had the highest PIC value and ISSR-16 exhibited the highest percentage of polymorphism. The information revealed by this research will help breeders acquire knowledge of the genetic variation of fennel populations and broaden the genetic base in fennel breeding. It can also contribute to the protection and improvement of medicinal and aromatic species, which are becoming recognized and increasing their importance. The results showed that ISSR markers were successfully applied in

the evaluation of the fennel plant. In addition, ISSR markers present as a favourable system with faster results and easier application than the other DNA markers and more repeatability and less cost compared to RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) markers.

Acknowledgements

This paper was partly presented as a poster in the 10th Congress of Field Crops (September 10-13, 2013, Konya, Turkey).

References

- Akali Giachino, R.R., 2019. Investigation of the genetic variation of anise (*Pimpinella anisum* L.) using RAPD and ISSR markers. Genetic Resources and Crop Evolution, <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00861-y>.
- Akgul, A., 1993. Spice Science and Technology. Association of Food Technology Publ. 15, Ankara.
- Anderson J.A., Churchill G.A., Autrique J.E., Tanksley S.D., Sorrells, M.E., 1993. Optimizing parental selection for genetic linkage maps. Genome 36:181–186.
- Avcı, A.B., 2013. Effect of seeding rate on yield and quality of non-chemical fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) cultivation. Turkish J F Crops 18:27–33
- Azizi, N., Sheidai, M., Mozaffarian, V., Arman, M., Noormohammadi, Z., 2019. Assessment of relationships among and within *Helichrysum* Mill. (Asteraceae) species by using ISSR markers and morphological traits. Hacquetia, 18/1, 105–118. <https://doi.org/10.2478/hacq-2018-0014>.
- Bahmani, K., Darbandi, A.I., Jafari, A.A., Noori, S.A.S. Farajpour, M., 2012. Assessment of Genetic Diversity in Iranian Fennels Using ISSR Markers. Journal of Agricultural Science, Vol. 4, No. 9: 79-84.
- Bahmani, K., Darbandi, A.I., Noori, S.A.S., Jafari, A.A., 2013. Assessment of the Genetic Diversity in Iranian Fennels by RAPD Markers. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 19:3,275-285. <https://doi.org/10.1080/10496475.2013.791909>.
- Baytop, T., 1999. Phytotherapy in Turkey. From past to present. 2. ed. Nobel Medical Publ İstanbul.
- Ceylan, A., 1997. Medicinal Plants-II (Essential Oil Plants). Agriculture Faculty of Ege University Pub 481. Izmir.
- Choudhary S., Sharma R., Meena R.S., Verma A.K., 2018. Molecular diversity analysis in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) genotypes and its implications for conservation and crop breeding. International Journal of Current Microbiology and Applied Science, 7(03):794-809. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.703.093>.
- Coban, C., Ozer, H., Ors, S., Sahin, U., Yildiz, G., Cakmakci, T., 2018. Effects of Deficit Irrigation on Essential Oil Composition and Yield of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) in A High-Altitude Environment. Journal of Essential Oil Research, 30(6): 457-463. <https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1496156>.

- El-Awadi, M.E., Esmat A.H., 2010. Physiological responses of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) plants to some growth substances. *J. Am. Sci.* 6(7):985–991.
- Farajpour, M., Ebrahimi, M., Amiri, R., Golzari, R., Sanjari, S., 2012. Assessment of genetic diversity in *Achillea millefolium* accessions from Iran using ISSR marker. *Biochem. Syst. Ecol.* 43, 73-79.
- Gehan, G.M., Alhamd, M.F.A., 2015. Induction of Salt Tolerant Mutants of *Foeniculum vulgare* by Dimethyl Sulphate and Their Identification Using Protein Pattern and ISSR Markers. *Alex. J. Agric. Res.* Vol. 60, No.2, 95-109.
- Godwin, I.D., Aitken, E.A.B., Smith, L.W., 1997. Application of inter simple sequence repeat (ISSR) markers to plant genetics. *Electrophoresis*, 18, 1524-1528.
- Grover, S., Malik, C.P., 2017. Genetic Diversity and Identification of Variety-specific RAPD and ISSR Markers in *Foeniculum vulgare*. *International Journal of Life Sciences*, Vol: 6/1, 31-38.
- Jaccard, P., 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull Soc Vaud Sci Nat* 44:223–270.
- Jadidi, O., Kalantar, M., 2016. Investigating Genetic Diversity of *Foeniculum Vulgare* Mill using Molecular Markers. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, Vol-7, Special Issue3, 109-111.
- Kameli, M., Hesamzadeh Hejazi, S.M., Ebadi, M., 2013. Assessment of genetic diversity on populations of three satreja species in Iran using ISSR markers. *Annals of Biological Research*, 4 (3):64-72.
- Maghsoodi Kelardashti H., Rahimmalek M., Talebi M., 2015. Genetic diversity in Iranian fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations based on sequence related amplified polymorphism (SRAP) markers. *J Agric Sci Tech.* 17:1789–1803.
- Mantel N., 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res* 27:175–178.
- Milbourne D., Meyer R., Bradshaw J.E., Baird E., Bonar N., Provan J., Powell W., Waugh R., 1997. Comparison of PCR-based marker systems for the analysis of genetic relationships in cultivated Potato. *Mol Breed* 3(2):127–136.
- Moura, L.S., Carvalho Jr., R.N., Stefanini, M.B., Ming, L.C., Meireles, M.A.A., 2005. Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*): Global yield, composition and kinetic data. *The Journal of Supercritical Fluids*, 35, 212–219.
- Poudineh, Z., Fakheri, B.A., Sirosmehr, A.R., Shojaei, S., 2018. Genetic and morphological diversity of fennel by using ISSR marker and biplot analysis. *Ind J Plant Physiol.* 23(3):564–572, <https://doi.org/10.1007/s40502-018-0390-8>.
- Powell W., Morgante M., Andre C., Hanafey M., Vogel J., Tingey S., Rafalski A., 1996. The unity of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol Breed* 2:225–238.
- Prevost A., Wilkinson M.J., 1999. A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting. *Theor Appl Genet* 98:107–112.
- Rahimmalek, M., Bahreininejad, B., Khorrami, M., Tabatabaei, B.E.S., 2009. Genetic Variability and Geographic Differentiation in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*, an Endangered Medicinal Plant, as Revealed by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *Biochem Genet.* 47:831–842. <https://doi.org/10.1007/s10528-009-9281-z>.
- Rather, M.A., Dar, B.A., Sofi S.N., Bhat B.A., Qurishi M.A., 2016. *Foeniculum vulgare*: A Comprehensive Review of Its Traditional Use, Phytochemistry, Pharmacology, and Safety. *Arabian Journal of Chemistry*, 9: 1574-1583. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.011>.
- Rohlf, F.J., 2000. NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.20j, New York.
- Salami, M., Rahimmalek, M., Ehtemam M.H., 2017. Genetic variability of outcross and selfed fennel based on morphological and ISSR markers, *J. Agr. Sci. Technol.* Vol: 19, 157-172.
- Shafie, M.B., Sayed, S.M., Hasan, Z., Shah, R.M. 2009. Study of genetic variability of Wormwood capillary (*Artemisia capillaris*) using inter simple sequence repeat (ISSR) in Pahang region, Malaysia. *Plant Omics Journal*, 2, 127-13.
- Shojaiefar, S., Mirlohi, A., Sabzalian, M.R. Yaghini, H., 2015. Seed yield and essential oil content of fennel influenced by genetic variation and genotype × year interaction. *Industrial Crops and Products*, 71: 97-105.
- Telci, I., Demirtas, I., Sahin, A., 2009. Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products* 30, 126–130.
- Telci, İ., Dirican, A., Elmastas, M., Akşit, H., Demirtas, I., 2019. Chemical diversity of wild fennel populations from Turkey. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* <https://doi.org/10.1016/j.jarmap>.
- Yadav, C., Malik, C.P., 2018. Genetic Variation among Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Varieties on the basis of Essential Oil Composition and Molecular Markers (ISSR, SCoT, CDDP and CBDP). *Jour PI Sci Res.*, 34 (1) 45-50.
- Yang, Y.X., Wu, W., Zheng, Y.L., Chen, L., Liu, R.J., Huang, C.Y., 2007. Genetic diversity and relationships among safflower (*Carthamus tinctorius* L.) analyzed by inter-simple sequence repeats (ISSRs), *Genet Resour Crop Evol.*, and 54:1043–1051.
- Zietkiewicz, E., Rafalski, A., Labuda, D., 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20: 176-183.