

# jotaf

**Journal of Tekirdag  
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN: 1302-7050  
e-ISSN: 2146-5894

**Issue: 1  
Volume: 17  
2020**

---

# Journal Of Tekirdağ Agricultural Faculty

Sayı/Issue: 1 Ocak/January 2020

ISSN: 1302-7050

*Journal Of Tekirdağ Agricultural Faculty*, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nin ulusal, uluslararası ve hakemli dergisidir.

Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

*Journal Of Tekirdağ Agricultural Faculty* is the official peer-reviewed, international journal of Tekirdağ Namık Kemal University Agricultural Faculty. Authors bear responsibility for the content of their published articles.

## Dergi Hakkında/About the Journal

Adı/ Name

Journal Of Tekirdağ Agricultural Faculty (Ocak 2020/January 2020)

ISSN: 1302-7050

İmtiyaz Sahibi/Owner

Prof. Dr. Sezen ARAT

## Yayın Kurulu/Editorial Management

**Prof. Dr. Mustafa MİRİK** (Baş Editör/Editor-in-Chief)

**Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ**

**Dr. Öğr. Üyesi Harun HURMA** (Editör/Editor)

**Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ**

**Cansu ÖKSEL, Arş. Gör.** (Editör/Editor)

**Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ**

## Editöryal Danışma Kurulu/Editorial Adviser Board

Prof. Dr. Mustafa MİRİK, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Prof. Dr. Fatih KONUKÇU, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Prof. Dr. Ali İhsan ACAR, Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Bryan M. JENKIS, California University, Amerika

Prof. Dr. Peter KISS, Szent Istvan University, Macaristan

Prof. Dr. Ümit GEÇGEL, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Prof. Dr. Eugenia BEZIRTZOĞLOU, University of Thrace, Yunanistan

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Adnan ORAK, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Prof. Dr. Şule ARI, İstanbul Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Kasim BAJROVIC, Institute for Genetic Engineering and Biotechnology, Bosna Hersek

Prof. Dr. Zoran POPOVSKI, Cyril and Methodius University, Makedonya

Prof. Dr. Edo D'AGARO, University of Udine, İtalya

Prof. Dr. Tuğrul GİRAY, University of Puerto Rico, Amerika

Prof. Dr. M. Ömer AZABAĞAOĞLU, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Prof. Dr. Gamze SANER, Ege Üniversitesi, İzmir

Prof. Dr. Dimitar NIKOLOSKI, University of "St. Kliment Ohridski", Makedonya

Prof. Dr. Mariana IVANOVA, University of Agribusiness and Rural Development, Bulgaristan

Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

Doç. Dr. Zubair ASLAM; University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Doç. Dr. Christos KARELAKIS, Democritus University of Thrace, Orestiada, Greece

Doç. Dr. Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Doç. Dr. Fulya ÖZDİL, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Doç. Dr. Fulya TAN, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Doç. Dr. Özgür SAĞLAM, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

---

**Akademik İçerik Danışmanlığı/Content Advisor**  
Online Bilgi  
**Telefon:** +90 (216) 693-2272 **Web:** <http://onlinebilgi.com.tr/>  
**Elektronik posta:** feyza.saritas@onlinebilgi.com.tr

**Tasarım ve Uygulama/Graphic Design**  
Online Bilgi

**Baskı Öncesi Hazırlık/Prepress**  
Online Bilgi

**Yayın Türü/Type of Publication**  
Yerel Süreli Yayın/International Periodical

**Yayın Dili/Type of Language**  
Türkçe ve İngilizce /Turkish and English

**Yayın Periyodu/Publishing Period**  
Dört ayda bir Ocak, Mayıs ve Eylül aylarında yayımlanır/Triannual (January, May & September)

**Tarandığı İndeksler/Indexed by**  
TR DİZİN (ULAKBİM - Ulusal Akademik Ađ ve Bilgi Merkezi) CABI, AGRIS/CARIS (FAO-AGRIS veri tabanı), ProQuest, Scopus, ESCI

**Yayın Tarihi/Publication Date**  
Ocak 2020/January 2020



**İletişim/Correspondence**  
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi  
**Telefon:** +90 282 250 20 00/22 62  
**Web:** <http://jotaf.nku.edu.tr/Anasayfa/0/s/8236/10965>  
**Elektronik posta:** [ziraatdergi@nku.edu.tr](mailto:ziraatdergi@nku.edu.tr)

---

## İçindekiler / Contents

Effects of Vermicompost on Aggregate Stability, Bulk Density and Some Chemical Characteristics of Soils with Different Textures .....	1-11
Tezcan AKTAŞ, Orhan YÜKSEL	
Aritılmış Atık Suyun Farklı Sulama Yöntemleriyle Uygulanmasının Silajlık Mısırdaki Makro-Mikro Element ve Ağır Metal Birikimine Etkisi .....	12-23
Talip ÇAKMAKCI, Üstün ŞAHİN	
A Research on the Determination of the Gasification Performance of Grass Pellets .....	24-36
Bahar DİKEN, Birol KAYIŞOĞLU	
Türkiye’deki Boylu Ardıç ( <i>Juniperus excelsa M. Bieb</i> ) Popülasyonlarının Yayılış Gösterdiği Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler Bakımından Karşılaştırılması .....	37-52
Özay Hasan EVREN, Nuray KAY	
Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kurutma Kinetiği, Enerji Tüketimi ve Ürün Kalitesi Açısından İncelenmesi .....	53-65
Ersin KARACABEY, Türkan AKTAŞ, Levent TAŞERİ, Gamze UYSAL SEÇKİN	
Yumurtlamanın Son Dönemindeki Yumurtacı Tavukların Rasyonlarına Bor (Orthoborik Asit) İlavesinin Serum Lipid ve Protein Profili Üzerine Etkisi .....	66-76
Hacer KAYA, Muhlis MACİT	
Trakya Bölgesi’nde İklim Değişikliğinin Buğday Verimine Etkisinin AquaCrop ve WOFOST Modeller ile Tahmin Edilmesi.....	77-96
Fatih KONUKCU, Huzur DEVECİ, Bahadır ALTÜRK	
Determination of Plant Height for Crop and Weed Discrimination by Using Stereo Vision System .....	97-107
Ömer Barış ÖZLÜOYMAK	

## Effects of Vermicompost on Aggregate Stability, Bulk Density and Some Chemical Characteristics of Soils with Different Textures\*

Vermikompostun Farklı Tekstürlü Toprakların Agregat Stabilitesi, Hacim Ağırlığı ve Bazı Kimyasal Özelliklerine Etkisi

Tezcan AKTAŞ<sup>1</sup>, Orhan YÜKSEL<sup>2\*\*</sup>

### Abstract


This study was conducted to investigate the effects of vermicompost treatments on some physical and chemical characteristics of two soils with different textures. Experiment was conducted in 30 pots with 2 soil types, 5 vermicompost doses (0, 20, 40, 80, 160 t ha<sup>-1</sup>) and 3 replications. Vermicompost doses calculated over dry weights were applied to 5 kg pots and soil-vermicompost mixtures were incubated under laboratory conditions for about 90 days. According to analysis results, vermicompost treatments significantly increased organic matter content, pH, EC and cation exchange capacity (CEC) values of both soil types. Vermicompost applied at different doses increased organic matter and salt contents of both soil types parallel to increasing doses. As compared to the control dose, soil salinity greatly increased with the greatest vermicompost dose (16 t da<sup>-1</sup>). Soil pH values increased in acidic loamy soils and decreased in clay soils with relatively high pH values. Since vermicompost has high organic matter content, it increased soil CEC values significantly. It was found that there were significant positive correlations between organic matter content and CEC values of the soils. Vermicompost treatments had positive effects also on soil physical characteristics, increased aggregate stability and decreased bulk density of the soils. While vermicompost treatments increased aggregate stability of loamy soils remarkably, such effects were not remarkable in clay soils.

**Key words:** Vermicompost, soil texture, clay soil, aggregate stability, bulk density

### Öz

Bu çalışmada, organik bir gübre olan vermicompostun farklı tekstüre sahip iki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme, 2 toprak tipi, 5 vermicompost dozu (0, 20, 40, 80, 160 t ha<sup>-1</sup>) ve 3 tekrerr olmak üzere toplam 30 saksıdan oluşmaktadır. Kuru ağırlık üzerinden hesaplanan vermicompost dozları 5 kg'lık saksılara uygulanmış toprak-vermicompost karışımları laboratuvar koşullarında yaklaşık 90 gün inkübasyona bırakılmışlardır. Analiz sonuçlarına göre vermicompost uygulaması her iki toprak tipinde de organik madde miktarını, pH, EC, katyon değişim kapasitesi (CEC) değerlerini önemli düzeyde arttırmıştır. Topraklara farklı dozlarda ilave edilen vermicompost her iki toprak çeşidinde de organik madde miktarını ve tuz içeriklerini dozlara paralel olarak arttırmıştır. Toprakların tuzluluğu en yüksek doz olan 16 t da<sup>-1</sup> kompost dozunda kontrol dozuna göre oldukça yüksek artış göstermiştir. Toprakların pH değerleri asit karakterli olan tınlı topraklarda yükselmiş, nispeten yüksek pH ya sahip killi topraklarda düşmüştür. Yüksek organik madde içeriğine sahip olması nedeni ile vermicompost toprakların CEC içeriklerini önemli düzeyde arttırmıştır. Toprakların organik madde miktarları ile CEC değerleri arasında pozitif ve önemli korelasyon bulunmuştur. Vermikompost toprakların fiziksel özelliklerini de olumlu etkilemiş ve agregat stabilitesini arttırırken hacim ağırlığını düşürmüştür.

<sup>2\*</sup>**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Orhan Yüksel, Tekirdağ Namık Kemal University, Agricultural Faculty, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Tekirdağ/Turkey. E-mail: [oyuksel@nku.edu.tr](mailto:oyuksel@nku.edu.tr)  ORCID: 0000-0003-0679-8722

<sup>1</sup>Tezcan Aktaş, Soil Laboratory of Keşan Commodity Exchange, Keşan, Edirne, Turkey. E-mail: [tezcan\\_recep@hotmail.com](mailto:tezcan_recep@hotmail.com)  ORCID: 0000-0002-4252-5150  
**Atıf/Citation:** Yüksel, O., Aktaş, T. Effect of vermicompost on aggregate stability, bulk density and some chemical characteristics of soils with different textures, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), xx-xx.

\*Bu çalışma Tezcan Aktaş'ın Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2019

Vermikompost agregat stabilitesini tınlı toprak tipinde önemli düzeyde artırırken, killi toprak tipinde etkisi belirgin bulunmamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Vermikompost, toprak tekstürü, killi toprak, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı

Soil organic matter is one of the most significant factors for sustainable soil fertility. Insufficient soil organic matter levels constitute the greatest problems for soils of the countries with arid and semi-arid climates. Temperature, low precipitations, improper soil tillage practices, stubble burnings and soil erosion are the most important reasons of insufficient organic matter levels in those countries. The soils not able to meet organic matter needs naturally should be supplemented with external sources of organic matter. Soil productivity has long been tried to be improved with mineral fertilizers, but because of increasing interest in organic farming, farmers shifted to meet organic matter needs of the soils through natural sources. Such use of organic fertilizers reduced the use of chemical fertilizers and ultimately improved soil physical and chemical characteristics. For reliable and high yields, as well as chemical characteristics, soil physical characteristics should also be suitable for plant growth and development. Despite increasing awareness of farmers about the significance of organic matter for agricultural lands and increasing use of organic fertilizers, organic matter levels of Turkey's soils are still at quite low levels. The loss of organic matter from the agricultural lands through the above-mentioned reasons is still greater than the organic matter supplemented to the soils. Therefore, various organic matter sources are used in agricultural lands. New sources are introduced in each passing day. Vermicompost is considered among the prominent ones of these sources.

Vermicompost is also known as earthworm manure. It is an organic material obtained through composting of organic wastes by the earthworms. Vermicompost product is also called as vermicast (worm gut, manure) or cast in short. In this process, organic wastes are fermented by ambient microorganisms, then subjected to an accelerated humification and detoxification process while passing through the digestive tracks of earthworms (Şimşek-Erşahin, 2007). Vermicompost is an organic material. Besides improving soil characteristics, it supplies various nutrients to soils, thus can reliably be used in organic farming lands (Demir et al., 2010).

Vermicompost contains quite level of organic matter. As well as chemical characteristics, they have positive impacts on soil physical characteristics (Tejada et al., 2009). Organic matter regulates soil aggregation, thus increases soil porosity, increasing porosity then increase micro pores and resultantly decreases soil bulk density (Erhart and Hartl, 2010).

Organic soil amendments have different effects on soils with different characteristics. Therefore, two different soil types with different physical and chemical characteristics were used in present experiments to better elucidate the effects of vermicompost on soil characteristics. One of these soils had clay texture and the other had loamy texture. Clay-textured soil is Vertisol common in Thrace and known locally as "karakepir". Vertisols are rich in montmorillonite type clays and thus they have quite high swelling potential. Because of heavy clay content, they are stiff and hard to till soils. Such spoiled physical characteristics then limit yield potential of these soils (Dinç et al. 1993; Ozcan et al. 2018). The other soil type, loamy soil, used in this study is also common in northern sections of Thrace region. These soils have low pH values. Low pH is the most significant factor limiting the yield potential. Therefore, agricultural lime is commonly used in the region to increase soil pH and to improve availability of plant nutrients. Vermicompost increases pH of soils with low pH values (Azarmi et al. 2008). With vermicompost supplementations to soils, both plant nutrient support will be provided, and agricultural lime use will be reduced. Therefore, objective of the present study was set as to investigate the effects of increasing vermicompost treatments on physical and chemical characteristics of the soils with different textures and pH levels.

## **Material and Methods**

### **Material**

#### **Experimental soils**

Clay (C) and Sandy-Clay-Loam (SCL) textured soils were used in present experiments. These soils were named as Soil 1 (C) and Soil 2 (SCL).

Soil 1: Clay soil (C) was supplied from Altıntaş village of Keşan (Edirne), (41°00'37" N, 26°40'26" E). According to Soil Taxonomy, 2010, soils belong to Haploxererts great group of Vertisol ordo (Soil Survey Staff, 2010). Analysis results of clay soil used in present experiments are provided in Table 1.

Soil 2: Loamy soil (sandy-clay-loam (SCL)) was supplied from Ballıhoca village of Muratlı (Tekirdağ), (41°12'12" N, 27°30'45" E). According to Soil Taxonomy, 2010, soils belong to Xerofluvents great

group of Entisol ordo (Soil Survey Staff, 2010). Analysis results of loamy soil used in present experiments are provided in Table 1.

**Table 1. Analysis results of experimental soils**

Toprak	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	O.M %	CaCO <sub>3</sub> %	CEC cmol kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	Texture (%)			
								Clay	Silt	Sand	Class
Soil 1	7,22	0,01	1,87	6,92	20,42	5,85	362,50	43,92	18,20	38,38	C
Soil 2	4,20	0,06	1,15	0,00	11,21	23,62	91,43	27,74	14,16	58,10	SCL

## Vermicompost

The vermicompost used in present experiments was supplied from a commercial vermicompost manufacturer in Tekirdağ. The facility produces vermicompost through composting of manure. Analysis results of vermicompost are provided in Table 2.

**Table 2. Chemical characteristics of vermicompost used in the experiment**

O.M. (%)	Moisture (%)	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Dry matter (%)	Total N (%)	Avaliable P (mg kg <sup>-1</sup> )	Total K <sub>2</sub> O (%)	Total CaO (%)
51,80	70,60	7,60	5,70	42,57	2,20	1,20	1,80	5,90

## Methods

### Experimental design and sampling

A pot-experiment was conducted under laboratory conditions. The soils with different textures were air dried and ground to pass 2 mm sieve. Experimental soils were supplemented with 0 (100% soil)-2-4-8-16 t da<sup>-1</sup> vermicompost in dry weight basis. Vermicompost supplemented soils were then placed into 5 kg plastic pots. Vermicompost-soil mixtures were incubated for about 90 days.

Following the incubation, soils were removed from the pots. A portion of soils were ground to pass 2 mm sieve and prepared for chemical analyses. Samples were subjected to pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM) and cation exchange capacity (CEC) analyses. Another portion of soils were ground to pass through 2-1 mm sieves and subjected to aggregate stability (AS) analysis. The remaining original sample was used for bulk density (BD) analysis.

### Analysis methods

Soil pH was determined in 1:2.5 soil:distilled water solution with a pH meter. Soil electrical conductivity was determined also in 1:2.5 soil:distilled water solution with an EC meter (US. Salinity Lab. Staff, 1954). Soil organic matter content was determined in accordance with Walkley-Black method (Nelson and Sommers, 1996); CaCO<sub>3</sub> contents were determined with a Scheibler calcimeter (Loeppert and Suarez, 1996). Soil cation Exchange capacity was determined in accordance with ammonium acetate (pH: 7) method (Sumner and Miller, 1996). Soil aggregate stability (on 1-2 mm aggregates) was determined by using an Eijkelkamp wet-sieving apparatus (Kemper and Rosenau, 1986) and bulk density was determined with the clod method (Blake and Hartge, 1986).

### Statistical Analyses

Experimental data were subjected to variance analysis with the aid of TARİST statistical software (Açıkgöz et al., 1994) and significant means were compared with the aid of LSD tests (Steel and Torrie, 1960).

## Results and Discussion

### Soil Chemical Properties

#### Organic matter

Organic matter content of both soils increased with increasing vermicompost doses. Organic matter content of Soil 1 was 1.87% in control treatment and the value reached to 3.31% at 16 t da<sup>-1</sup> vermicompost



dose. Organic matter content of Soil 2 was 1.15% in control treatment and the value reached to 2.55% at 16 t da<sup>-1</sup> vermicompost dose (Figure 1).

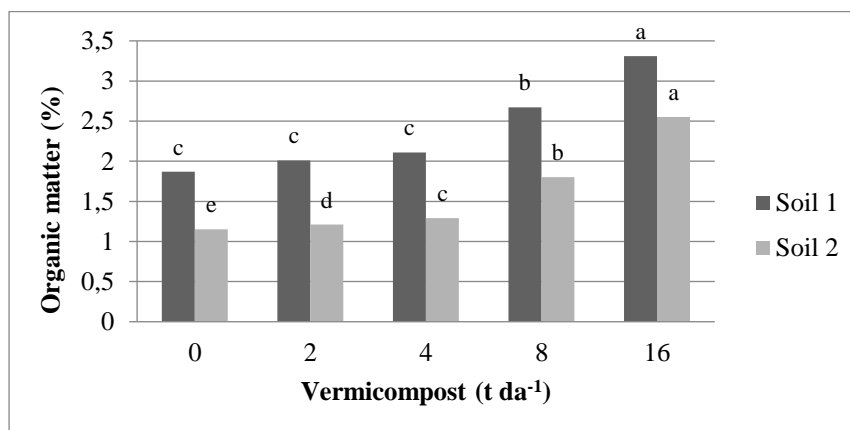


Figure 1. Organic matter contents of experimental soils

According to variance analysis, compost doses had significant positive effects on organic matter content of both soils ( $P < 0.01$ ). Experimental vermicompost had an organic matter content of about 50%. Therefore, significantly increased organic matter content of the soils. Significant increases in organic matter contents with vermicompost treatments were also reported in previous studies (Mahmoud and Ibrahim, 2012; Tavalı et al., 2014).

#### Soil reaction (pH)

Vermicompost treatments reduced pH values of Soil 1 and increased pH values of Soil 2. The pH of Soil 1 was 7.22 in control treatment and the value decreased to 7.01 at 16 t da<sup>-1</sup> compost dose. The pH of Soil 2 was 4.20 in control treatment and the value increased to 5.17 at 16 t da<sup>-1</sup> compost dose (Figure 2). Soil 1 was slightly alkaline, thus pH values decreased with increasing compost doses. Soil 2 was slightly acidic, thus pH values increased with increasing vermicompost doses. Effects of vermicompost treatments on pH were found to be significant in both soils ( $P < 0.01$ ).

Since vermicompost used in experiments had a high CaO (5,90%) content, it can be stated that it could increase pH of the soil with low pH levels (Soil 2). Romaniuk et al. (2011) reported that in low pH soils, 20 Mg ha<sup>-1</sup> vermicompost treatment increased soil pH from 6,06 to 6,45. Such an increase was attributed to greater pH of vermicompost than the soil. In slightly alkaline Soil 1 on the other hand, vermicompost treatments decreased soil pH from 7,22 to 7,01. In a previous study, Manivannan et al. (2009) applied vermicompost to soil with two different textures and reported decreasing soil pH values with vermicompost treatments. Researches attributed such decreases in pH values to acidification effects of organic acids produced during the decomposition of organic amendments. Besides, Gutierrez-Miceli et al. (2007) applied vermicompost produced from sheep manure to alkaline soils and reported that vermicompost reduced soil pH levels. Tavalı et al. (2014) applied vermicompost to clay soils and reported that vermicompost reduced soil pH from 7.92 to 7.68. indicated that vermicompost at high doses slightly, but significantly increased soil pH.

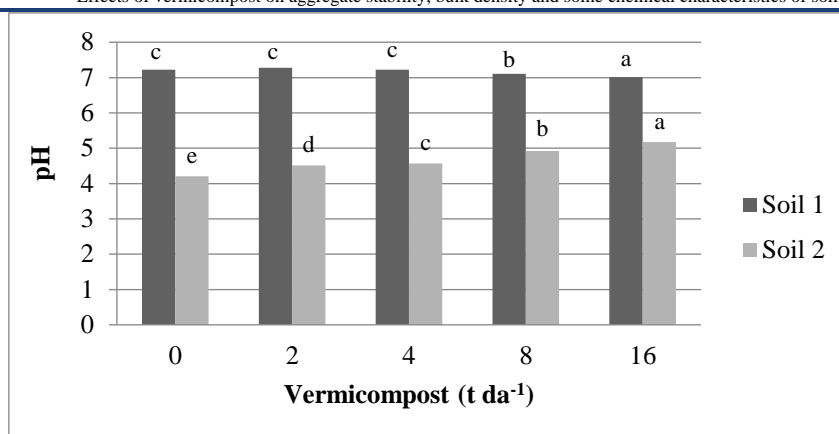


Figure 2. pH results of experimental soils

### Soil salinity (EC)

Vermicompost treatments increased electrical conductivity (EC) of both soils. EC of Soil 1 was 1,45 dS m<sup>-1</sup> in control treatment and the value increased to 2,76 dS m<sup>-1</sup> at 16 t da<sup>-1</sup> compost dose. EC of Soil 2 was 0,59 dS m<sup>-1</sup> in control treatment and the value increased to 2,63 dS m<sup>-1</sup> at 16 t da<sup>-1</sup> compost dose (Figure 3). Increases in soil EC values with vermicompost treatments were found to be significant (P<0.01).

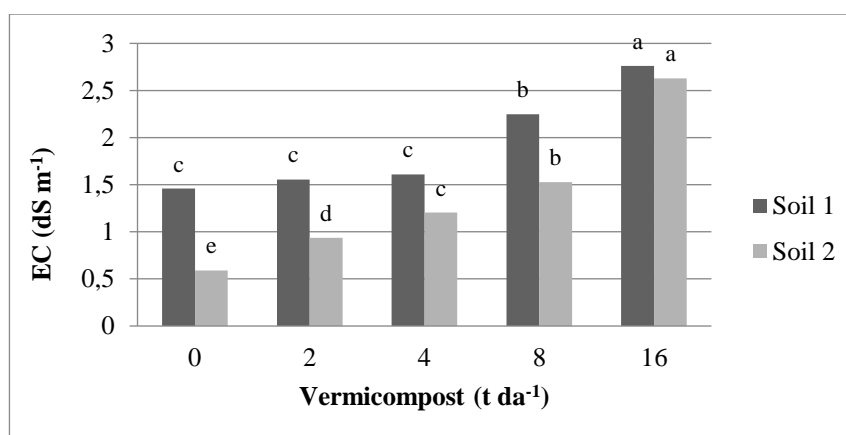


Figure 3. EC results of experimental soils

The vermicompost used in present experiments had an EC value of 5,70 dS m<sup>-1</sup> and such a value was a quite high value. Highly saline vermicompost treatments thus increased soil EC levels. Closed drainage of the pots prevented salt leaching. Reduced salt accumulation through leaching under natural conditions is an expected case but increasing EC levels with vermicompost treatments in closed drainage conditions is usual. Increasing EC values with vermicompost treatments were also reported in previous studies (Romaniuk et al., 2011; Tavahı et al., 2014).

### Cation exchange capacity (CEC)

Vermicompost treatments increased CEC of both soils. The CEC of Soil 1 was 20.72 cmol kg<sup>-1</sup> in control treatment and the value increased to 27.85 cmol kg<sup>-1</sup> at 16 t da<sup>-1</sup> vermicompost dose. The CEC of Soil 2 was 11.09 cmol kg<sup>-1</sup> g in control treatment and the value reached to 16.00 cmol kg<sup>-1</sup> at 16 t da<sup>-1</sup> compost dose. Effects of vermicompost treatments on CEC values were found to be significant in both soils (P<0.01) (Figure 4).

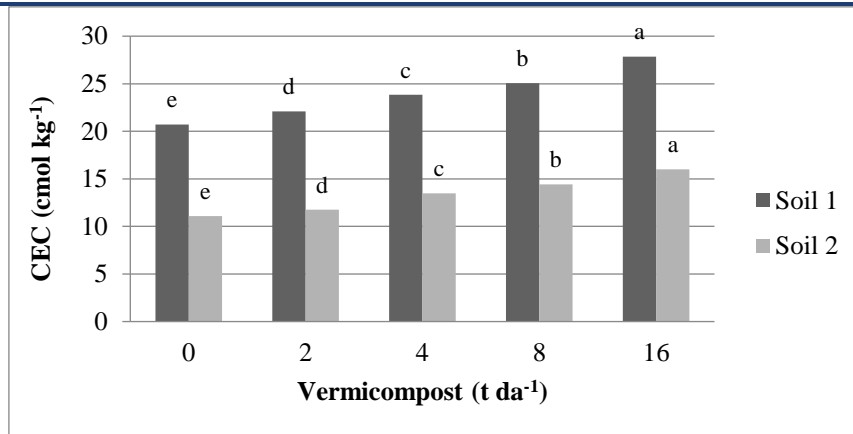


Figure 4. Cation exchange capacity (CEC) values of experimental soils

Vermicompost has quite high organic matter contents, thus it increase soil CEC values (Mahmoud and Ibrahim, 2012; Manivannan et al., 2009). There were significant positive correlations between organic matter content and CEC both soils at 1% level (Table 3 and Table 4). Loveland and Webb (2003) also reported significant correlations between organic matter and CEC and reported increasing CEC values with increasing organic matter contents. Amlinger et al. (2007) reported that organic matter increased soil CEC values by 20-70% and Hemmat et al. (2010) reported that organic matter increased CEC values of the soils by 25-90%.

#### Soil Physical Properties

##### Aggregate stability (%)

Vermicompost treatments increased aggregate stability of Soil 2 at all doses as compared to the control, but increased aggregate stability of Soil 1 only at 2 t da<sup>-1</sup> and 8 t da<sup>-1</sup> compost doses. While vermicompost treatments had significant effects on aggregate stability of Soil 2 ( $P < 0.01$ ), effects of vermicompost treatments on aggregate stability of Soil 1 were not found to be significant (Figure 5).

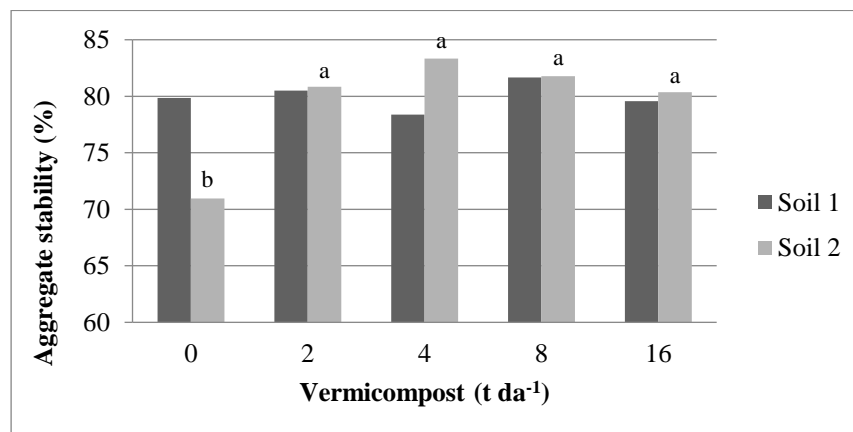


Figure 5. Aggregate stability results of experimental soils

Vermicompost is an organic material rich in humic acid (Arancon et al., 2006). The substances with high humic acid contents improve soil structure and thus increase aggregate stability (Karami et al., 2012). There is a significant correlation between aggregate stability and humic acid (Piccolo et al., 1992).

Effects of vermicompost treatments on aggregate stability of Soil 1 were not found to be significant since Soil 1 had quite high clay content. The soils with high clay contents already have high aggregate stability because of binding effects of clay on soil particles (Bahtiyar, 1997). Therefore, effects of vermicompost on aggregate stability of Soil 1 were quite limited. On the other hand, vermicompost treatments significantly increased aggregate stability of Soil 2 with loamy texture at all doses as compared to the control treatment. Aggregate stability of Soil 2 initially increased rapidly, but decreased gradually at high doses. Such a decrease in aggregate stability at high doses can be attributed to increasing salinity of these soils. EC of Soil 1 at the greatest dose ( $2,63 \text{ dS m}^{-1}$ ) was about 5 times greater than the EC of control treatment ( $0,59 \text{ dS m}^{-1}$ ). Soil salt content (especially Na salts) may have negative impacts on aggregate dispersion of the soils (Mamedov, 2014).

### Bulk density (db)

Bulk density values of the soils remarkably decreased with increasing vermicompost doses. Bulk density of Soil 1 was  $1,51 \text{ g cm}^{-3}$  in control treatment and the value decreased to  $1,31 \text{ g cm}^{-3}$  at  $16 \text{ t da}^{-1}$  compost dose. Bulk density of Soil 2 was  $1,56 \text{ g cm}^{-3}$  in control treatment and the value decreased to  $1,35 \text{ g cm}^{-3}$  at  $16 \text{ t da}^{-1}$  compost dose. Effects of vermicompost treatments on bulk density were found to be significant in both soils ( $P < 0.01$ ) (Figure 6).

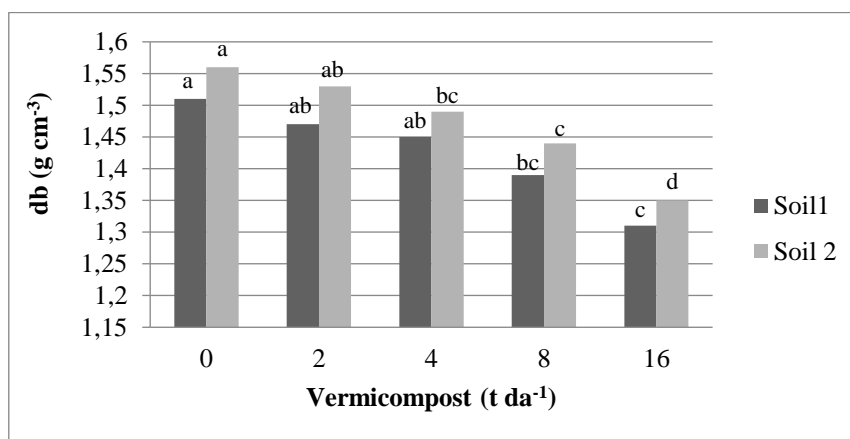


Figure 6. Bulk density results of experimental soils

There are two primary reasons of decreasing soil bulk densities with vermicompost-like organic soil amendments. The first is the reduced soil bulk density with the supplementation of low-density organic matter (Maylavarapu and Zinati, 2009) and the second is increased porosity through improved soil aggregation with such substances (Hemmat et al., 2010; Eibisch et al., 2015). There were significant negative correlations between soil organic matter contents and bulk densities of both soils (Table 3 and 4).

Table 3. Correlations between soil characteristics (Soil 1)

	pH	EC	OM	CEC	AS	BD
pH	1.000					
EC	-0.934**	1.000				
OM	-0.946**	0.925**	1.000			
CEC	-0.881**	0.904**	0.938**	1.000		
AS	-0.146ns	0.047ns	0.113ns	0.008ns	1.000	
BD	0.812**	-0.868**	-0.880**	-0.856**	-0.122ns	1.000

\*= significant at %5, \*\* = significant at %1, ns: non-significant

**Table 4. Correlations between soil characteristics (Soil 2)**

	pH	EC	OM	CEC	AS	BD
pH	1.000					
EC	0.918**	1.000				
OM	0.885**	0.962**	1.000			
CEC	0.927**	0.938**	0.889**	1.000		
AS	0.546*	0.399ns	0.235ns	0.505ns	1.000	
BD	0.907**	-0.934**	-0.913**	-0.955**	-0.441ns	1.000

\*= significant at %5, \*\* = significant at %1, ns: non-significant

### Conclusion

Vermicompost treatments significantly increased organic matter content, pH, EC and CEC values of both soils with different textures. While pH value of acidic loamy soils increased and pH values of clay soils with high pH levels decreased with vermicompost treatments. Because of high organic matter contents, vermicompost treatments increased CEC values by 35% in Soil 1 and by about 45% in Soil 2.

While vermicompost treatments remarkable increased aggregate stability of Soil 2, the increases in aggregate stability of Soil 1 with high clay content were not remarkable. Vermicompost treatments decreased bulk density of both soils remarkably.

In vermicompost treatments, salt content of vermicompost should be taken into consideration. Soil EC values remarkable increased with vermicompost treatments. At the end of the experiments, as compared to the control treatments, EC of Soil 1 was doubled, and EC of Soil 2 increased about 4 folds with the greatest vermicompost dose (16 t da<sup>-1</sup>). Although not reached to thresholds, salinity significantly increased in soils. Despite high organic matter and plant nutrient content of vermicompost, they are costly materials. Although high doses were used in this study, they are used at low doses in field and under-cover production systems, thus become economic. Leaching through irrigation and precipitations also reduce salinity problems. However, long-term use of vermicompost in greenhouses and pot cultures may exert a salinity problem.

In present study, high vermicompost doses were applied just to better see the effects on physical characteristics. Pot also had closed drainage conditions. Thus, increasing EC values were an expected case. Under field conditions, less quantities will be applied, precipitations will leach salts beneath the rootzone, thus minimize salinity problem. However, salinity may generate a problem in case of long-term use in pot under greenhouse conditions.

Vermicompost is preferred as a fertilizer material just because of positive impacts on plant growth and soil chemical characteristics. However, present findings revealed that vermicompost had significant effects also on soil physical characteristics because of high organic matter content. Vermicompost is a costly product, thus it is not widespread in field culture. Therefore, it is commonly used small-scale productions, especially in greenhouses. Regardless of the type and size of farming, vermicompost or similar organic materials should be applied to soils for sustainable soil fertility.

### Kaynakça/References

- Açıkgöz, N., A.F. Moghaddam, and K. Özcan. 1994. Tarist: PC'ler için bir agroistatistik paketi I. E.Ü.Z.F Tarla Bitkileri Kongresi, 1994, İzmir.
- Amlinger, F., S. Peyr, J. Geszit, P. Dreher, K. Weinfurter, and S. Nortcliff. 2007. Beneficial Effects of Compost Application on Fertility and Productivity of Soils: A Literature Study. Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Vienna, Austria.
- Arancon, N.Q., C.A. Edwards, S. Lee, R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42(1): 65-69.
- Azarmi, R., M.T. Gıglou and R.D. Taleshmikal. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*, 7(14): 2397-2401.
- Bahtiyar, M. 1997. Toprak Fiziği. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 260, Tekirdağ.
- Blake GR and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. In: A. Klute (Editor), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical ve Mineralogical Methods*. 2nd edn. Agronomy, 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp: 363- 382.
- Demir, H., İ. Sönmez and E. Polat. 2010. Ülkemiz için Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems, Famagusta, 3-7 Şubat 2010, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, sayfa:15.
- Dinç, U., S. Şenol, S. Kapur, İ. Atalay and C. Cangir. 1993. Türkiye Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları No: 51, Adana.
- Eibisch, N., W. Durner, M. Bechtold, R. Fuß, R. Mikutta, S.K. Woche and M. Helfrich. 2015. Does water repellency of pyrochars and hydrochars counter their positive effects on soil hydraulic properties?. *Geoderma*, 245: 31-39.
- Erhart, E. and W. Hartl. 2010. Compost use in organic farming. In *Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming*. Springer Neth. (pp. 311-345).
- Gutierrez-Miceli, F.A., J. Santiago-Borraz, J.A.M. Molina, C.C. Nafate, M. Abud-Archila, M.A.O. Llaven, R.R. Rosales and L. Dendooven. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98: 2781-2786.
- Hemmat, A., N. Aghilinategh, Y. Rezainejad and M. Sadeghi. 2010. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 108(1): 43-50.
- Karami, A., M. Homae, S. Afzalnia, H. Ruhipour and S. Basirat. 2012. Organic resource management: impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 148: 22-28.
- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. In A Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1*. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI. p. 425-442
- Loeppert, R.H. and D.L. Suarez. 1996. Carbonate and Gypsum. In: Sparks D.L. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*. SSSA Book Series: 5, Madison, pp. 437-474
- Loveland, P. and J. Webb. 2003. Is there a critical level of OM in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research*, 70(1): 1-18.
- Mahmoud, E.K. and M.M. Ibrahim. 2012. Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residuals on soil chemical properties and barley growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(3): 431-440.
- Mamedov, A.I. 2014. Soil water retention and structure stability as affected by water quality/Eurasian Journal of Soil Science, 3: 89-94.
- Manivannan, S., M. Balamurugan, K. Parthasarathi, G. Gunasekaran and L.S. Ranganathan. 2009 Effect of Vermicompost on Soil Fertility and Crop Productivity-Beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Environmental Biology*, 30: 275-281.
- Maylavarapu RS, G.M. Zinati. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scienta Horticulturae*, 120: 426-430.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers, 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and OM. In: D.L. Sparks (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*. SSSA Book Series: 5, Madison, Wisconsin, pp. 961-1010
- Özcan, H., S. Aydemir, M.A. Çullu, H. Günal, M. Eren, S. Kadir, H. Ekinçi, T. Everest, A. Sungur and E.A. FitzPatrick. 2018. Vertisols. In: Kapur, S., E. Akça, H. Günal (eds), *The Soils of Turkey*. World Soils Book Series, Springer, Cham, Switzerland, pp. 169-206.
- Piccolo, A., P. Zaccheo and P.G. Genevini. 1992. Chemical characterization of humic substances extracted from organic-waste-amended soils. *Bioresource technology*, 40(3): 275-282.
- Romaniuk, R., L. Giuffré and R. Romero. 2011. A soil quality index to evaluate the vermicompost amendments effects on soil properties. *J. Environ. Prot.*, 2: 502-510.
- Soil Survey Staff, 2010. *Keys to soil taxonomy*, (11. Edition). USDA, National Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln

- 
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Approach. New York, McGraw-Hill.
- Sumner, M.E. and W.P. Miller. 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In: Sparks D.L. (Ed), Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods. SSSA Book Series: 5, Madison, Wisconsin, pp. 1201-1229.
- Şimşek-Erşahin, Y. 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2): 99-107.
- Tavali, İ.E., İ.Uz and Ş. Orman. 2014. Vermikompost ve Tavuk Gübresinin Yazlık Kabağın (*Cucurbita pepo* L. cv. Sakız) Verim ve Kalitesi ile Toprağın Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri, Akdeniz Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2): 119-124.
- Tejada, M., A.M. García-Martínez and J. Parrado. 2009. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. Catena, 77(3): 238–247.
- U.S. Salinity Lab. Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Agro. Handbook, 60, U.S.A.

## Arıtılmış Atık Suyun Farklı Sulama Yöntemleriyle Uygulanmasının Silajlık Mısırdaki Makro-Mikro Element ve Ağır Metal Birikimine Etkisi

The Effect of Using Treated Wastewater with different irrigation methods on Silage Maize Macro-Micro Element and Heavy Metal Accumulation

Talip ÇAKMAKCI<sup>1</sup>, Üstün ŞAHİN<sup>2</sup>

### Öz


Bu çalışma, 2015 ve 2016 yıllarında yarı kurak iklime sahip Van (Türkiye) koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada, farklı sulama yöntemleri [yüzey altı damla (YA), yüzey üstü damla (YÜ), geleneksel karık (GS)] ve sulama seviyeleriyle [tam sulama (% 100; K0), % 33 kısıt (K1) ve % 67 (K2) kısıt] arıtılmış atık su (AS) uygulamalarının temiz suyla (TS) kıyaslanarak silajlık mısırdaki makro mikro besin element ve ağır metal içerik değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Arıtılmış atık su uygulamalarında temiz suya kıyasla bitkinin N, P, K, Ca, Mg, B ve Fe içeriklerinde sırasıyla yaklaşık %28, %28, %26, %12, %47, %23 ve %24 oranlarında artışlar tespit edilmiştir. Ağır metal içeriklerinde (Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr ve Ni) ise %75 - %770 arasında değişimler gözlemlenmiştir. Her üç sulama yönteminde de bitkideki mikro-iz element birikim sıralaması Fe > Mn > Zn > B > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd şeklinde gerçekleşmiştir. Sulama suyu kısıtıyla beraber bitkilerdeki makro, mikro element içerikleri azalmıştır. Çalışma sonunda, arıtılmış atık suyla silajlık mısıra besin elementi takviyesinin yapılabileceği, sulama suyunun yetersiz olduğu bölgelerde alternatif bir sulama suyu kaynağı olarak güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.


**Anahtar Kelimeler:** arıtılmış atık su, ağır metal, besin elementi, silajlık mısır, sulama yöntemleri

### Abstract

This study was carried out in Van (Turkey) province, has semi-arid climate in 2015 and 2016. In the study, it was aimed to determine the macro micro nutrient element and heavy metal content changes in silage maize by comparing the wastewater (AS) applications with different irrigation methods [Subsurface drip (SSDI), surface drip (SDI), traditional furrow (FI)] and irrigation levels [full irrigation (% 100; K0), % 33 deficit (K1) and % 67 (K2) deficit] with clean water (TS). In treated wastewater applications, increases in the N, P, K, Ca, Mg, B, and Fe contents of the plant were increased by about 28%, 28%, 26%, 12%, 47%, 23% and 24% respectively. In heavy metal contents (Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr and Ni), changes between 75% and 770% were observed. Moreover, in all three irrigation methods, the micro-trace element accumulation order in the plant was realized as Fe> Mn> Zn> B> Cu> Cr> Pb> Ni> Cd. Along with the irrigation water limited, macro and micro element contents in plants have decreased. At the end of the study, it was concluded that nutrient supplements can be added to silage maize with treated wastewater, and can be safely used as an alternative source of irrigation water in regions where irrigation water is insufficient.

**Keywords:** treated wastewater, heavy metal, nutrient element, silage maize, irrigation methods.

<sup>1</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Talip Çakmakçı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, Van. E-mail: [talipcakmakci@vyu.edu.tr](mailto:talipcakmakci@vyu.edu.tr)  ORCID: 0000-0001-5815-1256

<sup>2</sup>Üstün Şahin, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakülte, Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., Erzurum. E-mail: [ussahin@atauni.edu.tr](mailto:ussahin@atauni.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-1924-1715  
**Atıf/Citation:** Çakmakçı, T., Şahin, Ü. Arıtılmış atık suyun farklı sulama yöntemleriyle uygulanmasının silajlık mısırdaki makro-mikro element ve ağır metal birikimine etkisi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), xx-xx.

\*Bu çalışma Doktora tezinin bir kısmıdır.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2020



Dünya nüfusunun % 40' ı su yetersizliğinin baskısını yaşamaktadır (Calzadilla ve ark. 2011). Türkiye de 1 386 m<sup>3</sup>lük yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı ile su azlığı çeken bir ülke konumundadır. Önümüzdeki yıllarda da hızlı nüfus artışı, kentleşme, artan gıda talebi ve iklim değişikliğine bağlı olarak su talebinde ciddi bir artış yaşanacağı ve bunun sonucunda da su kıtlığı yaşanacağı aşikârdır. Artan su yetersizliği atık suyun yeniden kullanılması için önemli bir etken olup (Çakmakcı ve ark. 2016), temiz su kaynaklarının kentsel ve endüstriyel kullanımdaki ekonomik değerinin artmasıyla, atık su giderek daha düşük maliyetli ve güvenilir bir alternatif su kaynağı haline gelmektedir.

Atık su, büyük ölçüde tüm yıl boyunca mevcut olan bir su ve besin kaynağı olarak kabul edilir (Hussain ve ark. 2002; Qadir and Scott 2010; Becerra-Castro ve ark. 2015). Atık su, işlenmiş olsa dahi, organik madde, makro besin maddeleri (N, P, K) bakımından zengin ve Fe, Zn, Mn ve Cu gibi çok sayıda mikro besin maddesi açısından sentetik bir gübreden daha fazla içeriğe sahiptir. Qadir ve ark. (2007), evsel atık suyun hektar başına 1000 m<sup>3</sup> kullanılması durumunda, 16-62 kg azot, 4-24 kg fosfor ve 2-96 kg arasında potasyum katkısı sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Tripathi ve ark. (2016), yüzey üstü ve yüzey altı damla sulama yöntemi ile atık suyun karnabahar bitkisine uygulaması ile bitki içeriğindeki azotta %28.3, fosforda %21.1 ve potasyumda %38.3 artış sağlandığını bildirmişlerdir.

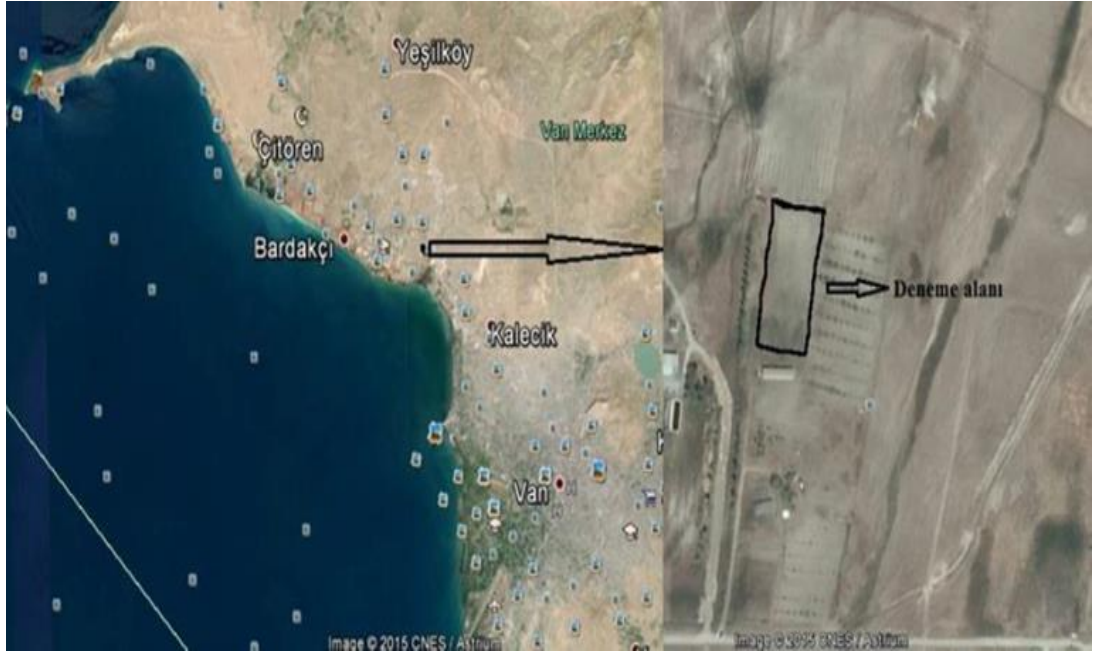
Artılarak kullanılan atık suyun avantajlarının yanında artırılmadan direkt olarak kullanılması sağlık ve çevresel risk oluşturduğu için birçok ülkede de endişe verici olmaktadır (WHO 2006). Çünkü arıtılmış atık suyun içinde besleyici maddeler dışında ağır metaller, tuzlar ve zararlı kimyasallar bulunmaktadır. Tuzlar, osmotik stres ve/veya toksisite ile bitkileri etkileyebilmektedir. Kiziloglu ve ark. (2007), farklı arıtma işlemlerinden geçirilmiş atık suyun lahanaya bitkisine uygulamasıyla toplam verimin ve bitki element içeriklerinin (N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu, B ve Mo) artırdığını belirtmişlerdir. Rusan ve ark. (2007), atık su ile arpa bitkisinin sulanmasıyla bitkideki temel besin maddelerinin yüksek olduğunu ve atık suyun iki yıllık kullanımıyla bitkideki Cu, Zn, Fe, Mn içeriklerinin de arttığını bildirmişlerdir. Amiri ve ark. (2008) İran'da yaptığı çalışmada yoncada atık suyun kullanılmasıyla bitkideki ağır metal içeriklerinin arttığı özellikle de Pb, Cr ve Ni 'de sınır değerleri de aştığını belirtmişlerdir. Selim (2008), mercimek ve darıda atık suyun iki yıllık kullanımıyla bitkinin gereksinim duyduğu kadar bazı besin elementlerini (N, P ve K) sağladığını tespit etmiştir. Khan ve ark. (2009), ayçiçeği bitkisinin atık suyla sulanması sonucunda ayçiçeği yapraklarında Na, Ca ve Mg içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Cicek ve ark. (2013), evsel atık sularla sulanan buğday bitkisinde N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriklerinin arttığını belirtmişlerdir.

Dünyada ve ülkemizde atık suyun sulamada kullanımı ile ilgili çalışmalar olmasına rağmen, özellikle ülkemizde farklı sulama yöntemleriyle arıtılmış atık suyun kullanımına ilişkin çalışmalara rastlanmamıştır. Yapılan bu çalışmada farklı sulama suyu seviyelerinde arıtılmış atık su ve temiz suyun yüzey üstü, yüzey altı damla sulama ve karık sulama yöntemleri ile uygulanmasının silajlık mısırın ağır metal, makro ve mikro besin element içerikleri arasındaki ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

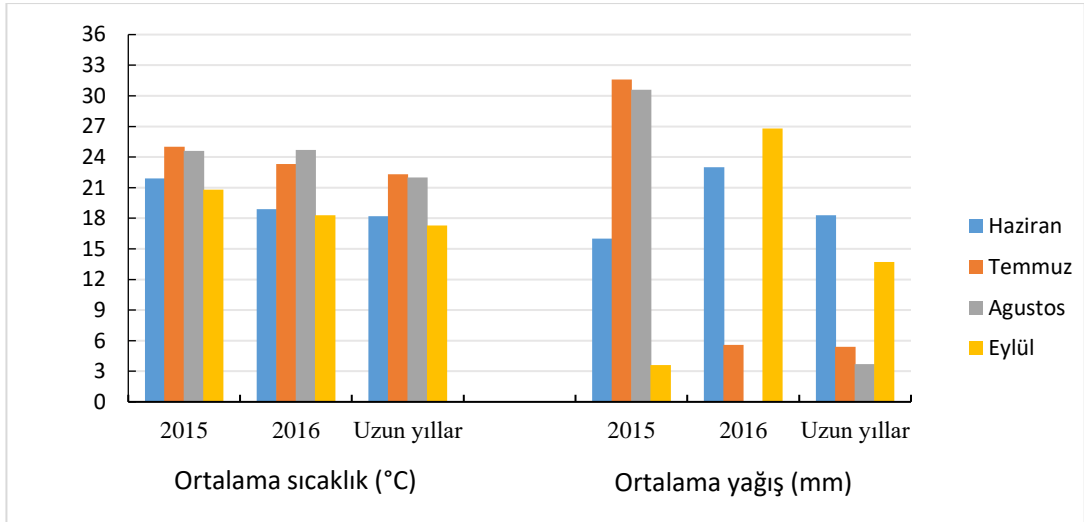
Bu araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma İşletme Müdürlüğü'ne ait deneme alanında 2015 ve 2016 yıllarında yürütülmüştür. Deneme alanı 36, 57 kuzey enlem 43, 29° doğu boylamında ve denizden 1680 m yükseklikte yer almaktadır (Şekil 1).

Deneme alanı karasal iklim kuşağında yer almasına rağmen, Van Gölü'ne yakınlığından dolayı iklim daha yumuşak geçmektedir. Deneme alanına ait 2015- 2016 yılları ve uzun yıllar (Anonim 2016) ortalama sıcaklık ve yağış verileri Şekil 2'de verilmiştir. 2015 ve 2016 yıllarına ait iklim verileri deneme alanında mevcut olan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel, kimyasal, hidrolik özellikleri Çizelge 1'de, mikro element ve ağır metal içerikleri de Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Deneme alanı görüntüsü

Figure 1. Study field image



\*iklim verileri vejetasyon dönemini kapsamaktadır. 2016 Ağustos ayında yağış gerçekleşmemiştir.

Şekil 2. Deneme alanı iklim verileri\*

Figure 2. Study area climate data

Denemede, bölge ekolojisine adapte olmuş yazlık orta erkenci OSSK-644 çeşidi hibrit silajlık mısır kullanılmıştır. Temiz su deneme alanındaki sulama havuzundan alınmıştır. Evsel nitelikli artırılmış atık su ise

Van İskele Atıksu Arıtma Tesisi'nden arazöz yardımıyla deneme alanındaki 10'ar tonluk 2 tanka doldurulmuş ve bir gün içerisinde sulamada kullanılmıştır.

**Çizelge 1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolik özellikleri**

**Table 1. Some physical, chemical and hydraulic properties of the study area soil**

Parametre	Değer	Parametre	Değer
Ph	8.08	Toplam N (%)	0.078
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.217	K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )	84.3
Bünye	Kumlu killi tın	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	9.68
Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	1.31-1.40	Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	14.70
Tarla kapasitesi %	30.4-31.3	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	4.92
Devamlı solma noktası %	18.0-18.3	Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.311
Organik madde (%)	1.06	K (cmol kg <sup>-1</sup> )	1.03

**Çizelge 2. Deneme alanı toprağının bazı mikro element ve ağır metal içerikleri**

**Table 2. Some micro-elements and heavy metal contents of the study area soil**

Element	Değer	Element	Değer
B (mg kg <sup>-1</sup> )	0.202	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	3.64
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	4.21	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0.018
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	2.14	Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	0.178
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	7.35	Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	0.119
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	52.2		

Çalışma, tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre her sulama yöntemi [(yüzey altı damla (YA), yüzey üstü damla (YÜ) ve geleneksel karık sulama (GS)] için ayrı ayrı planlanmıştır (Şekil 3). Denemede, iki farklı su kalitesi [arıtılmış atık su ve temiz su (kontrol)] ve üç farklı sulama seviyesi (%100, %67, %33) uygulanmış olup 3 tekerrürlü olarak toplam 54 parselde yürütülmüştür. Deneme parselleri 70 cm sıra aralığına sahip 5 sıradan oluşmakta olup, 3.5 m x 7 m boyutlarında olmak üzere 24.5 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Farklı uygulamalardan kaynaklanabilecek etkileşimi önlemek amacıyla parseller arasında 2 metre, bloklar arasında 2.5 m ve sulama yöntemi konuları arasında da 3 m boşluk bırakılmıştır.

Denemenin birinci yılı toprağın geç tava gelmesi nedeni ile 18 Haziran 2015 tarihinde ikinci yıl ise toprağın uygun tava olduğu 3 Haziran 2016 tarihinde 3-4 cm derinliğe sıra arası 70 cm, sıra üzeri 15 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Tam sulanan deneme konularının % 50'sinin süt olum-hamur olum evresine ulaştığı birinci yıl 30 Eylül 2015, ikinci yıl 26 Eylül 2016 tarihinde elle hasatlar gerçekleştirilmiştir.

Hem yüzey altı hem de yüzey üstü damla sulama sistemleri ana boru (Ø75), manifold borular (Ø32) ve lateral (Ø16) hatlardan oluşturulmuştur. Kullanılan lateraller 33 cm aralıklı içten geçmeli (in-line) 2.3 l h<sup>-1</sup> debili damlatıcılara sahiptir. Yüzey üstü damla sulama sisteminde her sıraya bir lateral gelecek şekilde 70 cm aralıklarla yüzeye serilmiş olup, yüzey altı damla sulama sisteminde ise lateraller yaklaşık 25 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Sulama zamanının belirlenmesi için referans ET<sub>0</sub> yaklaşımı kullanılmıştır. Deneme alanında bulunan meteoroloji istasyonundan (Imetos 2 modeli) günlük iklim verileri alınarak Penman-Monteith yöntemini referans alan CROPWAT 8.0 yöntemi ile gerekli hesaplamalar yapılmış ve referans ETo değeri 50 ±5 mm olduğunda sulama miktarını belirlemek için toprak nemi ölçülmüştür. Her sulamada uygulanacak olan sulama suyu miktarı, temiz suyla (kontrol) sulanan parsellerden olmak üzere 90 cm derinlikten her sulama

öncesi gravimetrik olarak toprak neminin belirlenmesiyle hesaplanmıştır. Belirlenen mevcut nem düzeyleri tarla kapasitesine tamamlanarak sulamalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Sulama yöntemleri

Figure 3. Irrigation methods

Çalışmada, tam sulama konularına uygulanacak olan sulama suyu miktarı ve hacmi, aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Güngör ve Yıldırım 1989).

$$I = \frac{(TK-MN)}{100} \times \gamma t \times D \times P \quad \text{Eşitlik 1}$$

$$V = I \times A \quad \text{Eşitlik 2}$$

Eşitlik 1 ve 2’de, I: Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı (mm), TK: Tarla kapasitesinde tutulan nem (% Pw), MN: Mevcut nem (% Pw),  $\gamma$ t: Toprağın hacim ağırlığı ( $g\ cm^{-3}$ ), D: Etkili kök derinliği (mm), P: Islatma oranı (geleneksel karık sulamada: 1, yüzey üstü damla sulamada: 0,65 ve yüzey altı damla sulamada: 0,50), V: Her sulamada uygulanacak sulama suyu hacmi (l), A: Parsel alanı ( $m^2$ )’ nı belirtmektedir. Kısıt uygulamalarında tam sulama konularına uygulanan su miktarları 0,67 ve 0,33 katsayılarıyla düzeltilmiştir.

Denemede su kaynağı olarak kullanılan temiz ve artırılmış sudan her iki deneme yılında da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının ortalarında örnek alınmıştır. Bu örneklerde; pH ve EC; Ayyıldız (1983),  $CO_3$ ,  $HCO_3$  ve Cl; Tüzüner (1990),  $SO_4$  ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ); HACH (2005), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) ve toplam P (TP); HACH (2010), askıda katı madde (AKM) (APHA, 1995), toplam N (TN); Anonim (2015), Fekal koliform; Eckner (1998), Katyonlar (Ca, Mg, Na, K) ve mikro elementler (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni) ise Anonim (1996, 2007)’de belirtilen metotlarla saptanmıştır.

Toprak örneklerinde pH; Richards (1954), EC; Tüzüner (1990), Organik madde; Walkey (1947), Toplam azot; Allison ve ark. (1965), alınabilir  $K_2O$ ; Richards (1982), alınabilir  $P_2O_5$ ; Olsen ve ark. (1954) ve değişebilir Ca, Mg, Na, ve K içeriği ise Richards (1982)’nin yöntemine göre belirlenmiştir. Topraktaki mikro

elementlerde Anonim (1996, 2007) baz alınarak örnekler öncelikle yaş yakma cihazında (ETHOS EASY, Milestone S.r.l., İtalya) yüksek basınçta asit karışımıyla yakılmış, daha sonra filtre kağıdında süzülüp ICP-OES (Thermo Scientific iCAP 7000 Series) cihazında okuması yapılmıştır. Toprakların kimyasal özellikleri, toprak ile bitkilerin makro-mikro element ve ağır metal içeriklerinin belirlenmesi Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Laboratuvarında ve üniversite bünyesinde yer alan Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır.

### İstatistiksel Analiz

Denemede elde edilen veriler SPSS (Ver. 21) istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasında farkın olup olmadığının belirlenmesinde one-way ANOVA varyans analizi kullanılmış ve önemlilik düzeyi de Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir (Duncan 1955; Açıköz 1993).

### Bulgular

#### Sulama suyu kalite özellikleri

Sulama sularının bazı kimyasal bileşenleri, makro ve mikro element ve ağır metal içerikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, denemede kullanılan temiz suyun pH değerlerinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne (Anonim 2008) göre 1. sınıf su sınıflamasına girdiği görülmektedir. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim 2010)’ne göre temiz suyun elektriksel iletkenlik (EC) değeri 1. sınıf su, arıtılmış atık suyun ise 2. sınıf su kategorisindedir. Suların AKM miktarları da kullanılabilir sınır değerinin (50 mg l<sup>-1</sup>) altında kalmıştır (Anonim, 2010).

**Çizelge 3. Sulama sularının bazı kimyasal ve mikro element içerikleri**

**Tablo 3. Some chemical and micro element contents of irrigation waters**

Parametreler	Temiz su	Arıtılmış atık su	Parametreler	Temiz su	Arıtılmış atık su
pH	8.15-8.40	7.15-7.90	B (mg l <sup>-1</sup> )	0.0-0.06	0.27-0.44
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.359-0.415	0.918-1.052	Mn (mg l <sup>-1</sup> )	0.004-0.011	0.048-0.074
Ca (me l <sup>-1</sup> )	0.83-1.01	2.45-2.69	Cu (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.010-0.016
Mg (me l <sup>-1</sup> )	1.37-1.60	3.08-3.57	Fe (mg l <sup>-1</sup> )	0.042-0.072	0.351-0.484
Na (me l <sup>-1</sup> )	0.83-1.01	4.14-4.72	Zn (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.007-0.013
K (me l <sup>-1</sup> )	0.09-0.16	0.95-1.14	Cr (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.002-0.004
CO <sub>3</sub> (me l <sup>-1</sup> )	-	-	Cd (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.001-0.002
HCO <sub>3</sub> (me l <sup>-1</sup> )	1.86-2.34	5.37-5.74	Ni (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.019-0.031
Cl (me l <sup>-1</sup> )	0.35-0.48	1.76-2.03	Pb (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.004-0.008
SO <sub>4</sub> (me l <sup>-1</sup> )	0.55-0.70	1.39-1.78	SAR	0.74-0.85	2.44-2.81
TN (mg l <sup>-1</sup> )	-	8.25-10.52	RSC (me l <sup>-1</sup> )	-	0.05
TP (mg l <sup>-1</sup> )	-	0.68-1.24	% Na	25.0-26.7	37.7-41.7
AKM (mg l <sup>-1</sup> )	-	24-34	BOI <sub>5</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	-	20.1-25.8
KOI (mg l <sup>-1</sup> )	-	33.4-40.5	Fekal koliform (EMS 100 ml <sup>-1</sup> )	-	120-185

% Na ve SAR değerlerinin arıtılmış atık sularda daha yüksek olduğu görülmüş ancak sulamada kullanılabilir sınırlar içerisinde kaldığı anlaşılmıştır (Ayers ve Westcot 1994; Anonim 2010; Kanber ve Ünlü 2010). Anonim (2010)’a göre her iki sulama suyunun Cl, B, K ve SO<sub>4</sub> içerikleri kullanılmasında sakınca olmayan sular sınıfında yer almıştır.

Arıtılmış atık suların Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Cd, Ni ve Pb içerikleri Atık su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim 2010) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA 2004) sınır değerlerinin altında kaldığından sulamada kullanılmasında sakınca bulunmamaktadır Atık suların besleyici özelliklerinin başında zengin azot ve fosfor içerikleri gelmektedir. Arıtılmış atık suların toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) içeriklerine göre değerlendirildiğinde IV. sınıf sular oldukları görülmektedir (Anonim 2008). Denemede kullanılan arıtılmış atık suyun Anonim (2008)’e göre sınır değerleri dikkate alındığında, KOİ değerleri

bakımından II. Sınıfta olduğu, BOİ değerleri açısından ise IV. sınıfta yer aldığı görülmektedir. Ayrıca fekal koliform içeriği yönünden yapılan değerlendirmeler sonucunda da 2. sınıfta olduğu belirlenmiş olup kullanımında sıkıntı bulunmamaktadır.

#### Uygulanan sulama suyu miktarları

Çalışmada temiz su ve arıtılmış atık su konularına eşit miktarlarda sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 4). Her iki deneme yılında tohum ekimi sonrası homojen bir çıkışı sağlamak amacıyla planlı sulamalara kadar yağmurlama sulama yöntemi ile 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla 92,7 mm ve 55,0 mm temiz su bütün parsellere eşit miktarlarda uygulanmıştır. Denemenin birinci yılında toplam 14, ikinci yılında ise 13 defa sulama yapılmıştır. Denemenin ikinci yılında hava sıcaklıklarının daha düşük seyretmesinden dolayı birinci yıla göre YA yönteminde % 5,6-23,0; YÜ yönteminde % 5,8-20,5 ve GS yönteminde % 2,5- 13,2 arasında değişen oranlarda daha az sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 4. Uygulanan mevsimlik sulama suyu miktarları (mm)

Table 4. Applied seasonal irrigation water amounts (mm)

Sulama yöntemi	Sulama seviyesi	Sulama suyu miktarı (mm)	
		2015	2016
YA	K0	305.9	289.8
	K1	233.4	209.9
	K2	163.0	132.5
YÜ	K0	386.2	365.0
	K1	286.4	259.6
	K2	163.0	157.3
GS	K0	591.2	577.0
	K1	421.7	399.5
	K2	257.2	227.3

YA: yüzey altı damla sulama yöntemi; YÜ: yüzey üstü damla sulama yöntemi; GS: geleneksel karık sulama yöntemi, K0: Tam sulama; K1: % 33 kısıtlı sulama; K2: % 67 kısıtlı sulama

Çalışmanın her iki yılında da sulama aralığı 7-9 gün arasında değişmiş, en kısa sulama aralıkları sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşmiştir. Damla sulama yöntemlerinde (YA ve YÜ) daha az su uygulanmasının sebebi ıslatma oranının 1'den düşük seçilmesidir. Birçok araştırmacı da damla sulama yönteminde uygulanan sulama suyu miktarının karık sulama yöntemine göre daha az olduğunu belirtmiştir (Orta ve ark. 2000; İbragimov ve ark. 2007; Kesmez 2009; Okursoy, 2009; Ghamarnia ve Sephiri 2010).

#### Bitkilerin makro element içerikleri

Yüzey altı ve yüzey üstü damla sulama ile geleneksel karık sulama yöntemlerinde farklı uygulamalar altında bitkilerdeki N, P, K, Ca ve Mg içeriğindeki değişimler Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde, YA, YÜ ve GS yöntemlerinin üçünde de su kalitesinin ve sulama miktarlarının makro element (N, P, K, Ca ve Mg) içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Sulama suyu kısıtıyla element içerikleri azalmış, en yüksek N, P, K, Ca ve Mg içerikleri, her iki deneme yılında da arıtılmış atık su ile tam sulanan uygulamadan elde edilmiştir. Bunun sebebinin de atık suların temiz suya oranla bu elementleri daha fazla içermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çok sayıda araştırmacı, bitki gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin özellikle N, P ve K'un atık sularla temiz suya kıyasla daha fazla bulunduğunu belirtmişlerdir (Zavadi 2009; Challam and Chaturvedi 2013; Mousavi ve ark. 2013; Fesliyen 2017). Cicek ve ark. (2013) atık sularla sulanan buğday bitkisinde N, P, K, Ca, Mg içeriklerinde artış olduğunu bildirmiştir.



Qadir ve ark. (2007) evsel atık suyun tarımda kullanımı ile bitkiye ve topraklara potasyum katkısı sağlanacağını ifade etmişlerdir.

### Bitkilerin mikro element ve ağır metal içerikleri

Çizelge 6 ve Çizelge 7 incelendiğinde tüm sulama yöntemlerinde sulama miktarının azalışıyla mikro element ve ağır metal içerikleri azalmış, AS konularında TS uygulamalarına göre istatistiksel olarak daha önemli değerler gözlemlenmiştir. Bitkiye verilen sulama suyu miktarının azalışına bağlı olarak bitkide de elementlerin daha az birikmesi birçok çalışmada da tespit edilmiştir (Kuslu ve ark. 2008; Simsek ve ark. 2011; Kuscü ve ark. 2014; Sahin ve ark. 2015). Geleneksel karık yönteminde Cu, Pb ve Cr içerikleri, yüzey altı damla sulama yönteminde ise diğer mikro ve ağır metaller atık suyla tam sulanan konuda en yüksek miktarlarda belirlenmiştir. Hem makro hem de mikro element ve ağır metal içeriklerinin (Cu, Pb ve Cr hariç) yüzey altı damla sulama yönteminde daha fazla birikmesi, bu yöntemde bitki kök bölgesine doğrudan verilen suyun, azalan buharlaşma kayıplarından dolayı transpirasyonda daha fazla kullanımıyla açıklanabilir. Ayrıca atık suyla sulama koşullarında daha yüksek makro ve mikro element ve ağır metal içeriklerinin belirlenmiş olması da kullanılan atık suların ağır metal ve mikro element içermeleriyle açıklanabilir.

Deneme sonunda tüm sulama yöntemlerinde AS koşullarında bitki ağır metal içerik sıralaması sırasıyla Fe > Mn > Zn > B > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd olarak belirlenmiştir. Galavi ve ark. (2010), sorgum bitkisinin sulanmasında AS kullanımında bitkideki Fe, Cu, Zn, Pb ve Mn içeriklerinde temiz suya oranla artışların olduğunu bildirmişlerdir. Arora ve ark. (2008) ve Qureshi ve ark. (2016), şalgam, turp ve havuç bitkisinin artırılmış atık suyla sulanması sonucunda bitkideki ağır metal birikiminin Fe > Mn > Zn > Cu şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalardan atık suyun bitkilerde mikro element ve ağır metal içeriklerini artırdığı anlaşılmaktadır.

### Çizelge 5. Farklı sulama yöntemlerinde uygulamaların makro element içeriklerine etkisi (2015-2016)

Table 5. The effect of different irrigation methods on macro element contents (2015-2016)

El.	Sulama Seviyesi	YA			YÜ			GS		
		AS	TS	Ort.	AS	TS	Ort.	AS	TS	Ort.
N (%)	K0	2.05 a**	1.49 c	1.77 A**	2.01 a**	1.52 c	1.77 A**	2.02 a**	1.47 c	1.74 A**
	K1	1.87 b	1.39 d	1.63 B	1.82 b	1.39 d	1.61 B	1.79 b	1.35 d	1.57 B
	K2	1.14 e	1.02 f	1.08 C	1.14 e	1.01 f	1.08 C	0.97 e	0.93 e	0.95 C
	Ort.	1.69 A**	1.30 B		1.66 A**	1.31 B		1.59 A**	1.25 B	
P (mg/kg)	K0	0.63 a**	0.44 c	0.53 A**	0.60 a**	0.44 c	0.52 A**	0.55 a**	0.44 c	0.50 A**
	K1	0.55 b	0.40 d	0.47 B	0.52 b	0.39 d	0.46 B	0.49 b	0.37 d	0.43 B
	K2	0.32 e	0.29 f	0.31 C	0.32 e	0.29 f	0.31 C	0.28 e	0.27 e	0.28 C
	Ort.	0.50 A**	0.38 B		0.48 A**	0.37 B		0.44 A**	0.36 B	
K (mg/kg)	K0	1.87 a**	1.40 c	1.63 A**	1.83 a**	1.37 c	1.60 A**	1.82 a**	1.42 c	1.62 A**
	K1	1.63 b	1.21 d	1.42 B	1.56 b	1.21 d	1.38 B	1.55 b	1.7 d	1.36 B
	K2	0.93 e	0.89 e	0.91 C	1.00 e	0.89 f	0.95 C	0.89 e	0.77 f	0.83 C
	Ort.	1.48 A**	1.17 B		1.46 A**	1.16 B		1.42 A**	1.12 B	
Ca (mg/kg)	K0	0.84 a**	0.69 b	0.77 A**	0.83 a**	0.69 b	0.76 A**	0.77 a**	0.69 b	0.73 A**
	K1	0.71 b	0.62 c	0.66 B	0.69 b	0.59 c	0.64 B	0.66 b	0.58 c	0.62 B
	K2	0.34 d	0.32 d	0.33 C	0.29 e	0.32 d	0.30 C	0.26 e	0.31 d	0.29 C
	Ort.	0.63 A**	0.54 B		0.60 A**	0.53 B		0.56 A**	0.53 B	
Mg (mg/kg)	K0	0.84 a**	0.57 c	0.70 A**	0.83 a**	0.59 c	0.71 A**	0.81 a**	0.50 c	0.65 A**
	K1	0.73 b	0.45 d	0.59 B	0.73 b	0.45 d	0.59 B	0.70 b	0.39 d	0.55 B
	K2	0.29 e	0.26 e	0.27 C	0.26 f	0.25 e	0.25 C	0.25 e	0.22 e	0.23 C
	Ort.	0.62 A**	0.43 B		0.60 A**	0.43 B		0.58 A**	0.37 B	

El: element; YA: yüzey altı damla sulama; YÜ: yüzey üstü damla sulama; GS: geleneksel karık sulama; AS: artırılmış atık su; TS: temiz su; K0: tam sulama; K1: % 33 kısıtlı sulama; K2: % 67 kısıtlı sulama; \*: p<0.05 \*\*: p<0.

Çizelge 6. Farklı sulama yöntemlerinde uygulamaların bitki mikro element içeriklerine etkisi (2015-2016)

Table 6. The effect of different irrigation methods on plant micro element contents (2015-2016)

El.	Sulama Seviyesi	YA			YÜ			GS		
		AS	TS	Ort.	AS	TS	Ort.	AS	TS	Ort.
B (mg/kg)	K0	20.6 a**	16.0 c	18.3 A**	20.6 a**	16.6 c	18.6 A**	20.1 a*	16.3 b	18.2 A**
	K1	18.4 b	14.0 d	16.2 B	18.0 b	14.5 d	16.2 B	16.9 b	13.9 c	15.4 B
	K2	8.6 e	7.6 e	8.1 C	8.4 e	7.8 e	8.1 C	9.2 d	7.5 e	8.4 C
	Ort.	15.9 A**	12.5 B		15.7 A**	13.0 B		15.4 A**	12.6 B	
Fe (mg/kg)	K0	175.5 a**	133.8 c	154.6 A**	167.4 a**	128.0 c	147.7 A**	164.4 a**	122.7 c	143.5 A**
	K1	154.8 b	129.5 c	142.2 B	155.6 b	121.1 d	138.4 B	138.4 b	108.0 d	123.2 B
	K2	113.1 d	102.5 e	107.8 C	108.6 e	96.4 f	102.5 C	103.3 d	92.0 e	97.7 C
	Ort.	147.8 A**	121.9 B		143.9 A**	115.2 B		135.4 A**	107.5 B	

El: element; YA: yüzey altı damla sulama; YÜ: yüzey üstü damla sulama; GS: geleneksel karık sulama; AS: artırılmış atık su; TS: temiz su; K0: tam sulama; K1: % 33 kısıtlı sulama; K2: % 67 kısıtlı sulama; \*: p<0.05 \*\*: p<0.01

Çizelge 7. Farklı sulama yöntemlerinde uygulamaların bitki ağır metal içeriklerine etkisi (2015-2016)

Table 7. The effect of different irrigation methods on plant heavy metal contents (2015-2016)

El.	Sulama Seviyesi	YA			YÜ			GS		
		AS	TS	Ort.	AS	TS	Ort.	AS	TS	Ort.
Cu (mg/kg)	K0	9.13 a**	3.09 c	6.11 A**	8.68 a**	3.21 c	5.94 A**	10.02 a**	3.37 c	6.70 A**
	K1	6.86 b	2.76 cd	4.81 B	6.55 b	2.53 d	4.54 B	6.65 b	2.54 d	4.60 B
	K2	2.50 d	1.59 d	2.04 C	2.42 d	1.79 e	2.10 C	2.88 cd	1.55 e	2.21 C
	Ort.	6.16 A**	2.48 B		5.88 A**	2.51 B		6.52 A**	2.49 B	
Mn (mg/kg)	K0	60.5 a**	20.8 c	406 A**	56.3 a**	19.6 c	38.0 A**	53.0 a**	19.1 c	36.0 A**
	K1	48.6 b	16.6 d	32.6 B	44.9 b	16.6 d	30.7 B	40.9 b	14.0 d	27.4 B
	K2	15.6 d	10.2 e	12.9 C	14.8 e	9.3 f	12.1 C	14.6 d	10.4 e	12.5 C
	Ort.	41.6 A**	15.9 B		38.7 A**	15.2 B		36.2 A**	14.5 B	
Zn (mg/kg)	K0	43.8 a**	23.0 c	33.4 A**	38.3 a**	20.8 c	29.6 A**	40.0 a**	20.8 c	30.4 A**
	K1	36.5 b	23.2 c	29.8 B	34.1 b	18.2 d	26.1 B	32.7 b	18.1 d	25.4 B
	K2	19.4 d	11.7 e	15.5 C	18.1 d	12.6 e	15.3 C	17.7 d	10.6 e	14.2 C
	Ort.	33.2 A**	19.3 B		30.2 A**	17.2 B		30.1 A**	16.5 B	
Pb (mg/kg)	K0	0.314 a**	0.049 d	0.101 A**	0.321 a**	0.070 d	0.195 A**	0.364 a**	0.065 d	0.214 A**
	K1	0.279 b	0.047 de	0.163 B	0.301 b	0.064 d	0.182 B	0.299 b	0.073 d	0.186 B
	K2	0.135 c	0.037 e	0.086 C	0.167 c	0.051 e	0.109 C	0.168 d	0.056 d	0.112 C
	Ort.	0.243 A**	0.044 B		0.263 A**	0.062 B		0.277 A**	0.065 B	
Cd (mg/kg)	K0	0.167 a**	0.065 c	0.117 A**	0.164 a**	0.064 c	0.114 A**	0.157 a**	0.062 c	0.109 A**
	K1	0.128 b	0.053 d	0.090 B	0.122 b	0.054 cd	0.088 B	0.126 b	0.053 cd	0.090 B
	K2	0.044 c	0.023 e	0.033 C	0.043 c	0.020 e	0.032 C	0.046 d	0.020 e	0.033 C
	Ort.	0.114 A**	0.047 B		0.110 A**	0.046 B		0.110 A**	0.045 B	
Cr (mg/kg)	K0	1.32 a**	0.30 d	0.81 A**	1.31 a**	0.25 d	0.78 A**	1.39 a**	0.22 d	0.81 A**
	K1	1.07 b	0.22 e	0.65 B	1.05 b	0.19 de	0.62 B	1.11 b	0.17 de	0.64 B
	K2	0.58 c	0.15 f	0.37 C	0.54 c	0.15 e	0.35 C	0.72 c	0.14 e	0.43 C
	Ort.	0.99 A**	0.22 B		0.97 A**	0.20 B		1.07 A**	0.18 B	
Ni (mg/kg)	K0	0.197 a**	0.022 d	0.110 A**	0.182 a**	0.020 d	0.101 A**	0.178 a**	0.018 d	0.098 A**
	K1	0.173 b	0.018 d	0.095 B	0.152 b	0.016 d	0.084 B	0.154 b	0.016 d	0.085 B
	K2	0.071 c	0.011 d	0.041 C	0.071 c	0.011 d	0.041 C	0.077 c	0.010 d	0.043 C
	Ort.	0.147 A**	0.017 B		0.135 A**	0.016 B		0.136 A**	0.015 B	

El: element; YA: yüzey altı damla sulama; YÜ: yüzey üstü damla sulama; GS: geleneksel karık sulama; AS: artırılmış atık su; TS: temiz su; K0: tam sulama; K1: % 33 kısıtlı sulama; K2: % 67 kısıtlı sulama; \*: p<0.05 \*\*: p<0.01



### **Sonuç**

Denemede kullanılan temiz ve arıtılmış atık suların pH, EC, SAR değerleri incelendiğinde; bu suların sulamada kullanımında sıkıntı olmayan sular sınıfında yer aldığı görülmektedir. Arıtılmış atık sular toplam N, toplam P içerikleri ve BOİ5 değeri bakımından 4. sınıf, fekal koliform miktarına göre de 2. sınıf su olarak değerlendirilmiştir.

En düşük sulama suyu gereksinimi 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla 234.1 mm ve 210.7 mm ile yüzey altı damla sulama yönteminde, en yüksek ise yine sırasıyla 423.4 mm ve 401.3 mm ile geleneksel karık sulama yönteminde belirlenmiştir. YA sulama yönteminde YÜ ve GS sulama yöntemlerine kıyasla sırasıyla % 21 ve % 49 oranında daha az sulama suyu kullanılmıştır

Arıtılmış atık su uygulamalarında temiz suya kıyasla bitkinin N, P, K, Ca, Mg, B ve Fe içeriklerinde sırasıyla yaklaşık %28, %28, %26, %12, %47, %23 ve %24 oranlarında artışlar tespit edilmiştir. Ağır metal içeriklerinde (Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr ve Ni) ise %75 - %770 arasında değişimler gözlemlenmiştir. Bütün sulama yöntemlerinde birikim sıralaması Fe > Mn > Zn > B > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd şeklinde gerçekleşmiş ve elde edilen değerler toksik etki yaratabilecek seviyelerin altında kalmıştır. Bitkideki makro-mikro element ve ağır metal içerikleri tüm sulama yöntemlerinde su kısıtı uygulamasıyla birlikte azalış göstermiştir.

Çalışma sonucunda arıtılmış atık suların temiz su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda ve atık suyun bertarafı kapsamında silajlık mısır yetiştiriciliğinde kısa süreli kullanımda herhangi bir sorun yaratmadan kullanılabilceği belirlenmiştir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, sorumlu yazarın doktora çalışmasının bir kısmıdır.

## Kaynakça/References

- Açıkgöz N 1993. Tarımda Araştırma ve Deneme Metotları. E.Ü.Z.F. Yayınları, No: 478, III. Basım, İzmir.
- Allison, L., Bollen, W.B., Moodie, C.D., 1965. Total carbon. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 1346-1366.
- Amiri, S.S., Maralian, H., Aghabarati, A., 2008. Heavy metal accumulation in under crown *Olea europaea* L forest irrigated with wastewater. *African Journal of Biotechnology*, 7(21), 3912-3916.
- Anonim 1996. Acid digestion of sediments, sludges, and soils. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf> (11.08.2015).
- Anonim 2007. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3051a.pdf> (11.08.2015).
- Anonim 2008. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm> (15.07.2018).
- Anonim 2010. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm> (20.03.2018).
- Anonim 2015. AOAC, "Official methods of analysis", method 979.09 <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=27450> (11.12.2015).
- Anonim 2016. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN> (19.01.2018).
- APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [https://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/SMWW\\_1000-3000.pdf](https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf) (05.07.2015).
- Arora M, Kiran B, Rani S, Rani A, Kaur B, Mittal N 2008. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*, 111(4): 811-815.
- Ayers RS, Westcot DW 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper-29 Rev.1., Rome, Italy.
- Ayyıldız M 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879/244.
- Becerra-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC 2015. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75: 117-135.
- Calzadilla A, Rehdanz K, Tol RS 2011. Water scarcity and the impact of improved irrigation management: a computable general equilibrium analysis. *Agricultural Economics*, 42: 305-323.
- Challam BS, Chaturvedi SS 2013. Effect of treated dairy effluent on height and yield of *Zea mays* L. *Rasayan Journal of Chemistry*, 6(2): 153-157.
- Cicek A, Karaman MR, Turan M, Gunes A, Cigdem A 2013. Yield and nutrient status of wheat plant (*T. aestivum*) influenced by municipal wastewater irrigation. *Journal Food Agricultural Environment*, 11, 733-737.
- Çakmakcı T, Uçar Y, Erbaş S 2016. Atık su uygulamalarının kanola'da (*brassica napus* l.) yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2): 145-151.
- Duncan DB 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11(1): 1-42.
- Eckner KF 1998. Comparison of membran filtration and multiple-tube fermentation by the coliert and enterolent methods for detection of waterborne coliform bacteria and bathing water quality monitoring in Southern Sweden. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(8): 3079-3083.
- EPA 2004. Guidelines For Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Fesliyen K 2017. Evsel Atıksuların Sulama Amaçlı Yeniden Kullanılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 277 s.
- Galavi M, Jalali A, Ramroodi M, Mousavi SR, Galavi H 2010. Effects of treated municipal wastewater on soil chemical properties and heavy metal uptake by sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Agricultural Science*, 2(3): 235-241.
- Ghamarnia H, Sepehri S 2010. Different irrigation regimes affect water use, yield and other yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) crop in a semi-arid region of Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2): 590-593.
- Güngör Y, Yıldırım O 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları 1155, 371 s, Ankara.
- HACH 2005. DR 5000 Spectrometer Procedures Manuel, <http://tr.hach.com/quicksearchdownloadsearch.jsa?keywords=kullan%C4%B1> (25.06.2016).
- HACH 2010. Hach Bodtrak II, <http://tr.hach.com/bod-trak-ii-aksesuarlar-ile-birlikte-respirometrikboi-ayrilar/productdownloads> (Erişim tarihi: 25.06.2016).
- Hussain I, Raschid L, Hanjra MA, Marikar F, Van Der Hoek W 2002. Wastewater Use in Agriculture: Review of Impacts and Methodological Issues in Valuing Impacts: with an Extended List of Bibliographical References, Iwmi.
- İbragimov N, Eveet S, Esanbekov Y, Kamilov BS, Mirzaev L, Lamers JP, 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agricultural Water Management*, 90: 112-120.
- Kanber R, Ünlü M 2010. Tarımda su ve toprak tuzluluğu. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281, Kitap No: A-87, Adana.
- Kesmez GD 2009. Karık ve damla sulama yöntemlerinin aşılı domateste meyve verimi kalitesi ile toprak tuzluluğuna etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Doktora Tezi, 100 s.
- Khan, M.A., Shaukat, S.S., Khan, M.A., 2009. Growth, yield and nutrient content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) using treated wastewater from waste stabilization ponds. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1391-1399.
- Kiziloglu FM, Turan M, Sahin U, Angin I, Anapali O, Okuroglu M 2007. Effects of wastewater irrigation on soil and cabbage-plant (*brassica oleracea* var. capitata cv. yalova-1) chemical properties. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(1): 166-172.

- Kuslu Y, Dursun A, Sahin U, Kiziloglu FM, Turan M 2008. Effect of deficit irrigation on curly lettuce grown under semiarid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(4): 714-719.
- Kuscu H, Turhan A, Ozmen N, Aydinol P, Demir AO 2014. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(2), 103-114.
- Mousavi SR, Balali-Mood M, Riahi-Zanjani B, Yousefzadeh H, Sadeghi M 2013. Concentrations of mercury, lead, chromium, cadmium, arsenic and aluminum in irrigation water wells and wastewaters used for agriculture in Mashhad, northeastern Iran. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 4(2): 80-86.
- Okursoy H 2009. Trakya koşullarında farklı sulama yöntemleri altında ikinci ürün silajlık mısırın su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Doktora Tezi, 176 s.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanable, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular No: 939, Washington D.C.
- Orta H, Yüksel AN, Erdem T 2000. Tekirdağ koşullarında farklı sulama yöntemlerinin elma ağaçlarının su tüketimine etkisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 6(3), 109-115.
- Richards LA., 1954. Diagnosis and improvements salina and alkali soils. U.S. Department Agriculture Handbook 60, Stroudsburg, U.S.A.
- Richards, K. 1982: Rivers: form and process in alluvial channels. London: Methuen
- Rusan, M.J.M., Hinnawi, S., Rousan, L., 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*, 215(1-3), 143-152.
- Sahin U, Kuslu Y, Kiziloglu FM 2015. Response of cucumbers to different irrigation regimes applied through drip-irrigation system. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(1): 198-205.
- Selim, M.M., 2008. Evaluation of the re-use of treated wastewater for irrigation. *Acta Agronomica Hungarica*, 56(4), 477-484.
- Simsek M, Can A, Denek N, Tonkaz T 2011. The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(31): 5869-5877.
- Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, Minhas PS, Drechsel P, Bahri A, Mccormick PG, Abaidoo R, Attia F, Elgumdy S 2007. Agricultural use of marginal-quality water: opportunities and challenges. In: MODEN, D. (ed.) *Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, London and International Water Management Institute, Colombo.
- Qadir M, Scott CA 2010. Non-Pathogenic Trade-Offs of Wastewater Irrigation. In: Drechsel, P., Scott, C. A., Raschid-Sally, L., Redwood, M. & Bahri, A. (Eds.) *Wastewater Irrigation and Health: Assessing and Mitigating Risk in Low Income Countries*. London: Earthscan.
- Qureshi AS, Hussain MI, Ismail S, Khan QM 2016. Evaluating heavy metal accumulation and potential health risks in vegetables irrigated with treated wastewater. *Chemosphere*, 163: 54-61.
- Tripathi VK, Rajput TBS, Patel N 2016. Biometric properties and selected chemical concentration of cauliflower influenced by wastewater applied through surface and subsurface drip irrigation system. *Journal of Cleaner Production*, 139: 396-406.
- Tüzüner A 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyışleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Walkey, A., 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251-263.
- WHO 2006. Guidelines for the Safe Use of Wasterwater Excreta and Greywater, volume2: wastewater use in agriculture, World Health Organisation, Geneva.
- Zavdil J 2009. The effect of municipal wastewater irrigation on the yield and quality of vegetables and crops. *Soil Water Res*, 4(3): 91-103.

## A Research on the Determination of the Gasification Performance of Grass Pellets

Çim Peletlerinin Gazlaştırma Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

Bahar DİKEN\*<sup>1</sup>, Birol KAYIŞOĞLU<sup>1</sup>


### Abstract


The gasification is the process of converting fuels which mainly contain hydrocarbon such as coal, petroleum, biomass, and solid wastes, into syngas which have combustible gases mixture such as CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> by partial oxidation. In this research, grass pellets were gasified in two different equivalent air coefficients of ER= 0.26 and ER=0.39, and gasification performances of pellets were determined. Gasification was carried out in a micro-scale gasification system in the gasification laboratory of the biosystem engineering department. Performance values as a result of gasification obtained at ER = 0.29 and ER = 0.36 equivalent air ratios are as follows: Biomass fuel consumption rates (FCR) were 8.6 kg/h and 6.5 kg/h. The lower heating values of the syngas were 3831.7 kJ/Nm<sup>3</sup> and 3925.5 kJ/Nm<sup>3</sup>. The gas output rates (GFR) were calculated as 10.01 Nm<sup>3</sup>/h and 9.23 Nm<sup>3</sup>/h. The amounts of syngas produced per unit biomass (GM<sub>b</sub>) were 1.57 Nm<sup>3</sup>/kg and 1.96 Nm<sup>3</sup>/kg. The thermal efficiencies of gasification process were 39% and 50%. During the gasification process, the temperature at the core zone varied between 700-800 °C. The performance values obtained as a result of gasification of grass pellet were compared with the performance values obtained from the previous studies on the gasification of biomass. It has been observed that the performance values obtained with 0.36 of equivalent air ratio (ER) are closer to the performance values obtained in previous studies.

**Keywords:** Gasification, biomass, syngas, grass pellet, solid wastes

### Öz

Gazlaştırma, esas olarak kömür, petrol, biyokütle ve katı atıklar gibi hidrokarbon içeren yakıtların, kısmi oksidasyon ile CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> gibi yanıcı gaz karışımlarına sahip olan sentez gazı dönüştürülmesi işlemidir. Bu çalışmada çim peletleri ER=0.26 ve ER= 0.39 olmak üzere iki farklı hava fazlalık katsayısında gazlaştırılmıştır ve gazlaştırma performansları belirlenmiştir. Gazlaştırma işlemleri biyosistem mühendisliği bölümüne ait gazlaştırma laboratuvarında bulunan mikro ölçekli gazlaştırma sisteminde gerçekleştirilmiştir. ER=0.29 ve ER=0.39 hava fazlalık katsayılarıyla gazlaştırma sonucunda elde edilen performans değerleri aşağıdaki gibidir: Biyokütle yakıt tüketim oranları (FCR) sırasıyla 8.6 kg/h ve 6.5 kg/h olarak bulunmuştur. Elde edilen sentez gazların alt ısı değerleri 3831.7 kJ/Nm<sup>3</sup> ve 3925.5 kJ/Nm<sup>3</sup> olmuştur. Gaz çıkış oranları (GFR) 10.01 Nm<sup>3</sup>/h ve 9.23 Nm<sup>3</sup>/h olarak hesaplanmıştır. Birim biyokütle (GM<sub>b</sub>) başına üretilen sentez gaz miktarı 1.57 Nm<sup>3</sup>/kg ve 1.96 Nm<sup>3</sup>/kg olmuştur. Gazlaştırma işleminin ısısal verimi % 39 ve % 50 olarak hesaplanmıştır. Gazlaştırma işlemi sırasında kor bölgesindeki sıcaklık 700-800 °C arasında değişmiştir. Çim peletinin gazlaştırılması sonucu elde edilen performans değerleri, biyokütlenin gazlaştırılması ile ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalarda

\*<sup>1</sup> Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bahar DİKEN, Department of Agricultural Faculty Biosystem Engineering, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ/TURKEY. E-Mail : [bahar233423@hotmail.com](mailto:bahar233423@hotmail.com) .  OrcID:0000-0002-8087-7595

<sup>1</sup> Birol KAYIŞOĞLU, Department of Agricultural Faculty Biosystem Engineering, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ/TURKEY. E-Mail: [bkayisoglu@nku.edu.tr](mailto:bkayisoglu@nku.edu.tr) .  OrcID: 0000-0002-2885-3174

\*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2019

elde edilen performans değerleriyle karşılaştırılmıştır. ER =0.36 hava fazlalık katsayısında elde edilen performans değerlerinin önceki çalışmalarda elde edilen performans değerlerine daha yakın olduğu görölmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Gazlaştırma, biyokütle, sentez gaz, çim peleti, katı atıklar

The gasification process takes place in the reactor which is called gasifier and syngas which contains combustible gases such as CO, H<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> is obtained during this process (Rajvanshi, 1986). Since gasification is carried out by partial oxidation of carbon-containing materials, less oxygen is needed than normal combustion. The equivalent air ratio (ER) varies between 0.2 and 0.5 depending on the type of material used in gasification process (Zhu and Venderbosch, 2005). The gasification efficiency increases when pure oxygen, steam, CO<sub>2</sub> or a mixture of these gases with different ratios are used in the gasification process, but because of their high costs, air is generally used (Basu, 2006). The syngas obtained as a result of gasification is usually burned in gas engines to generate electrical energy. When it is used as an energy source in the CHP unit, additional heat energy is provided. The gasification has become prominent among solid waste-based electricity generation process technologies as a clean and environmentally friendly technology for its low emissions, low solid and liquid waste values. In the gasification process, there are less CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions compared to other combustion technologies (Basu, 2010). Although coal is generally used as raw material in large scale gasification plants, it is observed that the residues and wastes originating from biomass have started to be used in order to produce syngas in recent years. At the same time, research on gasification of biomass is also increasing.

The parameters with the greatest impact on the gasification process are the gasification reaction temperature and the equivalent ratio. The control of these parameters ensures that a syngas with an acceptable content of tars and particles is produced and there are no unwanted ash sintering effects caused by high temperatures in the reactor. In addition, the moisture content of the biomass is an important parameter. Furthermore, moisture contents above 15% lead to variations in the concentration of the components of the syngas generated, and therefore in its calorific power, thereby rendering the process unstable (Ruiz et al., 2013). Guangul et al. (2012) investigated the effect of air temperature on performance in the gasification of oil palm fronds. Results showed that preheating the gasifying air improved the volumetric percentage of H<sub>2</sub> from 8.47% to 10.53%, CO from 22.87% to 24.94%, CH<sub>4</sub> from 2.02% to 2.03%, and higher heating value from 4.66 to 5.31 MJ/Nm<sup>3</sup> of the syngas. In the study on gasification of uprooted tea shrub, the specific calorific value and the thermal efficiency of the obtained syngas were found 4.2 MJ/m<sup>3</sup> and 65%, respectively (Dutta and Baruah, 2014). In the gasification process of pine and various mixed-hardwood chips at different air speeds, the specific energy of the gas was approximately 6 MJ/m<sup>3</sup> (Elder and Groom, 2011). Rubber woods were gasified for tea drying. For this purpose, a downdraft gasifier with a thermal output of 80 KW was used. The average calorific values of obtained syngas changed between 4.18 and 4.62 MJ/m<sup>3</sup> (Jayah et al., 2003). Aktaş et al. (2017) have designed and manufactured a laboratory-type micro-scale gasifier. With this gasifier, paddy stalk and 15% coal dust 85% paddy stalk mixture pellets were gasified separately. It has been observed that coal dust increases the thermal value of the gas but reduces the gasification efficiency as it increases the specific gasification rate. A throatless type fixed bed downdraft gasifier prototype has been designed for rice straw gasification and rice straw was pelleted by using different additive materials and these pellet samples were gasified. The highest gasification efficiency was determined using pure rice straw as 64.8 % and the lowest gasification efficiency was determined using 15% coal dust doped pellets as 59.6% (Tuğ, 2016). Coconut shell and palm kernel shell pellets gasified in fixed bed downdraft gasifier at three different temperatures (700, 800 ve 900°C). The lower thermal value (LHV) of the syngas obtained as a result of gasification was found to be 4.01–5.39 MJ/Nm<sup>3</sup> (coconut shell) and 3.82–5.09 MJ/Nm<sup>3</sup> (palm kernel shell), respectively. The cold gas efficiency of the coconut shell waste is between 52.2-75.9% and 30.9-56.4% .The cold gas efficiency for palm kernel shell is between 59.0-81.5% and 33.0-57.1% (Yahaya et al., 2019). Fixed bed gasifiers are best suited for small-scale gasification systems. Since the material will move downward by gravity in these gasifiers, the density of the material and the height of the reactor should be sufficiently high. Fixed bed gasifiers are classified into downdraft, updraft and cross draft gasifiers depending on the gas flow direction (Rajvanshi, 1986). Updraft gasifiers are suitable for fuels having high ash content (up to 15%) and moisture content (up to 50%) and the resulting syngas contains a high amount of tar (50-100 g N<sup>-1</sup>m<sup>-3</sup>) (Chopra and Jain, 2007).

In this study, grass pellets were gasified by using a micro-scale downdraft and fixed bed gasifier, and gasification performance was determined of pellets at two different airflow rate.

## Material and Method

The grass pellets used in the research were obtained from the Agricultural Machinery and Technology Engineering Department of the Faculty of Agriculture of the Akdeniz University. The elemental and chemical analysis results of the grass pellet are given in Table 1 and Table 2.

**Table 1. Moisture, ash and volatile matter content of grass pellets (%)**

Ash content	Moisture	Volatile Substance		FC (Fixed Carbon)
		Original Base	Dry Base	Dry Base
14.91	7.98	65.78	71.85	13.24

**Table 2. Chemical analysis results of grass pellet (% wb)**

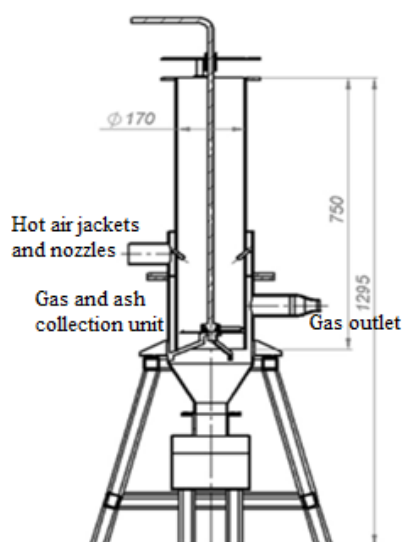
C	H	N	S	O
40.01	5.19	2.33	-	37.56

\*Hesaplanarak bulunmuştur (TSE, 1991).

### Gasification unit

The gasification unit used in the research is downdraft, fixed bed, and throatless type. The diameter and length of the reactor are 170 mm and 750 mm, respectively. The reactor is manufactured from high temperature and corrosion-resistant stainless steel (AISI 310S) in 5 mm thickness.

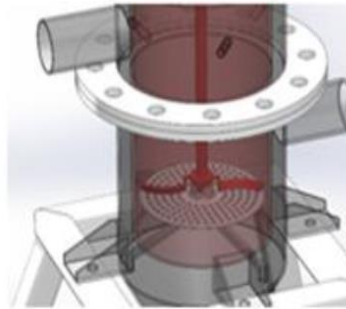
There are nozzles and hot air jacket for additional air inlets on the reactor. The additional air intake can be passed through this hot air jacket to the nozzles and from there into the reactor (oxidation zone). In this study, the gasifier used as an open top gasifier by keeping the top opened and keeping the nozzles closed. At the bottom of the reactor, there is a “gas and ash collection unit” where the syngas passing through the grid is delivered to the outlet line and at the same time the ash is collected (Figure 1).



**Figure 1. Schematic representation of the gasification reactor and main dimensions (Aktaş et al., 2017)**



There is a fixed grid 50 mm above the bottom of the reactor. The grill is supported by the legs on the gas and ash collection unit. A manually controlled stirrer is used for the evacuation of the ash formed under the core zone (Figure 2).



**Figure 2.** Mixer in the gasification system (Aktaş et al., 2017)

The cyclone in the gas outlet carries out the first stage of gas cleaning. After the cyclone, the syngas passes through the filtration unit in which has stainless steel chips as the retaining material, then into the cooling unit. A second filter after the cooling unit also completes the last step of the gas cleaning process (Figure 3.).



**Figure 3.** Gas cleaning system (Aktaş et al., 2017)

The flow rate of the obtained gas is measured with the help of an orifice plate and a differential pressure meter. The suction of the syngas in the reactor is provided by a speed controlled vacuum fan. A GREENCO 2RB 210-7AH16 model three-phase vacuum pump provides the discharge of syngas from the reactor. It can operate at 50 Hz (13 kPa) and 60 Hz (11 kPa) frequencies. The maximum airflow rate is 80 m<sup>3</sup>/h at 50 Hz and is 98 m<sup>3</sup>/h at 60 Hz. There is a gas sampling plug at the vacuum fan outlet. After sampling, unused gas is burned in a flare which is located outside the laboratory. The flow chart of the gasification unit is shown in Figure 4 (Aktaş et al., 2016).



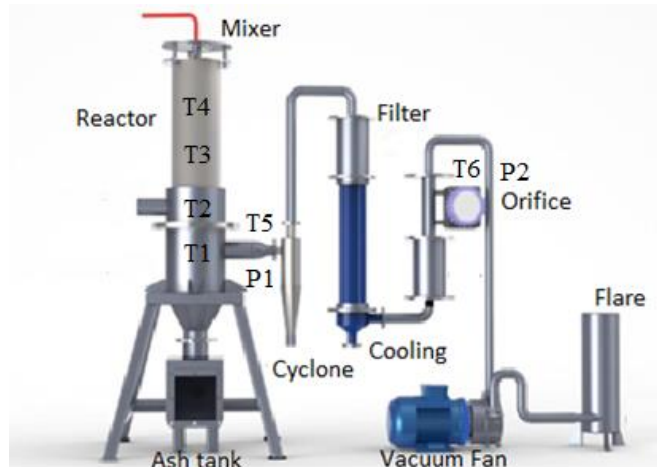


Figure 4. The flow chart of the gasification unit (Dalmış et al., 2018)

### Gas chromatography device

The chemical composition of syngas produced in the gasification process was measured by AGILENT 7890B model gas chromatograph device. This device measures the volumetric percentages of CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub> gases in the syngas.

### Measuring and control equipment

PLC controlled measurement, control, and automation devices and equipment have been used to control the operation of the gasification system and to display and record the data to be obtained from the gasification unit (Figure 5). The system is equipped with analog and digital input/output channels suitable for structural expansion.

As shown in Figure 6 different temperature measurements and two pressure measurements are made in this developed system. The speed control of the vacuum blower can also be controlled via the HMI panel using the inverter. The measured values can be saved via USB connection without any computer connection. All measured values are shown on the 7" TFT display screen on the system.



Figure 5. Measurement and control system (Dalmış et al., 2018)



Figure 6. Measurement and control equipment display screen

### Analysis of gas components and calculation of heat values

The lower heat value of the syngas was found by taking into account the molar ratios and the energy contents of the gas components in the unit mass of the produced syngas (Waldheim and Nilsson, 2001).

The lower and high heat values of the syngas are calculated by the following equations (Eq. 1,2):

$$LHV_g = (10,8. \%H_2 + 12,63. \%CO + 35,8. \%CH_4)/100 \quad \text{Eq. (1)}$$

$$HHV_g = (12,76. \%H_2 + 12,63. \%CO + 39,76. \%CH_4)/100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Where,  $LHV_g$  and  $HHV_g$  ( $\text{MJ}/\text{Nm}^3$ ) are the lower and high heat value of the syngas, respectively. In these equations, molar fractions of gases in the syngas are used.

### Gas and Air Flow Measurements

The gas flow measurement was carried out with an orifice type flow meter placed before the gas sample was taken in the gas line. In this study, the orifice plate made of 2mm stainless steel is placed between the flanges and the pipeline (2''). Orifice diameter is 18mm and flow rate calculations were made according to EN ISO 5761-2 (Tuğ et al., 2017).

The airflow rate was calculated by using the measured gas flow rate and the proportion of  $N_2$  in syngas. The amount of nitrogen was assumed as fixed in the air and in the syngas.  $NO_x$  compounds in syngas are neglected in the calculation of the syngas flow rate. The airflow rate was found by the following equation 3 (Tuğ, 2016).

$$AFR = \frac{GFR \cdot N_{2gas}}{N_{2air}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Where;  $GFR$  ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) is the syngas flow rate,  $N_{2air}$  is the proportion of nitrogen in the air (%),  $AFR$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) is the airflow rate supplied from the environment,  $N_{2gas}$  is the proportion of nitrogen in the syngas (%).

### Calculation of stoichiometric air volume

The amount of stoichiometric air was calculated with the following equation 4 (Corven, 2002):

$$SR = 0,31. HHV \quad \text{Eq. (4)}$$

### Calculation of specific gasification rate (SGR)

The specific gasification rate is the amount of biomass in the unit section of the reactor gasifies per unit time. It is one of the important parameters determining the performance of the reactor (Jain, 2006). For this purpose, the biomass consumption rate (FCR) was calculated primarily based on the amount of biomass consumed by the reactor during the operation time, equation (5).

$$FCR = \frac{m_b}{t} \quad \text{Eq. (5)}$$

Where; FCR (kg/h) is biomass consumption rate,  $m_b$  (kg) is the amount of biomass consumed during operation time (t (h)). Then the specific gasification rate was determined by the following equation 6;

$$SGR = \frac{FCR}{A_R} \quad \text{Eq. (6)}$$

Where; SGR (kg/hm<sup>2</sup>) is the specific gasification rate and  $A_R$  (m<sup>2</sup>) is the cross-sectional area of the reactor.

### Calculation of equivalence ratio (ER)

The equivalence ratio (ER) is calculated with the following equation 7 (Reed and Das, 1988):

$$ER = \frac{(AFR/FCR)}{SR_v} \quad \text{Eq. (7)}$$

Where; the ER equivalence ratio; AFR (m<sup>3</sup>/h) is the rate of air given to the reactor; FCR (kg/h) is the biomass fuel consumption rate and  $SR_v$  (m<sup>3</sup>/kg) is the volumetric flow of stoichiometric air required for combustion of 1 kg biomass fuel.

### Calculation of specific gas production rate (SGPR)

The amount of gas produced per unit time during gasification (GFR) was found by proportioning the reactor cross-sectional area (Tuğ, 2016). The specific gas production rate ratio (SGPR) is calculated with the following equation 8.

$$SGPR = \frac{GFR}{A_R} \quad \text{Eq. (8)}$$

### Determination of the amount of gas produced by the unit biomass

The amount of gas produced by the unit biomass ( $GM_b$ , Nm<sup>3</sup>/kg) was calculated by dividing the specific gas production rate (SGPR) by the specific gasification rate.

### Calculation of the gasification efficiency

First, the heat power of the biomass is found with the following equation 9;

$$P_b = \frac{FCR.LHV_b}{3600} \quad \text{Eq. (9)}$$

Where;  $P_b$  (kW) is the heat power of the biomass.

Then the heat power of the produced syngas is found by the following equation 10;

$$P_g = \frac{GFR \cdot LHV_g}{3600} \quad \text{Eq. (10)}$$

Where;  $P_g$  (kW) is the heat power of the produced syngas and GFR ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) is the syngas flow rate.

After calculating the thermal powers of the biomass and syngas, the thermal efficiency of the gasification process was found with the following equation 11;

$$\eta_G = \frac{P_g}{P_b} \cdot 100 \quad \text{Eq. (11)}$$

## Results and Discussion

### The amount of stoichiometric air in the pellet sample

The amount of stoichiometric air required for the complete burning of the grass pellet  $SR_m$  value was calculated as 5.093 kg-air/kg-biomass. Volumetric stoichiometric air at the temperature of 25 °C was calculated as 3.934  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

### Temperature changes during the gasification process

In the gasification process, the change of the core ( $T_1$ ), reduction ( $T_2$ ), pyrolysis ( $T_3$ ), drying zones ( $T_4$ ) and the temperature of the gas after reactor ( $T_5$ ) after cleaning ( $T_6$ ) are given in Figure 7. The temperature of the core zone reached a maximum level above 900 °C after 30 minutes of gasification. The temperature of the core zone changed between 700 °C and 800 °C. The most recent gas temperature ( $T_6$ ) remained constant at around 50 °C during the gasification process.

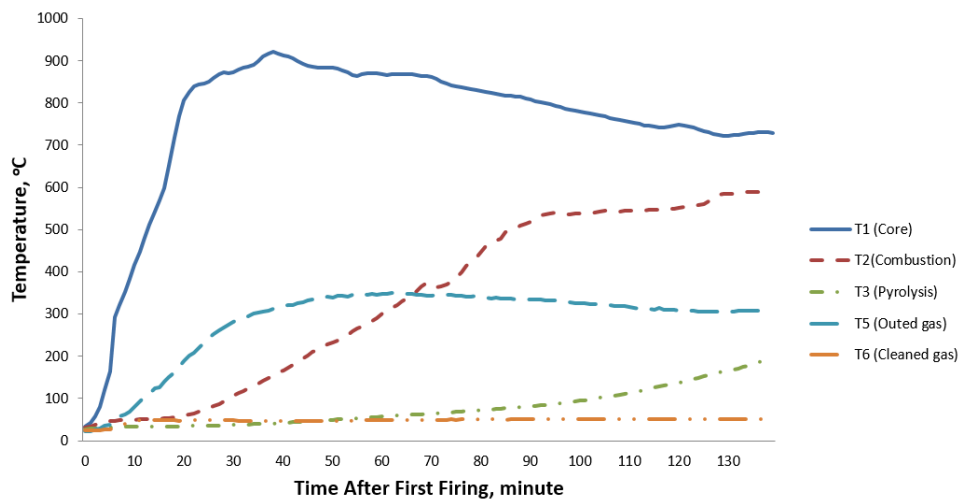


Figure 7. Temperature changes during the gasification process (ER=0.36)

In previous studies on rice pellet gasification, the temperature in the core zone was reported to be around 800 °C (Tuğ, 2016; Manatura et al., 2017). Jangsawang et al. (2015) stated the optimum ER values in core zone temperatures in the model they developed. Upadhyay et al. (2019) stated the temperature in the combustion and reduction zone were found in the range of 535 °C and 915°C respectively with the change in ER from 0.24 to 0.386. Bhoi et al. (2018) for switchgrass gasification, combustion zone temperatures of the reactor were found 724± 154, 734±94, 788±155 and 860±124 °C at the ER of 0.17, 0.22, 0.28 and 0.30, respectively and for redcedar gasification, combustion zone temperatures of the reactor were found 769±163,

772±153, 756±241 and 780± 135 °C at the ER of 0.16, 0.20, 0.24 and 0.29, respectively. Kotyczka et al. (2019), for a variety of biomass samples were found pyrolysis in the temperature range of 250-350 °C. In this study, the temperature of the core-zone was ranged from 700 °C to 800 °C and the temperature of the pyrolysis zone was ranged from 100 °C to 200 °C. The ER levels studied are at optimum levels depending on these temperatures.

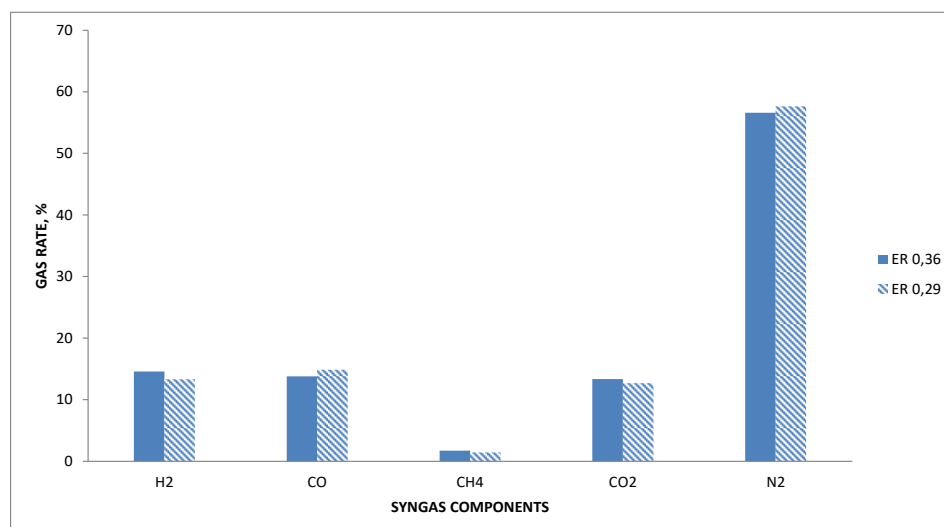
### Chemical composition and thermal value of the syngas

The experiments were done in two airflow rate. ER was 0.36 in the first airflow rate and 0.29 in the second airflow rate.

The components and the thermal values of the obtained syngas are given in Table 3. The ratio of hydrogen and methane was higher in the syngas obtained at ER=0.36. The lower heating values were found 3925.5 kJ/Nm<sup>3</sup> at ER = 0.36 and 3831.7 kJ/Nm<sup>3</sup> at ER = 0.29. Susastriawana et al. (2019) stated that lower heating values of the syngas changed between 2690 and 3500 kJ/Nm<sup>3</sup> at different equivalence ratios for gasification of the rice husk, sawdust, and the mixture.

**Table 3. Composition and heating values of syngas**

ER	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	LHV (kJ/Nm <sup>3</sup> )	HHV (kJ/Nm <sup>3</sup> )
<b>0.36</b>	14.56	13.78	1.72	13.33	56.61	3925.5	4283.2
<b>0.29</b>	13.33	14.87	1.45	12.68	57.67	3831.7	4154.7



**Figure 8. Gas components in the gasification process at ER=0.36 and ER=0.29**

Gas components obtained in the gasification process are given in Figure 8. CO, H<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> which are flammable gases increase the thermal efficiency of the syngas. In this study, the ratio of hydrogen and methane in the syngas at ER=0.36 was found higher than ER=0.29.

### Performance values of the gasification process

The biomass feed rate (FCR) at ER = 0.36 was lower, but the amount of gas produced per unit biomass was higher than ER=0.29. The rate of outflow of gas at ER=0.29 was higher (Table 4).

**Table 4. Performance values obtained in gasification process**

ER	FCR (kg/h)	GFR (Nm <sup>3</sup> /h)	AFR (Nm <sup>3</sup> /h)	SGR (kg/hm <sup>2</sup> )	SGPR (m/h)	GM <sub>b</sub> (Nm <sup>3</sup> /kg)
0.36	6.5	12.71	9.23	286.34	560.11	1.96
0.29	8.6	13.54	10.01	378.85	596.40	1.57

The amount of gas produced per unit biomass mass was found between 1.78 to 1.93 Nm<sup>3</sup>/kg in the study with rice straw (Tuğ, 2016). The value of GM<sub>b</sub> at ER=0.29 is below these values in this study. Simone et al. (2012) found that the specific gasification rate of biomass was between 2.2 and 2.4 Nm<sup>3</sup>/kg. When we look at previous studies, it is possible to say that the specific gasification rate of grass pellet is slightly lower than other biomass sources.

### The thermal efficiency of the gasification process

The thermal efficiency values obtained in the gasification process are given in Table 5. The thermal efficiency at ER=0.36 was higher than ER=0.29. Manatura et al. (2017) were found thermal efficiency between 44-68% in the rice paddy gasification. In the wood sawdust gasification thermal efficiency was between 67%-70% (Simone et al., 2012). Thermal efficiency was 65% in tea branches. Dutta and Baruah (2014) found thermal efficiency 59-64% in their research. Tuğ (2016) stated that thermal efficiency changed between 59-64% in rice straw gasification.

**Table 5. The thermal efficiency of the gasification process**

ER	P <sub>b</sub> (kW)	P <sub>g</sub> (kW)	Thermal Efficiency %
0.36	27.71	13.86	50
0.29	36.66	14.41	39

Optimum ER for switchgrass gasification was in the range of 0.22-0.28 based on the highest gasification efficiencies of 60-64% (Bhoi et al., 2018). In this study, especially in ER = 0.29, the thermal efficiency was very low compared to previous studies. The thermal efficiency of ER = 0.36 was found close to the gasification process with rice straw.

### Conclusions and Recommendations

The findings of the research can be summarized as follows;

ER value at the first airflow rate (9,23 m<sup>3</sup>/h) was 0.36, and 0.29 at the second airflow rate (10.01 m<sup>3</sup>/h). ER value limits specified between 0.20 and 0.50 in the literature (Tuğ, 2016; Manatura et al., 2017). The ER values obtained in this study were within the determined limits.

The biomass consumption rates (FCR) and the syngas flow rates (GFR) were 6.5 kg/h and 12.71 Nm<sup>3</sup>/h at ER=0.36, 8.6 kg/h and 13.54 Nm<sup>3</sup>/h at ER=0.29.

The gas production per unit biomass (GM<sub>b</sub>) at ER=0.36 and ER=0.29 was found 1.96 Nm<sup>3</sup>/kg and 1.57 Nm<sup>3</sup>/kg, respectively. It is possible to say that these values increase in proportion to the ER value.

In this study, thermal efficiencies in gasification were found 50% at ER = 0.36 and 39% at ER = 0.29. In this study, the thermal efficiency was lower than the other biomass gasification studies at both airflow rates.

At the beginning of the gasification, the temperature in the core zone was about 900 °C for 30-40 minutes. After that, it was ranged from 700 to 800 °C. These values are consistent with other biomass gasification values.

According to the results obtained, it is possible to say that the ER = 0.36 level is more suitable for the gasification process of the grass pellet.



## Kaynakça/References

- Aktaş, T., Dalmiş, İ.S., Tuğ, S., Dalmiş, F., Kayışoğlu, B. (2017). Çeltik saplarının gazlaştırılması amacıyla laboratuvar tipi bir gazlaştırıcının geliştirilmesi ve Denenmesi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 14(02): 119-128.
- Bhoi, Prakashbhai R., Huhnke, R. L., Kumar, Ajay., Thapa, Sunil., Indrawan, Natario. (2018) . Scale-up of a downdraft gasifier system for commercial scale mobile power generation. *Renewable Energy* 118 25-33.
- Basu, P. (2010). Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory, Canada.
- Basu, P. (2006). Combustion and gasification in fluidized beds. Taylor and Francis Group LLC, Canada p. 59-101
- Chopra, S., Jain, A. (2007). A review of fixed bed gasification systems for biomass. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, Invited Overview No. 5. Vol. IX:55-60.
- Corven, D. (2002). From biomass to diesel—technical and economic evaluation: biomass conversion to diesel by pyrolysis, gasification and Fischer-Tropsch. Graduation report. The University of Twente.
- Dutta, PP., Baruah, DC. (2014). Gasification of Tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) Shrubs for Black Tea Manufacturing Process Heat Generation in Assam, India. *Biomass and Bioenergy*, 66: 27-38.
- Dalmış, F., Tuğ, S., Dalmiş, İ.S., Aktaş, T., Kayışoğlu, B. (2018). Laboratuvar Tipi Gazlaştırıcılar İçin PLC Tabanlı Prototip Veri Toplama ve Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(01):143-156.
- Elder, T., Groom, LH. (2011). Pilot-scale gasification of woody biomass. *Biomass and Bioenergy*, 35: 3522-3528.
- European Standart EN ISO 5167-2 (2003). Measurement of fluid by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 2: Orifice plates (ISO 5167-2:2003).
- Guangul, FM., Sulaiman, SA., Ramli, A. (2012). Gasifier selection, design and gasification of oil palm fronds with preheated and unheated gasifying air. *Bioresource Technology*, 126: 224-232.
- Jain, AK. (2006). Design parameters for a rice husk throatless gasifier. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, Manuscript EE 05 012, Vol VIII: 45-49.
- Jangsawang, W., Laohalidanond, K., Kerdsuwan, S. (2015). Optimum equivalence ratio of biomass gasification process based on thermodynamic equilibrium model, *Energy Procedia* 79: 520-527.
- Jayah, TH., Aye, L., Fuller, RJ., Stewart, DF. (2003). Computer simulation of a woody downdraft gasifier for tea drying. *Biomass Bioenergy*, 25 :459-69.
- Kotyczka, M., Moranska. (2019). Semi-quantitative and multivariate analysis of the thermal degradation of carbon-oxygen double bonds in biomass *Journal of the Energy Institute* 92: 923-932.
- Manatura, K., Lu, JH., Wu, KT., Hsu, HT. (2017). Exergy analysis on torrefied rice husk pellet in fluidized bed gasification, *Applied Thermal Engineering*, 111: 1016-1024.
- Rajvanshi, AK. (1986). Alternative energy in Agriculture. CRC Press, Vol II, Chapter 4: 83-102.
- Ruiz, JA., Juarez, MC., Morales, MP., Munoz, P., Mendivil, MA. (2013). Biomass gasification for electricity generation: Review of current technology barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18: 174-183.
- Reed, TB., Das, A. (1988). Gasifier Fabrication and Manufacture. Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems. Solar Technical Information Program Operated for U.S. Energy Department 38-47, 48-50, Colorado, USA.
- Simone, M., Barontini, F., Nicoletta, C., Tognotti, L. (2012). Gasification of pelletized biomass in a pilot scale downdraft gasifier, *Bioresource Technology*, 116: 403-412.
- Susastriawana A.A.P., Saptoadib, Harwin., Purnomo. (2019). Comparison of the gasification performance in the downdraft fixed-bed gasifier fed by different feedstocks: Rice husk, sawdust, and their mixture. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 34 (2019) 27-34.
- Tuğ, S., Dalmiş, F. (2017). Influence of syngas composition on calculations of flow rate measured by using orifice plates. *International Scientific Conference (UNITECH 2017)*.
- Tuğ, S. (2016). *Çeltik Saplarının Gazlaştırılması İçin Mekanik Karıştırıcılı Aşağı Akışlı Prototip Bir Gazlaştırıcı Tasarımı*. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Upadhyay, Darshit S., Sakhiya, Anil Kumar., Panchal, Krunal., Patel, Amar H., Patel, Rajesh N. (2019). Effect of equivalence ratio on the performance of the downdraft gasifier—An experimental and modelling approach. *Energy* 168: 833-846.
- Waldheim, L., Nilsson, T. (2001). Heating value of gases from biomass gasification. Report prepared for: IEA Bioenergy Agreement, Task 20 – Thermal Gasification Process. Report no TPS-01/16 TPS Termiska Processer AB, Studsvik.
- Yahaya, AZ., Somalu, MR., Muchtar, A., Sulaiman, AS., Daud, WRW. (2019). Effect of Particle Size and Temperature on Gasification Performance of Coconut and Palm Kernel Shells in Downdraft Fixed Bed Reactor. *Energy*, 175: 931-940.
- Zhu, X., Venderbosch, R. (2005). A Correlation Between Stoichiometrical Ratio of Fuel and Its Higher Heating Value. *Fuel*, 84, 1007-1010.



## Türkiye'deki Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* M. Bieb) Popülasyonlarının Yayılış Gösterdiği Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler Bakımından Karşılaştırılması

A Comparison of Some Physical and Chemical Soil Characteristics of Crimean Juniper (*Juniperus excelsa* M. Bieb) Populations in Turkey

Özay Hasan EVREN<sup>1</sup>, Nuray KAYA<sup>2</sup>

### Öz

Boylu/Boz Ardıç (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) Türkiye'deki ardıç ormanlarının %82'lik kısmını oluşturmaktadır. Türkiye'deki ardıç ormanları içinde bu baskın türün yetiştiği toprak koşullarını araştırmak amacıyla coğrafik özellikleri bakımından farklı 20 popülasyondan toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri bünye, pH, tuzluluk, kireç, organik madde ve bazı mutlak besin elementleri miktarı bakımından analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprak bünyelerinin tınlı veya kumlu tın olduğu, pH değerlerinin 7,0-8,0 aralığında olduğu ve toprakların genellikle tuzsuz olduğu görülmüştür. Örneklerin çoğunda kireç ve organik madde miktarları orta veya yüksek düzeylerde bulunmuştur. Ca ve Fe miktarları fazla, P miktarı orta-yüksek, Cu miktarı yeterlidir. Ancak K, Mg, Zn ve Mn miktarları ise oldukça değişkendir. Hem bu çalışmanın hem de benzer diğer çalışmaların bulguları karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, boylu ardıcın yetişmek için ihtiyaç duyduğu toprak koşullarının oldukça esnek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında, bu türün zorlu toprak koşullarına uyum sağlayarak yetişebildiği ve ormanlar oluşturabildiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar da bu türün ekolojik önemini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Boylu Ardıç, ekolojik önem, esneklik, *Juniperus excelsa*, toprak özellikleri

### Abstract

Crimean Juniper (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) covers almost 82% of juniper forests in Turkey. To investigate the soil conditions where this species grows, the soil samples were taken from 20 geographically different populations. The soil samples were analyzed with respect to texture, pH, salinity, lime, organic matter and some nutrients which are important for plant growth. As a results; the soil textures were loamy and sandy loam. It was seen that pH values ranged from 7.0 to 8.0 and there was generally no salinity in the soil samples. The amounts of lime and organic matter were moderate to high in the majority of soil specimens. The amounts of Ca and Fe were high while the amount of P was moderate to high. However, the amounts of K, Mg, Zn and Mn were highly variable. When it was compared our study results and other similar research, we concluded that soil conditions of Crimean Juniper needed for grow were pretty flexible. Besides, it was seen that the individuals of this species were be able to grow by adapting to challenging soil conditions, and so they could form forests. All these conclusions reveal ecological importance of this species.

**Keywords:** Crimean Juniper, ecological importance, tolerance, *Juniperus excelsa*, soil properties.

<sup>1</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özay Hasan Evren, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya E-mail: [ozayevren86@gmail.com](mailto:ozayevren86@gmail.com)

<sup>1</sup>OrcID: 0000-0003-1932-2125

<sup>2</sup>Nuray Kaya, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya. E-mail: [nkaya@akdeniz.edu.tr](mailto:nkaya@akdeniz.edu.tr) <sup>2</sup>OrcID: 0000-0002-3227-6680

**Atf/Citation:** Evren, Ö, H, Kaya, N. Türkiye' deki boylu ardıç (*Juniperus excelsa* M. Bieb) popülasyonlarının yayılış gösterdiği toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından karşılaştırılması *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3), xx-xx.

\*Bu çalışma Doktora tezinden hazırlanmıştır. Bu çalışma Akd. Ü. BAP tarafından FDK-15-781 numaralı proje ile desteklenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2019

### Extendend Summary

Pure and mixed juniper forests are 4.29% of forest presence in Turkey and Crimean juniper (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) is covers almost 82% of juniper forests in Turkey (OGM, 2014). *J. excelsa* naturally also grows in Balkan Peninsula, Crimea, Cyprus, Syrian and Lebanese Mountains (Douaihy et al., 2011). To be able to realize optimum soil conditions is essential in order that forest protection and reforestation purposes. That’s why, investigated soil characteristics of forest trees is an important research area. There are two studies on researching soil properties of Crimean juniper forests in Turkey (Gülser et al., 2012; Şenol et al., 2018). However; they were on two restricted regions of Turkey (Lake District and Van-Gevaş). To investigate and obtain more generalizing information of the soil characteristics of Crimean Juniper populations grows in Turkey, the soil samples were taken from 20 geographically different populations which are mentioned in Coode and Cullen (1982) and OGM (2017b). Data about latitude, longitude, altitude, aspect, slope and lay of 20 populations were also recorded. All populations were demonstrated on a map by using information about latitudes and longitudes. After drying, grounding and sifting process, the soil samples were analyzed with respect to texture, lime, acidity (pH), electrical conductivity (salinity), organic matter and some nutrients (phosphorous, potassium, magnesium, calcium, iron, manganese, zinc and copper) which are important for plant growth. After that, the soils samples were classified with respect to texture, lime, pH, salinity, organic matter and the nutrients and statistically evaluated according to parameters of range, average with standard error, skewness and kurtosis. According to the results of analyses, percentages of sand, silt and clay were between 35-76, 12-50 and 5.6-25 respectively. The soil textures were sandy clay loam (1 samples), loamy (8 samples) and sandy loam (11 samples). It was seen that pH values ranged from 7.0 to 8.0 and soils were slightly-moderate alkaline. There was generally no salinity ( $EC < 2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) except two populations (Ankara-Beypazarı and Karabük-Eskipazar) in the soil samples. The amounts of lime (%0.5-60.8) and organic matter (%0.5-10.2) were moderate to high in the majority of soil specimens. The amounts of Ca (1.326-15.594  $\text{mg kg}^{-1}$ ) and Fe (3.4-27.3  $\text{mg kg}^{-1}$ ) were high while the amount of P (6-76  $\text{mg kg}^{-1}$ ) was moderate to high. However, the amounts of Mg (35-1039  $\text{mg kg}^{-1}$ ), K (12-567  $\text{mg kg}^{-1}$ ), Mn (3.4-22.8  $\text{mg kg}^{-1}$ ) and Zn (0.1-4.2  $\text{mg kg}^{-1}$ ) were highly variable. Copper amounts of soils were sufficient ( $> 0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Assessed amounts of K, Mg, Mn and Zn, many of soil samples were insufficient and this situation has potential of deficiency of these four nutrients in such soils. It was found that acidity is negatively correlated with organic matter, salinity and amounts of P, K, Ca, Fe, Mn, Zn and Cu ( $p < 0.05$ ). Additionally, organic matter is positively correlated with amounts of P, K, Fe, Mn and Zn in soil samples ( $p < 0.05$ ). It was seen that Crimean Juniper populations weren’t any heavy metal stress (Zn and Cu), because Zn and Cu amounts were lower than upper limit in legislation (ÇŞB, 2017). Results of this study were similar to Crimean Juniper populations from Iran and Pakistan with respect to parameter of pH, salinity, texture, lime and organic matter (Sarangzai et al., 2012; Zangiabadi et al., 2012). Although findings of this study, Gülser et al. (2012) and Şenol et al. (2018) from Turkey on Crimean Juniper were resembling pattern, some differences were also found such as texture of soils. As a conclusion, when we compared our results to other similar research, we concluded that soil conditions of Crimean juniper needed for grow were pretty flexible. Besides, it was seen that the individuals of this species were be able to grow by adapting to challenging soil conditions, so they could form forests. All these conclusions once again revealed ecological importance of this species.

Dünya Bankası'nın 2015 verilerine göre, kendilerine has ekolojik özellikleriyle bir ekosistem özelliğinde olan ormanlar tüm dünya yüzeyinde yaklaşık olarak 40 milyon km<sup>2</sup>'lik bir yüz ölçüme sahiptir. Bu da ormanların dünya karasal alanlarının %31'ine denk gelmektedir (The World Bank, 2015). Orman Genel Müdürlüğü'nün 2015 yılı verileri göz önüne alındığında, Türkiye'de ormanların kapladığı alan 22.342.935 hektar olup; bu alan ülke yüzölçümünün %28,6'lık bir kısmını oluşturmaktadır (OGM, 2017a). Aynı kaynağa göre, Türkiye genelinde bulunan orman varlığının onda dokuzluk bir bölümünü oluşturan (%90) altı adet ağaç cins ve türünün yüzdeleri sırasıyla; %26,34 ile meşe (*Quercus L. sp.*), %25,11 ile kızılçam (*Pinus brutia Ten.*), %19 ile karaçam (*Pinus nigra J. F. Arnold*), %8,5 ile kayın (*Fagus orientalis Lipsky*) %6,8 ile sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve son olarak %4,29 ile ardıçtır (*Juniperus L. sp.*). Bu altı cins ağacın yanı sıra; kestane, fıstıkçami, kavak, köknar, kızılğaç, ladin, ihlamur, sedir, gürgen, dişbudak ve sıtma ağacı (okaliptüs) gibi türler de Türkiye ormanlarında bulunan önemli ağaçlardır (OGM, 2017a). Buna göre ardıç türleri orman oluşturan ağaç türleri arasında altıncı sırada gelmektedir. 2014 yılında, Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanmış olan "Ardıç Ormanlarının Rehabilitasyonu Eylem Planı (2006-2015)" başlıklı kaynağa göre ise Türkiye genelinde ardıç ormanlarının kapladığı alan 1.113.085 hektar kadardır (OGM, 2014).

Ardıç (*Juniperus sp.*), Servigiller (Cupressaceae) familyası içerisinde yer alan tek veya iki evcikli, etli kozalaklara sahip, herdem yeşil çalı ve ağaç türlerini barındıran bir cinstir (Adams, 2014). Türkiye'de yayılış gösteren ardıç tür ve alttürleri; andız (*J. drupacea Labill.*), adi/cüce ardıç (*J. communis L. subsp. hemisphaerica (J. & C. Presl) Nyman* ve subsp. *nana (Willd.) Syme in Sowerby*), katran/diken ardıcı (*J. oxycedrus L. subsp. oxycedrus Clinton-Baker* ve subsp. *macrocarpa (Sibth. & Sm.) Ball., J. oblonga M. Bieb., J. sabina L.*), Finike/servi ardıcı (*J. phoenicea L.*), kokulu/yağ ardıç (*J. foetidissima Willd.*), boylu/boz ardıç (*J. excelsa subsp. excelsa M. Bieb.* ve daltaban ardıcı (*J. excelsa subsp. polycarpos K. Koch*) şeklindedir (Coode ve Cullen, 1982; Güner ve ark., 2012). Türkiye'de ardıç türlerinin oluşturdukları ormanlar içinde en baskın türün %82 yayılış oranıyla *J. excelsa M. Bieb.* olduğu bildirilmiştir (OGM, 2014). Bu türün bireyelerine, bunların oluşturdukları popülasyonlara (ormanlara) deniz etkisinin azaldığı ve bittiği alanlar ile genellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışındaki bölgelerde sıklıkla rastlanmakta olup boylu ardıç türü, saf veya diğer ağaç türleriyle (kızılçam, karaçam, sedir vb.) karışık ormanlar oluşturmaktadır.

Boylu ardıç (*J. excelsa subsp. excelsa*) 35 metre boya ve bir metre gövde çapına ulaşabilen piramidal tepe yapısına sahip bir türdür (OGM, 2014). Ayrıca, bu tür dünya üzerinde Kırım, Balkan Yarımadası ülkeleri (Makedonya, Arnavutluk, Yunanistan), Lübnan ve Güney Kıbrıs'ın dağlık kesimleri ile Türkiye'de yayılış göstermektedir (Douaihy ve ark., 2011; Foatidis ve ark., 2012). Ancak; Douaihy ve ark. (2011), Foatidis ve ark. (2012) ve OGM (2014) verileri göz önüne alındığında sayılan bu ülkeler içerisinde boylu ardıç popülasyonlarının oluşturduğu verimli ve bozuk ormanların yüzölçümü bakımından, en büyük olan ülke Türkiye'dir. Boylu ardıç ve diğer ardıç türlerinin yetiştiği topraklar oldukça sert koşullara sahip olabilmektedir. Ardıçların; eğimli, kayalık, taşlık alanlar, dağ yamaçları, besin açısından fakir, kumlu, kireçli topraklarda orman oluşturmaya sıklıkla rastlanır. Ayrıca, ardıçlar su kıtlığına ve şiddetli soğuklara karşı da dirençlidir (OGM, 2014). Boylu ardıç; deniz etkisinden uzak, yıllık ortalama olarak 400-600 mm dolaylarında yağış alan alanlarda doğal olarak yetişir. Boylu ardıca 300 ile 2300 (-2800) m arasında değişebilen yükseltilerde rastlanır (Coode ve Cullen, 1982). Bu tür, Karadeniz Bölgesi gibi kuzey bölgelerde denizden 300 m yükseklikteki alanlarda; dahası Karadeniz'in kuzeyindeki Kırım gibi yerlerde neredeyse deniz seviyesi kadar alçak yükseltilerde (30-40 m) görülür (Douaihy ve ark., 2011). Ancak, güneye doğru gidildikçe boylu ardıca rastlanılan yükselti artar. Boylu ardıç popülasyonları, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'nde 1000 m ve daha yüksek rakımlı alanlarda görülürken, Lübnan Dağı gibi daha da güney bölgelerde ise 1100 m ve yukarısında boylu ardıç popülasyonlarına rastlanır (Douaihy ve ark., 2011).

Tüm kara bitkilerinin yetişmesinde toprağın çok önemli bir yeri vardır. Bu nedenle orman varlığının sürdürülebilmesi için en uygun toprak koşullarının bilinmesi ve erozyonla mücadele için ağaçlandırılmak istenen alanların toprak yapısına uyum sağlayabilecek uygun ağaç seçimi için, toprakların fiziksel ve kimyasal yapılarını araştıran çalışmaların ayrı bir önemi bulunmaktadır.

Türkiye'de orman ağaçlarının yetiştiği toprakların fiziksel (bünye) ve kimyasal (pH, elektriksel iletkenlik potasyum, kalsiyum, mangan vb.) yapılarının analizleri yapılarak orman ağaçlarının toprak istekleri ve uyum sağladığı toprak koşullarını inceleyen pek çok araştırma yapılmıştır (Karaöz, 1991; Özkan, 2004; Altun ve ark. 2007; Gülser ve ark., 2012; Şenol ve ark., 2018).

Önceki yıllarda, Göller Yöresi ve Van-Gevaş'taki boylu ardıç popülasyonlarının yetiştiği toprakların fiziksel ve kimyasal yapısının analizlerine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Gülser ve ark., 2012; Şenol ve ark.,

2018). Ancak, yukarıda anılan iki çalışma da boylu ardıçların belli bir bölgedeki (Göller Yöresi ve Van-Gevaş) popülasyonlarına yönelik olmuştur. Bu nedenle bu türün Türkiye genelindeki popülasyonlarının toprak analizini konu alan bir çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmüştür. Böyle bir çalışma ile bu türün yetiştiği toprak koşullarının daha iyi anlaşılması üzerine daha üst düzeyde-genelleyici bir bilgi birikimine sahip olunabilecektir.

Yukarıda yapılan tespitten hareketle bu çalışmanın temel amacı; Türkiye’nin farklı coğrafik bölgelerinden 20 farklı doğal boylu ardıç popülasyonundan alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek, karşılaştırmak ve bu türün yetişebildiği edafik (toprakla ilgili) koşullardaki esnekliği ortaya koymaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma materyali

Toprak örneği alınmış boylu ardıç popülasyonların adları (bulunduğu il-ilçe olarak), enlem ile boylam ve yükselti bilgileri Tablo 1’de verilmiştir. Enlem, boylam ve yükselti bilgileri arazide örneklerin alınması esnasında navigasyon (GPS) cihazı kullanılarak elde edilip kaydedilmiştir. Milli park, tohum meşceresi veya gen koruma ormanı gibi özel statülü popülasyonlar parantez içlerinde belirtilmiştir. Enlem-boylam bilgilerine göre popülasyonların dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 1).

Örnekleme yapılacak popülasyonların (Tablo 1) belirlenmesinde “Flora of Turkey and the East Aegean Islands” başlıklı eserden ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı’nın kayıtlarından yararlanılmıştır (Coode ve Cullen, 1982; OGM, 2017b). Örnek toplamak amacıyla popülasyonların bulunduğu yerlere gidildiğinde arazinin ortalama eğimi, arazinin kayalık, taşlık vb. olma durumları ve bakıları not edilmiştir. Arazilere ilişkin sözü geçen bu bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo1. Çalışmada kullanılan *Juniperus* taksonlarına ait coğrafik bilgiler

Table 1. Geographical information belong to *Juniperus* taxa used in the study

Pop. No	Popülasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
1	Adana-Pozantı	N37°31'55.4"	E34°59'31.2"	1188
2	Afyon-Sandıklı	N38°20'25.1"	E30°07'48.5"	1123
3	Ankara-Beypazarı (ATM)*	N40°12'48.4"	E31°40'02.2"	535
4	Antalya-Elmalı	N36°49'17.7"	E29°46'03.7"	1380
5	Antalya-Gündoğmuş	N36°51'02.5"	E32°05'11.0"	1405
6	Antalya-Termessos (MP)*	N36°58'43.5"	E30°27'31.7"	1050
7	Aydın-Efeler	N37°56'43.9"	E27°53'51.0"	1470
8	Burdur-Bucak	N37°24'06.5"	E30°20'46.0"	1360
9	Denizli-Acıpayam (GKO)*	N37°11'41.6"	E29°08'02.7"	1460
10	Denizli-Beyağaç (GKO)*	N37°17'52.7"	E28°58'19.2"	1180
11	Eskişehir-Mihalıççık (GKO)*	N39°50'50.3"	E31°15'59.7"	980
12	Eskişehir-Seyitgazi (GKO)*	N39°28'53.3"	E30°39'57.7"	1010
13	Gümüşhane-Torul	N40°32'29.9"	E39°16'54.8"	1112
14	Isparta-Senirkent	N38°05'15.0"	E30°48'11.8"	1369
15	Karabük-Eskipazar (ATM)*	N41°00'01.2"	E32°37'18.5"	560
16	Konya-Hadim (GKO)*	N37°02'34.0"	E32°30'37.2"	1440
17	Mersin-Mut (GKO)*	N36°51'14.9"	E33°17'46.2"	1443
18	Mersin-Tarsus (GKO)*	N37°07'00.5"	E34°27'36.0"	1470
19	Muğla-Seydikemer (GKO)*	N36°52'41.5"	E29°31'03.7"	1388
20	Sinop-Boyabat	N41°37'22.1"	E34°37'18.1"	386

\* ATM: Ardıç Tohum Meşceresi, GKO: Gen Koruma Ormanı, MP: Milli Park, Pop.: Popülasyon



Tablo 2. Çalışılan popülasyonların arazi yapısı, eğim ve bakışı

Pop. No	Popülasyon Adı	Arazi	Eğim	Bakı
1	Adana-Pozantı	Toprak	20°	Güneydoğu
2	Afyon-Sandıklı	Taşlık	30°	Güney-güneydoğu
3	Ankara-Beypazarı	Toprak	40°	Kuzeybatı
4	Antalya-Elmalı	Kayalık	50°	Kuzeybatı-kuzey-kuzeydoğu
5	Antalya-Gündoğmuş	Kayalık	50°	Kuzey ve güney
6	Antalya-Termessos	Kayalık	30°	Güneydoğu ve kuzeybatı
7	Aydın-Efeler	Kayalık	40°	Güney-güneybatı
8	Burdur-Bucak	Kayalık	50°	Doğu-güneydoğu ve batı-kuzeybatı
9	Denizli-Acıpayam	Kayalık	50°	Kuzey ve güney
10	Denizli-Beyağaç	Kayalık	40°	Doğu-güneydoğu ve batı-kuzeybatı
11	Eskişehir-Mihalıççık	Taşlık	10°	Güney-güneybatı
12	Eskişehir-Seyitgazi	Taşlık	20°	Batı-güneybatı
13	Gümüşhane-Torul	Kayalık	40°	Güneybatı ve kuzeydoğu
14	Isparta-Senirkent	Taşlık	50°	Batı
15	Karabük-Eskipazar	Toprak	30°	Batı
16	Konya-Hadim	Taşlık	10°	Kuzey-kuzeydoğu
17	Mersin-Mut	Taşlık	10°	Kuzey ve güney
18	Mersin-Tarsus	Toprak	30°	Güney-güneybatı
19	Muğla-Seydikemer	Taşlık	20°	Güneybatı ve kuzeydoğu
20	Sinop-Boyabat	Toprak	10°	Güney

Şekil 1. Bu çalışmadaki *J. excelsa* popülasyonlarının coğrafik yerleşimleri (Tablo 1'deki gibidir)Figure 1. Geographical locations of *J. excelsa* populations in this study (As in table 1)

### Yönteme İlişkin Bilgiler

Her popülasyondan, toprak analizleri yapmak amacıyla toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri tercihen şev (yol kenarlarında bulunan; ancak yol seviyesinden yüksekteki toprak sütunlar) kısımlarından alınmıştır. Bu kısımlardan örnek almaktaki amaç, toprağı çok fazla kazmaya gerek kalmadan hem toprağın derin katmanlarından hem de ağaçların köklerinin hizasından (50-100 cm) örnekleme yapılmasının mümkün olmasıdır. Örnekleme yapılırken keser ile şevin en dış kısımları sıyrılmış ve daha iç kısımdan toprak örnekleri ağaç kökleri hizasından 50-100 cm derinliğe denk gelecek şekilde alınmıştır. Örnekler alınırken büyük taşlar ayıklanmış ve her bir popülasyonun bulunduğu alanın iki farklı yerinden ikişer kilogram toprak örneği alınarak naylon poşetlere konulmuş ve hangi popülasyondan alındığına dair bilgi notu yazılarak poşetlere konulmuştur.

Kurutma işlemi öncesi aynı popülasyonlardan alınan ikişerli toprak örnekleri birbirine karıştırılarak birleştirilmiştir. Bu şekilde yapılacak ölçümlerin hata payının düşürülmesi hedeflenmiştir.

Topraklar analize gönderilmeden önce taşları ayıklanmıştır. Ardından, toprak kesekleri ahşap çekiç yardımıyla ufalanmıştır ve bu şekilde toprak örnekleri elenebilecek hale getirilmiştir. Ufalanmış toprak örnekleri gazete kağıdı üzerine serilmiş ve 2-3 gün boyunca zaman zaman hafifçe karıştırılarak örneklerin nemi uzaklaştırılmıştır. Daha sonra örnekler, gözenekleri 2 mm çapındaki çelik bir elek ile elenmiştir. Böylece elekten geçirilen kısımlar tekrar poşetlenerek etiketlenmiş, üstte kalan kaba kısımlar ise atılmıştır.

Her bir popülasyondan alınmış toprak örneklerinin “T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bölge Toprak Bitki Su ve Gübre Analiz Laboratuvarı” tarafından standart analizi yapılmıştır. Toprak analizinde bakılan başlıca parametreler ve bunların miktarlarının hangi yöntemlere göre belirlendiği aşağıda belirtilmiştir.

Bünye (kil, silt, kum yüzdeleri); hidrometre yöntemi kullanılarak Bouyoucos (1951)’a göre, toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC); 1/2,5 oranında toprak-su karışımında Jackson (1967)’a göre pH metre ve EC metre ile, kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) yüzdesi; Scheibler kalsimetresi ile Çağlar (1949)’a göre, organik madde yüzdesi; modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemine (Black, 1965) göre, alınabilir fosfor (P) miktarı; Olsen yöntemine (Olsen ve Sommers, 1982) göre, alınabilir potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) miktarları; 1 N amonyum asetat (pH=7) yöntemine (Kacar, 1962) göre “Atomik Absorbsiyon spektrometresi” kullanılarak ve alınabilir demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve bakır (Cu) miktarları da DTPA ile ekstraksiyon yolu ile (Lindsay ve Norwell, 1978) “Atomik Absorbsiyon spektrometresi” kullanılarak ölçülmüştür. Bunlara ek olarak, toprak örneklerindeki kil, silt ve kum yüzdelerinin tekstür üçgenindeki (FAO, 1984) keşişimleri belirlenerek toprağın hangi bünye sınıfına (tınlı, kumlu tın, kumlu killi tın vb.) girdiği belirlenmiştir.

Her bir toprak örneğinden elde edilen toprak; pH’ı, tuzluluk, kireç, organik madde, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan ve bakır miktarlarının sınıflandırılması Orman Genel Müdürlüğü’nün “Toprakta Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Sınır Değerler” başlıklı yayını (OGM, 2019) ile Alpaslan ve ark. (2005)’na göre yapılmıştır. Ayrıca, toprakların içerdiği ve ağır metal niteliğindeki çinko ve bakırın üst sınırlarına göre değerlendirilmesinde ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın ilgili mevzuatı (ÇŞB, 2017) esas alınmıştır.

Tüm bunların yanında, toprak örneklerinin yukarıda sözü edilen parametrelere göre istatistiksel analizleri (değişim aralığı, aritmetik ortalama, standart hata, çarpıklık, basıklık ve Pearson korelasyon analizi), IBM-SPSS programı v23 (IBM Corp. Released, 2015) kullanılarak yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Toprakların Analiz Sonuçları ve Sınıflandırılması

Çalışılan alanlardan toplanmış toprak örneklerinin analizleri sonucunda, örneklerin kil, silt ve kum yüzdeleri ile bünye sınıfları Tablo 3’de özetlenmiştir.

**Tablo 3. Toprak örneklerinin bünye analiz sonuçları**

Popülasyon	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye Sınıfı
Adana-Pozantı	7,6	22	70	Kumlu tın
Afyon-Sandıklı	5,6	32	62	Kumlu tın
Ankara-Beypazarı	11	20	69	Kumlu tın
Antalya-Elmalı	11	18	71	Kumlu tın
Antalya-Gündoğmuş	19	32	49	Tın
Antalya-Termessos	11	24	65	Kumlu tın
Aydın-Efeler	15	50	35	Tın
Burdur-Bucak	13	28	59	Kumlu tın
Denizli-Acıpayam	21	30	49	Tın
Denizli-Beyağaç	22	36	42	Tın
Eskişehir-Mihalıççık	17	38	45	Tın
Eskişehir-Seyitgazi	25	28	47	Tın
Gümüşhane-Torul	5,6	22	72	Kumlu tın
Isparta-Senirkent	21	30	49	Tın
Karabük-Eskipazar	12	12	76	Kumlu tın
Konya-Hadim	12	26	62	Kumlu tın
Mersin-Mut	12	24	64	Kumlu tın
Mersin-Tarsus	7,6	36	56	Kumlu tın
Muğla-Seydikemer	22	22	56	Kumlu killi tın
Sinop-Boyabat	14	44	42	Tın
En düşük	5,6	12	35	-
En yüksek	25	50	76	-
Ort.	14,22	28,70	57,00	-

Bünye analizlerinde; kil yüzdesi en yüksek olan Eskişehir-Seyitgazi (%25) ve en düşük olan Gümüşhane-Torul (%5,6) ile Afyon-Sandıklı (%5,6), silt yüzdesi en yüksek olan Aydın-Efeler (%50) ve en düşük olan Karabük-Eskipazar (%12) ve kum yüzdesi en yüksek olan Karabük-Eskipazar (%76) ile en düşük olan Aydın-Efeler (%35)'dir. Toprak bünyesi olarak, Aydın-Efeler ve Sinop-Boyabat hariç geriye kalan tüm toprak örneklerinde kum yüzdesi, silt ve kil yüzdelerinden daha yüksek çıkmıştır. Yalnızca, Aydın-Efeler'de kum yüzdesi 35 iken silt yüzdesi 50 ve Sinop-Boyabat'ta da kum yüzdesi 42 iken silt yüzdesi 44'dür. Kil yüzdesi ise hiçbir örnekte %25'i geçmemiştir.

Popülasyonlardan alınan toprak örneklerinin pH, EC (elektriksel iletkenlik), kireç ( $\text{CaCO}_3$ ), organik madde fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve bakır (Cu) analiz sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4'e göre; toprakların pH değerleri 7,0 ile 8,0 arasında değişmektedir. Bu değer bakımından en yüksek olan popülasyonlar 8,0 ile Eskişehir-Mihalıççık, Gümüşhane-Torul, Mersin-Tarsus ve Sinop-Boyabat, en düşük olan ise 7,0 ile Antalya-Termessos'tur.

Elektriksel iletkenlik (EC) değeri en yüksek olan Karabük-Eskipazar ( $4,64 \text{ mS cm}^{-1}$ ), en düşük olan ise Muğla-Seydikemer ( $0,094 \text{ mS cm}^{-1}$ ) olmuştur.

Kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) içeriği en yüksek olanın Mersin-Mut (%60,8), en düşük olanın ise Denizli-Acıpayam (%0,5) olduğu görülmüştür.

Organik madde yüzdesi en yüksek Denizli-Beyağaç'ta (%10,2), en düşük Antalya-Elmalı'da (%0,5) ölçülmüştür.

Fosfor (P) miktarı en yüksek olanın Antalya-Termessos ( $76 \text{ mg kg}^{-1}$ ), en düşük olanların ise Adana-Pozantı ( $6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Antalya-Elmalı ( $6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Denizli-Acıpayam ( $6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mersin-Tarsus ( $6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve Sinop-Boyabat ( $6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) olduğu görülmüştür.

Potasyum (K) miktarı en yüksek olan Ankara-Beypazarı ( $567 \text{ mg kg}^{-1}$ ), en düşük olan ise Aydın-Efelerdir ( $12 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Kalsiyum (Ca) miktarı en yüksek Karabük-Eskipazar’da (15.594 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük ise Afyon-Sandıklı’da (1.326 mg kg<sup>-1</sup>) ölçülmüştür.

Magnezyum (Mg) miktarı en yüksek olan Isparta-Senirkent (1.039 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük olan ise Afyon-Sandıklı (35 mg kg<sup>-1</sup>) olmuştur.

**Tablo4. Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçları**

**Table 4. Chemical analysis results of the soil specimens**

Popülasyonlar	pH	EC (mS cm <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	O.mad. (%)	(mg kg <sup>-1</sup> )							
					P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Adana-Pozantı	7,9	0,196	11,7	0,8	6	66	7.456	1.038	9,9	0,4	6,2	2,6
Afyon-Sandıklı	7,9	0,113	0,8	0,8	11	64	1.326	35	4,5	0,6	4,0	0,5
Ankara-Beypazarı	7,5	2,2	5,5	3,0	22	567	4.587	556	8,7	1,5	8,9	0,5
Antalya-Elmalı	7,4	0,275	1,1	0,5	6	116	4.931	116	19,3	0,7	15,8	4,2
Antalya-Gündoğmuş	7,4	0,381	8,4	3,5	19	263	8.030	125	27,3	1,2	14,0	1,6
Antalya-Termessos	7,0	0,984	30,4	9,2	76	483	8.315	411	27,3	5,0	15,6	1,7
Aydın-Efeler	7,7	0,240	9,8	1,5	7	12	2.867	120	4,2	0,4	15,0	0,6
Burdur-Bucak	7,6	0,236	19,5	1,5	7	112	8.539	181	13,6	0,2	13,4	1,5
Denizli-Acıpayam	7,5	0,131	0,5	1,0	6	70	6.409	147	14,4	0,4	16,1	1,2
Denizli-Beyağaç	7,3	0,489	5,8	10,2	27	504	7.925	200	20	1,6	22,0	1,4
Eskişehir-Mihalıççık	8,0	0,168	32,6	1,5	8	189	4.769	409	7,5	0,2	6,1	1,3
Eskişehir-Seyitgazi	7,6	0,361	9,4	2,3	9	415	6.709	1.038	8,9	0,3	8,2	1,6
Gümüşhane-Torul	8,0	0,162	8,6	0,8	14	132	4.687	309	3,4	0,6	6,9	1,2
Isparta-Senirkent	7,7	0,248	17,1	3,2	14	263	5.052	1.039	14	0,6	8,8	1,0
Karabük-Eskipazar	7,2	4,64	8,6	1,9	9	155	15.594	259	4,8	0,2	16,6	1,0
Konya-Hadim	7,5	0,161	0,6	2,8	7	208	6.927	127	6,6	0,7	12,7	1,7
Mersin-Mut	7,6	0,263	60,8	1,3	10	64	5.270	85	6,2	0,3	4,0	0,8
Mersin-Tarsus	8,0	0,141	55,3	1,1	6	60	5.210	81	5,2	0,1	3,4	0,4
Muğla-Seydikemer	7,4	0,094	0,8	1,5	9	230	3.522	81	12,4	0,4	22,8	2,0
Sinop-Boyabat	8,0	0,213	16,4	2,0	6	167	4.559	407	9,2	0,1	4,2	1,2
En düşük	7,0	0,094	0,5	0,5	6	12	1.326	35	3,4	0,1	3,4	0,4
En yüksek	8,0	4,64	60,8	10,2	76	567	15.594	1.039	27,3	5	22,8	4,2
Ort.	7,61	0,58	15,18	2,52	13,95	207	6.134,2	338,2	11,37	0,78	11,24	1,40

Demir (Fe) miktarı en yüksek olanın Antalya-Gündoğmuş (27,3 mg kg<sup>-1</sup>) ve Termessos (27,3 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük olanın ise Gümüşhane-Torul (3,4 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmüştür.

Çinko (Zn) miktarı en yüksek olan Antalya-Termessos (5 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük olanlar ise Mersin-Tarsus (0,1 mg kg<sup>-1</sup>) ve Sinop-Boyabat’tır (0,1 mg kg<sup>-1</sup>).

Mangan (Mn) miktarı en yüksek olan Muğla-Seydikemer (22,8 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük olan ise Mersin-Tarsus (3,4 mg kg<sup>-1</sup>) olmuştur.

Bakır (Cu) miktarı en yüksek olanın Antalya-Elmalı (4,2 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük olanın ise Mersin-Tarsus (0,4 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu bulunmuştur

Tablo 5’te toprak örneklerinin pH, tuzluluk, kireç ve organik madde yönünden sınıflandırılmaları OGM (2019)’ye göre yapılmıştır. Buna göre, toprak örneklerindeki ölçülen pH değeri 7,0-8,0 aralığında olup, örnekler pH bakımından nötr (7), hafif alkali (7,1-7,5) ve orta alkali (7,6-8,3) toprak sınıflarına girmektedir.

EC değerlerinin iki örneğin dışındaki tüm toprak örneklerinde çok yüksek olmadığı belirlenmiş olup, bundan hareketle tuzluluk oranlarının da yüksek olmadığı ve bu toprak örneklerinin tuzsuz toprak kategorisine girdiği sonucuna ulaşılmıştır (<2 mS cm<sup>-1</sup>). Ankara-Beypazarı’ndan alınmış toprak örneğinde EC değeri 2,2 mS cm<sup>-1</sup> ve Karabük-Eskipazar’dan alınmış toprak örneğinde ise bu değer 4,64 mS cm<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür.



Buna göre, Ankara-Beypazarı'nın hafif tuzlu (2-4 mS cm<sup>-1</sup>) ve Karabük-Eskipazar'ın da orta derecede tuzlu (4-8 mS cm<sup>-1</sup>) toprak kategorisine girdiği görülmüştür.

Kireç kapsamaları bakımından toprak örnekleri çok değişken bulunmuştur (%0,5 ile 60,8). Buna göre topraklar kireç içerikleri yönünden özellikleri az kireçliden (<%1), kireçli (%1-5), orta kireçli (%5-15), fazla kireçli (%15-25) ve çok fazla kireçliye (>%25) kadar değişkenlik göstermektedir.

Organik madde yüzdesi de topraklarda oldukça değişkenlik göstermiştir (%0,5-10,2). Çalışılmış olan toprak örneklerinin sınıflandırılması OGM (2019)'de belirtilen toprak kategorilerinden olan kumlu-balçık türündeki topraklar için uygun olacak şekilde yapılmıştır. Dolayısıyla, çalışılan bu topraklar organik madde yönünden düşük (<%0,7), orta (%0,7-1,4) veya yüksek (>%1,4) olarak sınıflandırılmıştır.

**Tablo 5. Toprak örneklerinin pH, tuzluluk, kireç ve organik madde yönünden sınıflandırılmaları**

**Table 5. Classifications of the soil specimens in terms of pH, salinity, lime and organic matter**

Popülasyonlar	Toprak Sınıfları			
	pH	Tuzluluk	Kireç	Organik madde
Adana-Pozantı	Orta alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Orta
Afyon-Sandıklı	Orta alkali	Tuzsuz	Az kireçli	Orta
Ankara-Beypazarı	Hafif alkali	Hafif tuzlu	Orta kireçli	Yüksek
Antalya-Elmalı	Hafif alkali	Tuzsuz	Kireçli	Düşük
Antalya-Gündoğmuş	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Yüksek
Antalya-Termessos	Nötr	Tuzsuz	Çok fazla kireçli	Yüksek
Aydın-Efeler	Orta alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Yüksek
Burdur-Bucak	Orta alkali	Tuzsuz	Fazla kireçli	Yüksek
Denizli-Acıpayam	Hafif alkali	Tuzsuz	Az kireçli	Orta
Denizli-Beyağaç	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Yüksek
Eskişehir-Mihalıççık	Orta alkali	Tuzsuz	Çok fazla kireçli	Yüksek
Eskişehir-Seyitgazi	Orta alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Yüksek
Gümüşhane-Torul	Orta alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Orta
Isparta-Senirkent	Orta alkali	Tuzsuz	Fazla kireçli	Yüksek
Karabük-Eskipazar	Hafif alkali	Orta tuzlu	Orta kireçli	Yüksek
Konya-Hadim	Hafif alkali	Tuzsuz	Az kireçli	Yüksek
Mersin-Mut	Orta alkali	Tuzsuz	Çok fazla kireçli	Orta
Mersin-Tarsus	Orta alkali	Tuzsuz	Çok fazla kireçli	Orta
Muğla-Seydikemer	Hafif alkali	Tuzsuz	Az kireçli	Yüksek
Sinop-Boyabat	Orta alkali	Tuzsuz	Fazla kireçli	Yüksek

Toprak örneklerinin içerdikleri potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan ve bakır gibi makro ve mikro besin elementleri miktarlarının Alpaslan ve ark. (2005)'na göre değerlendirilmesi Tablo 6'da verilmiştir. Ancak toprak içeriklerinin fosfor açısından değerlendirilmesi OGM (2019)'ye göre yapılmıştır.

**Tablo 6. Toprak örneklerinin bazı makro ve mikro besin elementlerince değerlendirilmesi**

**Table 6. Assessment of the soil samples in terms of some macro-micro nutrients**

Popülasyonlar	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Adana-Pozantı	Orta	Az	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Yeterli
Afyon-Sandıklı	Orta	Az	Yeterli	Çok az	Orta	Az	Az	Yeterli
Ankara-Beypazarı	Yüksek	Fazla	Fazla	Fazla	Fazla	Yeterli	Az	Yeterli
Antalya-Elmalı	Orta	Az	Fazla	Az	Fazla	Yeterli	Yeterli	Yeterli
Antalya-Gündoğmuş	Yüksek	Yeterli	Fazla	Az	Fazla	Yeterli	Yeterli	Yeterli
Antalya-Termessos	Yüksek	Fazla	Fazla	Yeterli	Fazla	Fazla	Yeterli	Yeterli
Aydın-Efeler	Orta	Çok az	Yeterli	Az	Orta	Az	Yeterli	Yeterli
Burdur-Bucak	Orta	Az	Fazla	Yeterli	Fazla	Az	Az	Yeterli
Denizli-Acıpayam	Orta	Az	Fazla	Az	Fazla	Az	Yeterli	Yeterli
Denizli-Beyağaç	Yüksek	Fazla	Fazla	Yeterli	Fazla	Yeterli	Yeterli	Yeterli
Eskişehir-Mihalıççık	Orta	Yeterli	Fazla	Yeterli	Fazla	Az	Az	Yeterli
Eskişehir-Seyitgazi	Orta	Fazla	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Yeterli
Gümüşhane-Torul	Yüksek	Az	Fazla	Yeterli	Orta	Az	Az	Yeterli
Isparta-Senirkent	Yüksek	Yeterli	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Yeterli
Karabük-Eskipazar	Orta	Yeterli	Çok fazla	Yeterli	Fazla	Az	Yeterli	Yeterli
Konya-Hadim	Orta	Yeterli	Fazla	Az	Fazla	Yeterli	Az	Yeterli
Mersin-Mut	Orta	Az	Fazla	Az	Fazla	Az	Az	Yeterli
Mersin-Tarsus	Orta	Az	Fazla	Az	Fazla	Çok az	Çok az	Yeterli
Muğla-Seydikemer	Orta	Yeterli	Fazla	Az	Fazla	Az	Yeterli	Yeterli

Sinop-Boyabat Orta Yeterli Fazla Yeterli Fazla Çok az Az Yeterli

Tablo 6’da fosfor miktarlarını sınıflandırmak için düşük, orta veya yüksek; diğer besin elementlerinin miktarları için ise çok az, az, yeterli, fazla veya çok fazla kategorileri kullanılmıştır. Tablo 6’ya göre; topraklardaki fosfor miktarı orta veya yüksek, bakır miktarı yeterli ve kalsiyum ile demir miktarları da ikişer popülasyon dışındaki tüm popülasyonlarda fazladır. Potasyum, magnezyum, çinko ve mangan miktarları ise popülasyonlar arasında oldukça değişkenlik göstermiştir. Örneğin potasyum miktarları; Aydın-Efeler’de çok az, Adana-Pozanti’de az, Isparta-Senirkent’te yeterli ve Denizli-Beyağaç’ta fazla düzeylerde bulunmuştur.

Çinko ve bakır bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için çok az miktarlarda da olsa gereklidir. Ancak, ağır metal sınıfına giren çinko ve bakırın toprakta belli bir miktarın üzerinde bulunması durumunda canlılar için zararlı olmasından ötürü, bunların her zaman belli bir değer altında olması gerekmektedir (ÇŞB, 2017). Bundan hareketle, çinko ve bakır miktarı toprak örneklerinde belirlenmiş ve bunların derişiminin sırası ile 0,1-5 mg kg<sup>-1</sup> ile 0,4-4,2 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmüştür. Bu da mevzuatta pH değeri 7 ve üzerinde olan kurutulmuş topraklarda çinko (200 mg kg<sup>-1</sup>) ve bakır (100 mg kg<sup>-1</sup>) için belirlenmiş olan üst sınırların altındadır (ÇŞB, 2017).

### Örneklenen Toprakların İçeriklerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Tablo 7’de toprakların incelenen parametreler yönünden istatistiksel analiz bulguları verilmiştir. Tüm toprakların ortalamaları göz önüne alındığında toprak bünyelerinin yarıdan fazla oranda kumdan oluştuğu görülmüştür ve toprak asitlik değerlerinin (pH) ortalaması da orta alkali sınıfına (pH=7,6-8,3) girmektedir. İncelenen toprak örneklerinin ortalama olarak, EC değerlerine göre tuzsuz (EC<2 mS cm<sup>-1</sup>), kireç yüzdelere göre fazla kireçli (%15-25) ve organik madde miktarının ise yüksek (>%1,4) olduğu anlaşılmıştır. Besin elementleri yönünden ise ortalama olarak; fosfor miktarlarının yüksek (>12 mg kg<sup>-1</sup>), potasyum miktarlarının yeterli (140-370 mg kg<sup>-1</sup>), kalsiyum miktarlarının fazla (3500-10000 mg kg<sup>-1</sup>), magnezyum miktarlarının yeterli (160-480 mg kg<sup>-1</sup>), demir miktarlarının fazla (>4,5 mg kg<sup>-1</sup>), çinko miktarlarının yeterli (0,7-2,4 mg kg<sup>-1</sup>), mangan miktarlarının az (4-14 mg kg<sup>-1</sup>) ve bakır miktarlarının ise yeterli (>0,2 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu bulunmuştur.

Tablo 7. Toprakların incelenen özellikler bakımından istatistiksel analiz sonuçları

Table 7. Statistical analysis results of the soils in terms of investigated properties

	Değişim Aralığı	Ortalama ± Standart Hata	Çarpıklık	Basıklık
Kil (%)	19,4 (5,6-25)	14,22 ± 1,302	0,282	-0,967
Silt (%)	38 (12-50)	28,70 ± 2,028	0,567	0,497
Kum (%)	41 (35-76)	57,00 ± 2,633	- 0,131	-1,077
pH	1,0 (7,0-8,0)	7,61 ± 0,065	- 0,168	- 0,587
EC	4,546 (0,094-4,64)	0,58 ± 0,238	3,389	12,045
CaCO <sub>3</sub> (%)	60,3 (0,5-60,8)	15,18 ± 3,866	1,702	2,370
Org. Madde (%)	9,7 (0,5-10,2)	2,52 ± 0,583	2,368	5,131
P (mg kg <sup>-1</sup> )	70 (6-76)	13,95 ± 3,519	3,566	14,000
K (mg kg <sup>-1</sup> )	555 (12-567)	207,00 ± 36,663	1,051	0,055
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	14.268 (1.326-15.594)	6.134,20 ± 655,502	1,636	5,079
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	1004 (35-1.039)	338,20 ± 74,267	1,450	0,946
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	23,9 (3,4-27,3)	11,37 ± 1,618	1,113	0,471
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	4,9 (0,1-5,0)	0,78 ± 0,242	3,451	13,324
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	19,4 (3,4-22,8)	11,24 ± 1,335	0,369	- 0,849
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	3,8 (0,4-4,2)	1,40 ± 0,192	1,911	5,347

Tablo 8’de görüldüğü gibi, ölçülen parametrelerin Pearson korelasyon analiz bulguları özetlenmiştir ve %5’lik istatistiksel önem düzeyine göre önemli bulunanlar işaretlenmiştir. Tablo 8’de 105 adet korelasyona yer verilmiştir. Bunlardan 75 tanesi istatistiksel olarak önem arz etmezken, 30 tanesi istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05). İlk başta pH ile EC, OM ve besin elementlerinin miktarı arasında (magnezyum dışında) istatistiksel olarak önemli negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Cu ile pH arasındaki negatif korelasyon ise istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. OM miktarı ile magnezyum ve bakır dışında kalan besin elementlerinin miktarı arasında ise istatistiksel olarak önemli pozitif korelasyonlar göze çarpmaktadır. Ayrıca,

OM ile kalsiyum miktarları arasında da istatistiksel olarak önemli olmasa da bir pozitif korelasyon söz konusudur.

**Tablo 8. Ölçülen parametrelerin Pearson korelasyon analiz sonuçları**

**Table 8. Pearson correlations analysis results of parameters measured**

	Kum	Kil	Silt	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	OM	P	Mg	K	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu	
Kum	1,00															
Kil	-,66*	1,00														
Silt	-,88*	,23	1,00													
pH	-,19	-,32	,45*	1,00												
EC	,45*	-,12	-,50*	-,46*	1,00											
CaCO <sub>3</sub>	-,01	-,22	,16	,24	-,11	1,00										
OM	-,20	,29	,08	-,59*	,12	-,002	1,00									
P	,12	-,04	-,13	-,57*	,15	,12	,79*	1,00								
Mg	-,02	,22	-,12	,16	,04	-,05	,06	,06	1,00							
K	-,05	,38	-,17	-,51*	,25	-,17	,75*	,63*	,34	1,00						
Ca	,32	,08	-,46*	-,54*	,71*	-,01	,29	,19	,10	,18	1,00					
Fe	-,11	,36	-,08	-,63*	-,11	-,13	,62*	,61*	,001	,47*	,23	1,00				
Mn	-,09	,49*	-,18	-,77*	,21	-,50*	,45*	,25	-,29	,30	,35	,52*	1,00			
Zn	,15	-,06	-,15	-,61*	,12	,03	,77*	,98*	,03	,62*	,15	,65*	,30	1,00		
Cu	,27	,06	-,39	-,27	-,18	-,32	-,03	-,01	,10	-,01	,11	,46*	,35	,09	1,00	

\* % 5'lik istatistiksel önem düzeyine göre önemli ( $P<0,05$ )

Bunlar dışında diğer istatistiksel açıdan önemli negatif korelasyonlar; kum-kil, kum-silt, silt-EC, silt-Ca, CaCO<sub>3</sub>-Mn arasındadır. Diğer istatistiksel açıdan önemli pozitif korelasyonlar ise; kum-EC, kil-Mn, silt-pH, EC-Ca, P-K, P-Fe, P-Zn, K-Fe, K-Zn, Fe-Mn, Fe-Zn ve Fe-Cu arasındadır.

#### **Bulguların Yorumlanması ve Literatürdeki Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması**

Boylu ardiç popülasyonlarının toprak analiz bulgularının OGM (2019) ve Alpaslan ve ark. (2005)'na göre değerlendirilmesi sonucu; örnekleme yapılan alanlardaki toprağın kalsiyum ile fosfor ve demir miktarları bakımından yeterli olması besin öğeleri açısından fakir olmadığını göstermiştir. Ancak, potasyum, magnezyum, çinko ve mangan miktarlarının yeterli olduğu topraklar yanında, az olduğu topraklar da vardır ki bu durum örnekleme yapılan toprakların arasında bu katyonlar yönünden fakirliğin söz konusu olabileceğini göstermektedir (Tablo 6). Ağır metal miktarının (çinko ve bakır) kabul edilen üst sınırların altında olması ise popülasyonların bu ağır metaller bakımından herhangi bir ekolojik strese maruz kalmadığına işaret etmektedir.

*J. excelsa* popülasyonlarından alınan toprak örneklerinden elde edilen bulgular, daha ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde bu topraklardaki kum ve kireç oranlarının (Afyon-Sandıklı, Denizli-Acıpayam, Konya-Hadim ve Muğla-Seydikemer popülasyonları hariç) ortalama bir topraktan yüksek olduğu; dahası Mersin-Tarsus ve Mut örneklerinin de %55'ten fazla oranda kireç içerdiği görülmektedir. Ayrıca, arazide bu türün yetiştiği toprakların genel olarak taşlık-kayalık nitelikte ve arazi eğimlerinin de ( $\geq 30$ ) pek çok bölgede fazla olduğu gözlemlenmiştir. Böyle ekolojik koşulların var olduğu topraklarda suyun tutulma miktarı hem oldukça azdır hem de var olan suyun bitkiler tarafından kullanılması güçtür (Taiz ve Zeiger, 2008; Özdemir ve Kahraman 2018; Şişaneci ve Terzi, 2018). Üstelik topraklarda bulunan kum oranının yüksek olması (toprak her ne kadar değişilebilir katyon miktarı bakımından zengin olsa bile) katyon değişim kapasitesinde azaltıcı bir etki yapmaktadır (OGM, 2012). Bütün bunlardan boylu ardiçin kum ile kireç yönünden zengin ve taşlık-kayalık toprak koşullarına ve sarp yamaçlara uyum sağlayarak buralarda ormanlar oluşturabildiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Topraktaki organik maddeler, toprakları oluşturan parçacıkları birbirine kenetleyerek toprağa süngerimsi bir yapı kazandırır ve bu yapısı ile topraklar daha iyi su tutar. Bunun yanında, organik maddeler toprağı erozyona karşı koruyucu bir rol de üstlenir (Saltalı, 2015). Organik maddelerin bir diğer işlevi de bitkilerin gelişebilmesi için gerekli olan azot, fosfor ve kükürt gibi önemli besin maddelerini sağlamasıdır. Bu nedenle topraklardaki organik maddelerin çok olması canlı çeşitliliğinin de çok ve toprak verimliliğinin iyi düzeyde olmasını sağlar (Saltalı, 2015). Bu çalışmada da analiz edilmiş topraklarda organik madde miktarı ile besin elementleri arasında istatistiksel olarak önemli pozitif korelasyonun bulunması (Ca, Mg ve Cu dışında) organik maddelerin mineral madde sağlama özelliğine yorulabilir. Toprakların çoğunlukla organik madde bakımından orta ve zengin nitelikte olduğu görülmüş olsa da; Antalya-Elmalı gibi organik madde açısından

fakir toprakların da bulunması boylu ardıcın organik madde azlığına karşı toleranslı olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada toprak pH’ı ile magnezyum dışındaki incelenen parametreler arasında bulunan istatistiksel olarak önemli negatif korelasyona benzer bulgular başka bazı çalışmalarda da görülmektedir. Örneğin; Khadka ve ark. (2016), Batı Nepal’den alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda, toprak asitliği ile topraktaki azot, fosfor ve potasyum miktarları arasında istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) negatif korelasyonlar bulunmuştur. Benzer şekilde Bhat ve ark. (2017), Hindistan’ın Cemma ve Keşmir Eyaletinde 15 farklı üzüm bağında toprakları analiz etmişler ve yüzey topraklarının pH’ı ile azot ve fosfor arasında istatistiksel olarak önemli negatif korelasyon belirlemişlerdir. Ayrıca, Bhat ve ark. (2017)’nin bu çalışmasında, pH ile potasyum, kükürt, demir, mangan, çinko, bakır ve bor arasında da negatif korelasyonlar olmasına karşın; bunlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprak pH’ı ile kalsiyum miktarı arasında hem Khadka ve ark. (2016) hem de Bhat ve ark. (2017)’nda istatistiksel olarak önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Ancak, bu çalışmada ise toprak pH’ı ile kalsiyum miktarı arasında istatistiksel olarak önemli negatif bir korelasyon söz konusudur. İlgili iki çalışmada analiz edilen toprakların kalsiyum içeriklerinin bu çalışmada ölçülmüş kalsiyum değerlerine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Kalsiyum değerleri, Khadka ve ark. (2016)’da  $20-3.580 \text{ mg kg}^{-1}$  (ort.  $884 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve Bhat ve ark. (2017)’de ise  $1.819-1.883 \text{ mg kg}^{-1}$  (ort.  $1.854 \text{ mg kg}^{-1}$ ) aralıklarında iken bu çalışmada  $1.326-15.594 \text{ mg kg}^{-1}$  (ort.  $6.134 \text{ mg kg}^{-1}$ ) aralığındadır. Buradan yola çıkılarak, kalsiyum içeriği yüksek olan topraklarda toprak pH’ı ile kalsiyum miktarı arasında negatif korelasyon görülürken; kalsiyum içeriği daha az olan topraklarda tam tersi olarak pozitif korelasyonların göze çarpmakta olduğu çıkarımına varılabilir. Şenol ve ark. (2018) da bu çıkarımı desteklemektedir. İlgili çalışmada toprağın ortalama kalsiyum içerikleri ile toprak pH’ı arasındaki korelasyonlar şu şekildedir: 0-5 cm derinlikte %  $\text{Ca}=86,75$  iken  $r_{\text{pH-Ca}} = -0,33$  ( $p < 0,05$ ), 5-30 cm derinlikte %  $\text{Ca}=80,38$  iken  $r_{\text{pH-Ca}} = 0,0$ , 30-60 cm derinlikte %  $\text{Ca}=77,27$  iken  $r_{\text{pH-Ca}} = 0,37$  ve son olarak 60-120 cm derinlikte %  $\text{Ca}=65,45$  iken  $r_{\text{pH-Ca}} = 0,88$  ( $p < 0,05$ ). Topraktaki magnezyum miktarı ise toprak pH’ı ile hem bu çalışmada hem de yukarıda özetlenen çalışmalarda pozitif korelasyon göstermiştir. Bu korelasyon bu çalışma, Şenol ve ark. (2018) ve Bhat ve ark. (2017)’nda istatistiksel olarak önemli değilken; Khadka ve ark. (2016)’nda önemlidir. Bu yönüyle, bu bulgu her dört çalışma da desteklenmiştir.

Literatürde boylu ardıçların toprak özelliklerinin ele alındığı çalışmalardan Şenol ve ark. (2018)’nda Göller Yöresi (Antalya, Burdur ve Isparta) içerisinde boylu ardıç popülasyonlarının bulunduğu 40 farklı alandan ve her alandaki 0-5, 5-30, 30-60, 60-120 cm’lik derinliklerden örneklenen toprakların bünye, tuzluluk, organik madde ve bazı mineral analizleri (K, Ca, Mg ve Na) yapılmıştır. İlgili çalışmada ele alınan toprakların bünyesinde bu çalışmanın bulgularına göre bazı farklılıklar bulunmaktadır. İlgili çalışmada kil yüzdesi ortalamalarının %26,8-39,5 (en düşük % 4,7 en yüksek %60,9) aralığında olduğu bulunmuştur. Ancak, kil yüzdesi bu çalışmada %5,6 ile 25 arasında değişmekte olup Şenol ve ark.(2018)’ndaki kil oranlarına göre genel olarak daha düşüktür. Şenol ve ark. (2018)’ndaki toprak bünyelerinin ortalama kum yüzdesi %29,9-32,7 (en düşük %12, en yüksek %67) arasında değişmektedir. Bu çalışmada ise, kum oranları %42-%76 aralığındadır ve genel olarak Şenol ve ark.(2018) değerlerine göre daha yüksektir. Bunun yanında, Göller Yöresindeki altı boylu ardıç popülasyonunun genetik çeşitlilik ve farklılaşmalarının araştırıldığı Yücedağ ve Gailing (2013)’de popülasyonların yetiştiği toprakların üçünün kumlu tın ve diğer üçünün de kumlu kil bünyesine sahip olduğu bildirilmiştir ki bu bulgu boylu ardıç popülasyonlarının yetiştiği toprakların bünyesinde kil oranı kadar kum oranlarının da yüksek olabileceğini göstermektedir. Silt yüzdesi bu çalışma için %12-50 aralığında iken Şenol ve ark. (2018)’ndaki ortalama silt oranları %30,7-40,5 (en düşük %16, en yüksek %53) arasındadır ve Şenol ve ark. (2018)’nin ortalama silt yüzdesi de bu çalışmadaki silt yüzdesi ortalamasına göre genel olarak daha yüksektir (Tablo7).

Şenol ve ark. (2018)’nda; ortalama organik madde kapsamı %2,13-8,88 (en düşük %0,43 en yüksek %13,4), ortalama kireç oranları %8,21-13,02 (en düşük %0,81, en yüksek %68,8) ve pH ortalamaları ise 7,66-7,93 (en düşük 5,65, en yüksek 8,58) olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada da organik madde ve kireç yüzdesi ile pH Şenol ve ark. (2018) ile önemli ölçüde benzerdir (Tablo 4 ve 5). EC değerlerine göre her iki çalışmada da incelenen toprak örnekleri tuzsuz kategorisinde ( $< 2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) yer almakta ise de bu çalışmada analiz edilen popülasyonlardan ikisinin (Ankara-Beypazarı ve Karabük-Eskipazar) toprağı hafif ( $2-4 \text{ mS cm}^{-1}$ ) ve orta tuzlu ( $4-8 \text{ mS cm}^{-1}$ ) sınıflarına girmektedir.

Van-Gevaş-Altıncaç Köyü'nde bulunan *J. excelsa* popülasyonunun yedi farklı yerinden ve 0-20, 20-40 ve 40-60 cm derinliklerinden alınan toprakların (toplam 21 örnek) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelendiği Gülser ve ark. (2012)'nda pH değerlerinin 7,8-8,2 arasında olduğu, EC değerlerinin 0,07-0,97 mS cm<sup>-1</sup>, kireç yüzdesinin oldukça değişken (%0,88-43,56), organik madde yüzdesinin 0,17 ile 5,14 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu bulgular, bu çalışmada analiz edilen topraklardaki değerlerle benzerlik göstermektedir (Tablo 4). Bunun yanında, Gülser ve ark. (2012)'nda analiz edilen toprak bünyelerinin tınlı ve killi-tınlı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada da ele alınan toprakların bazıları tınlı yapıdadır ve Gülser ve ark. (2012) ile benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışmada toprakların çoğu kumlu tın tanımına uymaktadır (Tablo 3).

Mineral madde bakımından bu çalışmadaki fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan ve bakır miktarları ile Gülser ve ark. (2012) değerleri bir dereceye kadar benzerlik gösterse de bazı önemli farklılıkların olduğu görülmektedir. Örneğin; bu çalışmada topraklar fosfor içerikleri orta veya yüksek düzeyde iken, Gülser ve ark. (2012)'ndeki toprak örneklerinin dördü dışında fosfor içeriklerinin az olduğu (0,91-13 4 mg kg<sup>-1</sup>); yani fosfor içeriklerinin 6 mg kg<sup>-1</sup>'den düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca ilgili çalışmada, toprak örneklerindeki potasyum içeriklerinin (55-594 mg kg<sup>-1</sup>) azdan yükseğe kadar değişen düzeylerde, kalsiyum içeriklerinin (4.443-9.064 mg kg<sup>-1</sup>) fazla (>3.500 mg kg<sup>-1</sup>), magnezyum içeriklerinin (712-1.833 mg kg<sup>-1</sup>) fazla (>480 mg kg<sup>-1</sup>), demir içeriklerinin (3,98-9,95 mg kg<sup>-1</sup>) örneklerin biri dışında fazla (>4,5 mg kg<sup>-1</sup>), çinko içeriklerinin (0,08-1,22 mg kg<sup>-1</sup>) çok azdan yeterliye kadar değişen düzeylerde, mangan içeriklerinin (5,60-14,09 mg kg<sup>-1</sup>) örneklerin biri dışında az (<14 mg kg<sup>-1</sup>) ve bakır içeriklerinin ise (0,10-1,24 mg kg<sup>-1</sup>) örneklerin biri dışında yeterli (>0,2 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmektedir. Bahsi geçen içerikler yönünden bu çalışma ile Gülser ve ark. (2012) bulgularının önemli ölçüde benzer olduğu söylenebilir. Ancak, farklı olarak bu çalışmadaki topraktaki magnezyum içerikleri belirgin şekilde daha azdır ve bu çalışmada yeterli düzeyde mangan içerikli topraklar da bulunmaktadır.

Bunun yanında; Eyüboğlu ve ark. (1996) da Türkiye topraklarının %44'ünde çinko ve %49,8'inde mangan azlığı görüldüğünü bildirmişlerdir (Gülser ve ark., 2012). Bu saptamayı destekler şekilde, bu çalışmada analiz edilen 20 toprak örneğinin 14'ünde çinko ve 12'sinde de mangan azlığı tespit edilmiştir.

İran'ın güneydoğusunda bulunan *J. excelsa* popülasyonlarından seçilmiş dokuz alandaki üçer farklı noktadan ve 0-30 cm derinlikten alınan topraklar, pH, EC, kireç ve bünye gibi parametrelere göre analiz edilmiştir (Zangiabadi ve ark., 2012). Buna göre, seçilmiş bu dokuz alandaki toprakların; pH değerleri 7,49-8,04, EC değerleri 441-851 µS cm<sup>-1</sup>, kireç yüzdesi 23-35, kil yüzdesi 9-19, silt yüzdesi 28-36 ve kum yüzdesi ise 50,5-60 arasında değişmiştir (Zangiabadi ve ark., 2012). İlgili çalışmanın bulguları İran'daki *J. excelsa* popülasyonlarının yayılış gösterdiği toprakların istisnaları olmakla birlikte bu çalışmanın da bulgularına paralel olarak hafif alkalın, düşük tuzlu, yüksek kireçli ve bünye sınıflarının da tınlı ve kumlu-tın olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Bu çalışmada ele alınmış olan toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri ile ilgili aynı paralellikler Sarangzai ve ark. (2012)'nda da görülmektedir. İlgili çalışmada, Pakistan'ın batı bölümünü oluşturan Belucistan Bölgesi'nde yer alan *J. excelsa* ormanlarının toprakları örneklenerek (0-25 cm derinlikten) özellikleri incelenmiştir. Toprak analizinde kullanılan parametrelere göre, topraklardaki organik madde yüzdesinin orta-zengin düzeyde olduğu (%1,1-3,3), pH değerlerinin nötr ile orta alkali arasında yer aldığı (6,9-8,0), EC'nin toprakların tuzsuz olduğuna işaret ettiği (920-2.760 µS cm<sup>-1</sup>) ve kireç yüzdesinin de 10-15 arasında değiştiğinden hareketle toprakların kalker özelliği gösterdiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada topraklardaki ortalama kil, silt, kum ve su tutma kapasitesi yüzdeleri sırasıyla %5, %13, %64 ve %18 olarak bulunmuş ve çalışılan toprakların ağırlıklı olarak kumlu-tın bünyesine sahip oldukları belirtilmiştir.

## Sonuç

*J. excelsa* popülasyonlarının büyük çoğunluğu için, çoğu bitkinin kolayca uyum sağlayamayacağı, tarımsal etkinliklere pek elverişli olmayan ekstrem toprak koşullarına uyum sağlayarak varlığını sürdürdüğü sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu yönüyle ekstrem toprak koşullarının bulunduğu bu tür alanlarda, sahip oldukları yaygın fiziksel-kimyasal özelliklere sahip toprakların erozyondan korunması ve bu tür ekstrem fiziksel-kimyasal özelliklere sahip toprakların erozyondan korunması amacıyla ağaçlandırılması için ardic türlerinden yararlanılması stratejilerine başvurulmaktadır (Gülcü ve Gültekin, 2005). Bunun yanında, coğrafik konumu belli bir yerde, bir yaşama birliği oluşturan canlılar ile bir yetiştirme ortamı oluşturan çevre koşulları arasında karşılıklı ve dinamik ilişkilerin bulunduğu çok önemli ekolojik bir birim olarak tanımlanan



ekosistemin (Çepel, 1995; Kantarcı, 2005) bu tür arazilerde sürekliliğinin sağlanmasında ardıç türlerinin çok büyük bir önemi vardır.

Sonuç olarak; Türkiye’de yayılış gösteren boylu ardıç orman topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesini konu alan hem bu çalışma hem de benzer diğer çalışmaların bulguları karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, boylu ardıcın fiziksel ve kimyasal yapıları birbirinden oldukça farklı toprak koşullarına uyum sağlayabildiği ve gelişebildiği görülmüştür. Yüksek eğimli, kayalık ve taşlık nitelikteki alanlarda boylu ardıç ormanlarının bulunuşu, derinliği ve su tutma kapasitesi az olan topraklara bu türün uyum sağladığını ve bu yönüyle bu tür alanlarda ekosistemin sürekliliğini sağlamak açısından boylu ardıç türünün öneminin büyük olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada analiz edilmiş olan toprak örnekleri içerisinde kireç oranı oldukça fazla, kum oranı yüksek, organik madde, potasyum, magnezyum, çinko veya mangan bakımından yetersiz olanlar bitki büyümesini kısıtlayıcı uç niteliklere sahiptir. Nitekim, Gültekin ve Gültekin (2006)’de “ekstrem toprak (sığ, fizyolojik derinliği az, alkali, besin değeri düşük vb.) ve iklim özelliklerine (güneşli bakılar, kapalı havzalar, şiddetli soğuğa maruz alanlar ve kuru yetişme ortamları) sahip alanlarda yetişebilmek” boylu ardıcın önemli ekolojik özellikleri olarak belirtilmektedir. Bu çalışma ile de Türkiye genelindeki boylu ardıç popülasyonlarının yayılış gösterdiği alanlardaki toprakların ele alınmış fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından karakteristikleri ortaya konmuştur. Tüm bunlardan da boylu ardıcın gelişmek için ihtiyaç duyduğu edafik etkenlerin oldukça esnek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### Teşekkür

Bu çalışmayı “FDK-15-781” nolu proje ile destekleyen “Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne”, bu makalenin yazarları olarak teşekkürlerimizi sunarız. Bunun yanında; örnekleme yaptığımız il ve ilçelerdeki “Orman İşletme Müdürlükleri ve Şefliklerinde” çalışan ve örnek toplama aşamasında bize yardımcı olan tüm personele teşekkürü bir borç biliriz.

## Kaynakça/References

- Adams, R.P. (2014). Junipers of the World: The Genus *Juniperus*. Trafford Publishing, USA, 415 p.
- Alpaslan, M., Güneş, A. & İnal, A. (2005). *Deneme Tekniği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yayını. Ankara, 437s.
- Altun, L., Yılmaz, E., Günlü, A., Ercanlı, İ., Usta, A., Yılmaz, M. & Bakkaloğlu, M. (2007). Murat Dağı (Uşak) yöresinde yayılış gösteren ağaç türlerinin (kızılçam, karaçam ve sarıçam) verimliliğini etkileyen kimi ekolojik etmenlerin araştırılması. *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 7(1): 71-92.
- Bhat, Z.A., Padder, S.A., Ganaie, A.Q., Dar, N.A., Rehman, H.U. & Wani, M.Y. (2017). Correlation of available nutrients with physico-chemical properties and nutrient content of grape orchards of Kashmir. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(2):181-185.
- Black, C.A. (1965). Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, U.S.AA. 1372-1376.
- Bouyoucos, G.J. (1951). A recalibration of the hydrometer method form a king mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Coode, M.J.E. & Cullen J. (1982). *Juniperus L.* In: Davis, P.H. (Ed.). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburg University. Press. pp. 78-84, Edinburg.
- Çağlar, K.Ö. (1949). *Toprak Bilgisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 10, Ankara.
- Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3886, İstanbul, 536s.
- ÇŞB, (2017). *Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara. [http://sgb.csb.gov.tr/mevzuat/dosyalar/r\\_20131001003814507\\_7542c1f8-141f-4e9d-bc2f-3c94f17f0c62.pdf](http://sgb.csb.gov.tr/mevzuat/dosyalar/r_20131001003814507_7542c1f8-141f-4e9d-bc2f-3c94f17f0c62.pdf). (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- Douaihy, B., Vendramin, G.G., Boratyński, A., Machon, N. & Dagher-Kharrat, M.B. (2011). High genetic diversity with moderate differentiation in *Juniperus excelsa* from Lebanon and the eastern Mediterranean region. *AoB Plants*, plr003: 1-14.
- Eyüboğlu, F., Kurucu, N. & Talaz, S., (1996). *Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro element bakımından genel durumu*. Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü Genel Yayın No: 217, Seri No: R.133, Ankara.
- FAO, (1984). *Fertilizer and Plant Nutrition Guide Bulletin. 9*. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/a-aq355e.pdf> (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- Fotiadis, G. Angelova, N., Nikolov, N. Melovski, L., Karadelev, M., Avukatov, V. & Nikolov, L. (2012). Conservation action plan for Grecian juniper forests in the Praspas Lakes Watershed (Final Report). Global Environment Facility-Lawrence Jones Walters, ECNC, Netherlands, 55 p.
- Gülcü, S. & Gültekin, C. (2005). Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ve küçük kozalaklı katran ardıcı'nda (*Juniperus oxycedrus L.*) uygun ekim yöntemlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1):37-48, Isparta.
- Gülser, F., Çiğ, A. & Türkoğlu, N. (2012). Van'da doğal olarak yetişen ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) bitkisinin meyvelerinin besin mineral maddeli içerikleri ile yetiştirme ortamının toprak özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2): 93-98.
- Gültekin, H.C. & Gültekin, Ü.G. (2006). Bazı Türkiye ardıç türlerinin doğal yayılışları, biyolojisi ve ekolojisi. *Batu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 39-66.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T. (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damartlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul, 1290s.
- Jackson, M.L. (1967). Soil chemical analysis. *Prentice. Hall, Inc.*, 183:219-284.
- Kacar, B. (1962). Plant and Soil Analysis. University of Nebraska College of Agriculture Department. of Agronomy., Lincoln, Nebraska, USA.
- Kantarci, M.D. (2005). *Orman Ekosistemleri Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Yayın No: 4594, OF Yayın No: 488, İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi, İstanbul, 379s.
- Karaöz, M.Ö. (1991). Belgrad Ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerine ait toprak özelliklerinin bir metrekep hacimdeki değerlere göre karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A-41(1): 60-66.
- Khadka, D., Lamichhane, S. & Thapa, B. (2016). Assessment of relationship between soil pH and macronutrients, Western Nepal. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, D-6(2): 303-311.
- Lindsay, W.L. & Norwell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn, and Cu. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3):421-428.
- OGM, (2012). *Toprakta Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <http://ekoloji.ogm.gov.tr/Dokumanlar/Toprak%20analizi%20sonu%C3%A7lar%C4%B1n%C4%B1n%20de%C4%9Ferlendirilmesi.pdf> (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- OGM, (2014). *Ardıç Ormanlarının Rehabilitasyonu Eylem Planı*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Ardic%20Ormanlarının%20Rehabilitasyonu%20Eylem%20Planı.pdf>. (Erişim tarihi: 05.09.2018).



- OGM, (2017a). *Türkiye Orman Varlığı 2015*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Turkiye%20Orman%20Varligi-2016-2017.pdf> (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- OGM, (2017b). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Resmi İstatistik Portalı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. [http://rip.ormansu.gov.tr/rip/anasayfa/resimlihaber/17-09-15/Korunan\\_Alanlar\\_Ulusal\\_Siniflama\\_Kodlari.aspx?sflang=tr](http://rip.ormansu.gov.tr/rip/anasayfa/resimlihaber/17-09-15/Korunan_Alanlar_Ulusal_Siniflama_Kodlari.aspx?sflang=tr). (Erişim tarihi: 24.01.2019).
- OGM, (2019). *Toprakta Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Sınır Değerler*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://ekoloji.ogm.gov.tr/Dokumanlar/Toprak%20analiz%20sonu%C3%A7lar%C4%B1n%C4%B1n%20de%C4%9Ferlendirilmesi.pdf> (Erişim tarihi: 30.07.2019).
- Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982). P Availability Indices. P Soluble in Sodium Bicarbonate, Method of Soil Analysis Part 2. Chem. and Microb. Propert. Edit. A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney, 404-430.
- Özdemir, A. & Kahraman, S. (2018). *Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme*. <http://www.kitapark.com/pdf/toprak-bilgisi-ve-bitki-besleme.pdf> (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- Özkan, K. (2004). Prof. Dr. Bekir Sıtkı Evcimen Sedir Koruma Ormanı’nda Toros Sediri’nin (*Cedrus libani* A. Rich) gelişimi ile yetişme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2): 327-332.
- Saltalı, K. (2015). *Toprak Verimliliğinde Organik Maddenin Önemi*. <http://www.gubretas.com.tr/tr/icerik/12/1834/toprak-verimliliğinde-organik-maddenin-onemi.aspx> (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- Sarangzai, A.M., Ahmed, M., Ahmed, A., Tareen, L. & Jan, S.U. (2012). The ecology and dynamics of *Juniperus excelsa* forest in Balochistan-Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 44(5): 1617-1625.
- Şenol, Ş., Alaboz, P., Gülsoy, S. & Özkan, G. (2018). Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ormanları altındaki toprakların fizikokimyasal özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 1-10.
- Şişaneci, R. & Terzi, M. (2018). *Toprakta pH, Tuzluluk, Kireç ve Bitkiler İçin Önemi*. <http://slideplayer.biz.tr/slide/1947497/>. (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2008). *Bitki Fizyolojisi*. Palme Yayıncılık, 690 s. Ankara.
- The World Bank, (2015). Forest Area (% of Land Area). <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS> (Erişim tarihi: 05.09.2018).
- Yücedağ, C. & Gailing, O. (2013). Genetic variation and differentiation in *Juniperus excelsa* M. Bieb. populations in Turkey. *Trees*, 27(3): 547-554.
- Zangiabadi, S., Naseri, F. & Ahmadi Moghadam, A. (2012). Investigation on silvicultural properties and soil characteristics of *Juniperus excelsa* M. Bieb in the south east of Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sci.*, 12(3): 269-274.

**Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kurutma Kinetiği, Enerji Tüketimi ve Ürün Kalitesi Açısından İncelenmesi**

Examination of Different Drying Methods in Sultana Seedless Grapes In Terms of Drying Kinetics, Energy Consumption and Product Quality

Ersin KARACABEY<sup>1\*</sup>, Türkan AKTAŞ<sup>2</sup>, Levent TAŞERİ<sup>1</sup>, Gamze UYSAL SEÇKİN<sup>1</sup>


**Öz**


Bu çalışmada Sultani çekirdeksiz üzüm örnekleri herhangi bir ön işlem uygulaması yapılmadan mikrodalga ve sıcak hava yöntemi kullanılarak farklı sıcaklık ve güç değerlerinde kurutulmuş, yönteme bağlı olarak kurutma kinetikleri ve enerji tüketim değerleri ortaya konulmuştur. Sıcak hava ile kurutma denemeleri 50, 60 ve 70 °C sıcaklık ve 1 m s<sup>-1</sup> hava hızı değerinde ve mikrodalga ile kurutma denemeleri 180 ve 270 W güç değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Deneysel verileri değerlendirmek için literatürde önerilmiş olan Wang ve Singh, Henderson-Pabis, Newton ve Logaritmik ince tabaka kurutma modelleri kullanılmış ve bu modeller arasında Wang ve Singh modelinin, hem sıcak havalı kurutma hem de mikrodalga kurutma yöntemleri için sultani çekirdeksiz üzümün kuruma davranışını temsil eden en iyi model olduğu saptanmıştır. Sıcak hava yönteminde sıcaklık yükseldikçe fenolik madde miktarları ve kahverengileşme indeksi değerleri yükselmiştir. 200 g üzüm örneklerinde yapılan denemelerde ürün ilk neminin % 75'den % 20 seviyesine düşürülmesinde sıcak hava ile kurutma uygulamasında en düşük kurutma süresi 70 °C'de 10 saat ve mikrodalga ile kurutma yönteminde 270 W uygulama gücünde 35 dakika olarak bulunmuştur. En düşük özgül enerji tüketimi; sıcak hava uygulamasında 70 °C'de 19,15 kWh kg<sup>-1</sup> ve mikrodalga ile kurutma yönteminde 270 W uygulama gücünde 1,52 kWh kg<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sultani çekirdeksiz üzüm, kurutma, mikrodalga, sıcak hava, kurutma kinetiği, enerji tüketimi

**Abstract**

Sultana Seedless grape samples were dried using hot air and microwave methods in different temperature and power levels with untreated conditions and drying kinetics and energy consumption values based on method were revealed in this study. Hot air drying experiments in electric forced convection oven were conducted in temperatures of 50, 60 and 70 °C with 1 m s<sup>-1</sup> air velocity. Microwave drying experiments were conducted in 180 and 270 W power levels. Wang and Singh, Henderson-Pabis, Newton and Logaritmik thin layer drying methods offered in the literature were used to evaluate experimental values and it was determined that Wang and Singh model represents the drying characteristics of Sultana seedless grape as the best for both methods. Phenolic content and browning index increased with temperature rise in hot air method. Minimum drying time was obtained as 10 hours in 70 °C hot air drying and 35 minutes in 270 W microwave power level for decreasing moisture content of

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ersin Karacabey, Bağcılık Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Tekirdağ. E-mail: [ersin.karacabey@tarimorman.gov.tr](mailto:ersin.karacabey@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 00000003-4166-1553

<sup>2</sup>Türkan Aktaş, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ. E-mail: [taktas@nku.edu.tr](mailto:taktas@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0001-9977-859X.

<sup>1</sup>Levent Taşeri, Bağcılık Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Tekirdağ. E-mail: [levent.taseri@tarimorman.gov.tr](mailto:levent.taseri@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0002-4494-9125.

<sup>1</sup>Gamze Uysal Seçkin, Bağcılık Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Tekirdağ. E-mail: [gamze.uyalseekin@tarimorman.gov.tr](mailto:gamze.uyalseekin@tarimorman.gov.tr)  OrcID: 0000-0002-2117-075X

**Atıf/Citation:** Karacabey, E, Aktaş, T, Taşeri, L, Seçkin Uysal, G. Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde farklı kurutma yöntemlerinin kurutma kinetiği, enerji tüketimi ve ürün kalitesi açısından incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), xx-xx.

200 g grape samples from 75 % (w.b.) to 20 % (w.b.). Minimum specific energy consumption was determined as 19,15 kWh kg<sup>-1</sup> in 70 °C hot air drying and 1,52 kWh kg<sup>-1</sup> in 270 W microwave power level.

**Keywords:** Sultana seedless grape, drying, microwave, hot air, drying kinetics, energy consumption

### Extendend Summary

Raisin is an important food product with vitamin, mineral and phenolic content. Drying time and energy consumption based on energy source is very important in drying period. Sultana Seedless grape samples were dried using hot air and microwave methods in different temperature and power levels with untreated conditions and drying kinetics and energy consumption values based on method were revealed in this study. Hot air drying experiments in electric forced convection oven were conducted in temperatures of 50, 60 and 70 °C with 1 m s<sup>-1</sup> air velocity. Microwave drying experiments were conducted in 180 and 270 W power levels. Wang and Singh, Henderson-Pabis, Newton and Logaritmik thin layer drying methods which are offered in the literature were used to evaluate experimental values. Comparison of models was made by using model efficiency, chi-square ( $\chi^2$ ) and root mean square error statistical parameters. It was determined that Wang and Singh model represents the drying characteristics of Sultana seedless grape as the best for both hot air and microwave drying methods.

It was observed that there is an important relation between product amount and power level in microwave drying method. For instance in 16,5 g grape sample product moisture was decreased from 75 % (w.b.) to 29 % (w.b.) in one hour without discoloration in 90 W while this power level was insufficient in drying of 200 g samples. Besides, no unfavorableness was observed in 70-75 % part of drying period although there are some negative features such as blast and discoloration with caramelisation in final product in microwave drying method. Moisture content in this point decreased till 45-50 %.

Phenolic content and browning index increased with temperature rise in hot air method. Rise in browning index shows browning in color of raisins increases with temperature. Significant decrease in drying time and energy consumption for unit product with temperature rise occurred in hot air drying method. Minimum drying time was obtained as 10 hours in 70 °C hot air drying and 35 minutes in 270 W microwave power level for decreasing moisture content of 200 g grape samples from 75 % (w.b.) to 20 % (w.b.). Minimum specific energy consumption was determined as 19,15 kWh kg<sup>-1</sup> in 70 °C hot air drying and 1,52 kWh kg<sup>-1</sup> in 270 W microwave power level.

Tarımsal ürünlerin kurutulmasında amaç, yaş ürünlerdeki serbest suyu uzaklaştırarak, ürünlerde meydana gelebilecek biyokimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların ürünü bir besin kaynağı olarak kullanıp büyümelerini durdurmaktır. Ayrıca, kurutulmuş ürünlerin hacimlerinde ve ağırlıklarında büyük oranda küçülme sağlandığı için bu yöntem, taşıma ve depolama maliyetlerini de azaltmaktadır. Günümüzde ticari olarak kullanılan kurutuculardan hiçbiri tam olarak hem en ekonomik ve hem de en kaliteli kurutma işlemini bir arada sağlayamamaktadır. Her yöntem enerji tüketimi, kurutma maliyeti ve ürünlerdeki kalite değişimi açısından sınırlama veya eksikliklere sahiptir (Tarhan ve ark., 2007).

Farklı yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde kimyasal yönden ön plana çıkan bir yöntemin fiziksel veya duysal analizlerde olumsuz özelliklere sahip olabileceği daha önce yapılan çalışmalarda görülmektedir. Bu nedenle ürün kalitesi ile birlikte kurutma süresi ve enerji maliyetlerinin birlikte kapsamlı şekilde değerlendirilmesiyle en uygun kurutma yönteminin önerilmesi önemlidir.

Farklı kurutma yöntemlerinin kombine kullanımına yönelik çalışmalarda kurutma karakteristikleri ve ürün kalitesi açısından önemli sonuçlar çıktığı görülmektedir. Bu tarz sistemlerde çoğunlukla hangi kurutma yönteminin kurutma sürecinin ne kadarlık bölümünde ve hangi sırayla yer alacağı önem taşımaktadır.

İçermiş olduğu vitamin, mineral ve fenolik maddeler ile kuru üzüm önemli bir gıda ürünüdür. Kurutma sürecinde ise kurutma süresi ve kullanılan enerji kaynağına bağlı olarak gerçekleşen enerji tüketimi oldukça önemlidir. Farklı kurutma yöntemlerinin üzüm kurutmada kullanımında kurutma süresi, enerji tüketimi ve ürün kalitesinin belirlenmesine yönelik çeşitli araştırmalar mevcuttur. Elde edilen son ürünün kalitesinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda üzüm içerisindeki insan sağlığı açısından önem taşıyan maddelerin miktarındaki değişimler incelenmiştir.

Son yıllarda tarımsal ürünlerden uzaklaştırılan nem miktarının artırılarak kurutma süresinin kısaltılması için mikrodalga ile kurutma yöntemine giderek artan bir ilgi oluşmuştur. Bu kurutma yöntemi daha yüksek kuruma hızı, daha kısa kuruma süresi, düşük enerji tüketimi ve daha yüksek ürün kalitesi sağlama avantajlarına sahiptir. En düşük ekonomik girdiyle kaliteli ürün elde ederek ve enerji tüketimini düşürerek kurutma süreçlerinin iyileştirilmesi modern kurutmanın bir hedefi haline gelmiştir. Tek bir yöntemle bu hedefe ulaşılamayacağından mevcut yöntemlerin kombine kullanımı düşünülmelidir (Kassem ve ark., 2011).

Farklı kurutma yöntemlerinin kombine olarak kullanımını içeren çalışmalardan birinde Kassem ve ark. (2011), mikrodalga ve sıcak hava ile kurutma yöntemlerinin Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde kuruma karakteristikleri üzerine etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Belirli bir mikrodalga güç aralığında güç seviyesini arttırmanın kurutma işlemini hızlandırarak süreyi kısalttığını belirtmiştir. Ortalama enerji tüketimleri en yüksek sıcak havalı kabinli kurutucuda 564,5 MJ/kg<sup>buharlaştırılan su</sup> olarak bulunurken en düşük enerji tüketimi sıcak havalı kabinli kurutucuyla tamamlanan mikrodalga kurutma sisteminde 320,6 MJ/kg<sup>buharlaştırılan su</sup> olarak bulunmuştur.

Karaaslan ve ark. (2017), Sultani üzüm çeşidinde konvektif kurutma (100, 150 ve 200 °C), mikrodalga kurutma (180, 540 ve 720 W) ile konvektif ve mikrodalga kombine kurutmanın (180 W – 100 °C, 360 W – 100 °C kurutma süresi ve kuruma hızı üzerine etkilerini araştırmıştır. Kurutma verilerini Midilli-Kucuk, Weibull dağılımı, logistic ve Alibas Eşitlik modellerine uygulayarak gözlenen ve tahmin edilen nem oranları arasındaki ilişkiyi gösteren katsayılar göre karşılaştırmalarını yapmıştır. Weibull dağılım modeli 540 W – 100 °C kombine uygulaması dışındaki tüm kurutma denemeleri için en iyi tanımlayıcı model ve Alibas modeli ise 540 W – 100 °C kombine kurutma denemesi için en iyi tanımlayıcı model olarak bulunmuştur.

Almeida ve ark. (2013) Crimson çekirdeksiz üzüm çeşidinden kuru üzüm üretiminde farklı kurutma yöntemlerinin etkisini inceledikleri çalışmada bir güneş fırını içerisinde doğrudan güneşe maruz bırakma ile 50 °C ve 60 °C sıcaklıklarda sabit hava hızında kurutma yöntemlerini denemişlerdir. Elde edilen ürünle ilgili fiziksel, kimyasal ve duysal değerlendirmeleri gerçekleştirmiştir. Sonuçta fiziksel ve kimyasal değerlendirme yönünden yapılan testlerde farklı kurutma yöntemlerinin önemli farklılık göstermediğini ortaya koymuşlardır. En önemli fark olarak konvektif kurutma yönteminin daha kısa sürelerde daha düşük nem seviyesine ulaşma şeklinde olduğunu ve bunun ekonomik yönden önemli sonuç olduğunu belirtmiştir. Duysal analizlerde ise elde edilen ürünün pazarda ulaşılabilen ticari ürünle benzer özelliklere sahip bulunduğunu ortaya koymuştur.

## Materyal ve Yöntem

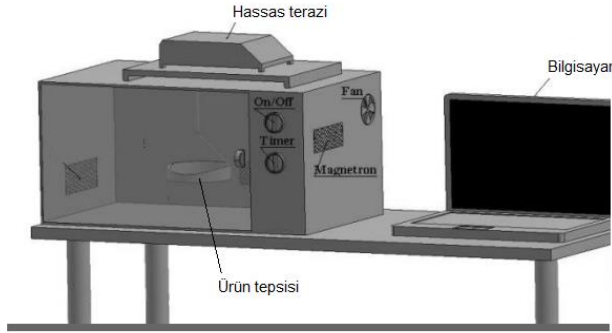
Bu çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin uygulandığı denemelerde Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidi kullanılmıştır. Tüm kurutma denemesi tekerürlerinde yaklaşık 200 g yaş üzüm örneği kullanılmıştır. Sıcak hava ile kurutma yönteminde laboratuvar tipi 45 cmx45 cm ebadında 10 adet tepsiye sahip, sıcaklık ve hava sirkülasyon kontrollü, ağırlık tartım özelliği olan kurutma sistemi kullanılmıştır.



Şekil 1. Elektrikli sıcak hava fırını ve kontrol ekranı

Figure 1. Electrical hot air oven and control monitor

Mikrodalga kurutma yönteminde ise Beko marka, 2450 MHz frekanslı, 800 W'lık enerji değerli, 19 litrelik iç hacimli, döner tablalı mikrodalga fırın kullanılmıştır. Bu fırın her 5 sn.de ağırlık azalışını otomatik olarak kaydeden bir tartım sistemine sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. Mikrodalga kurutma fırını (Çelen ve ark., 2015)

Figure 2. Microwave drying oven (Çelen ve ark., 2015)

Çalışmada yaş ve kuru üzüm nem içeriklerinin belirlenmesinde Nüve marka EV 018 tipi vakumlu etüv kullanılmıştır. Renk analizlerinde Koniko-Minolta CM-5 cihazı kullanılmış ve L\*, a\*, b\*, chroma ve hue değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler kullanılarak kuru üzümün kahverengileşme endeksleri (BI) ve toplam renk değişimleri ( $\Delta E$ ) Eşitlik 1, 2 ve 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Maskan, 2001).

$$BI = \frac{[100.(x-0,31)]}{0,17} \quad (1)$$

$$x = \frac{(a^*+1,75xL^*)}{(5,645xL^*+a^*-3,012xb^*)} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_o^* - L^*)^2 + (a_o^* - a^*)^2 + (b_o^* - b^*)^2} \quad (3)$$

Denemelerde pH değeri, yaş üzüm örnekleri parçalanıp süzülmesi ile elde edilen sıranın direkt olarak pH metre ile ölçülmesi esasıyla tespit edilmiştir. Kuru üzümler homojenizatörde karıştırılarak saf su ile muamele edilmiş ve direkt olarak pH metre ile ölçümleri yapılmıştır. Suda çözünür kuru madde (SÇKM) analizleri için; parçalanıp suyu çıkartılmış örneklerde el tipi refraktometre ile ölçüm yapıp % briks derecesi belirlenmiştir.

Toplam fenolik madde içerikleri Waterhouse (2002) tarafından bildirilen Folin-Ciocalteu metodu ile gallik asit eşdeğeri (mg/kg) cinsinden belirlenmiştir.

Kurutma denemeleri herhangi bir kimyasal önışlem olmaksızın gerçekleştirilmiştir. Sıcak havalı yöntemde kurutma denemeleri 50, 60 ve 70 °C olmak üzere 3 farklı kurutma sıcaklığında ve 1 m s<sup>-1</sup> hava hızında, mikrodalga yönteminin kullanıldığı kurutma denemeleri ise 180 ve 270 W güç seviyelerinde gerçekleştirilmiştir.

Kurutma sırasında üründen uzaklaştırılan nem miktarı Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmıştır (Jithinraj ve Karim, 2014) .

$$\Delta W = W_1 \times \frac{N_1 - N_2}{100 - N_2} \quad (4)$$

Bu eşitlikte;

$\Delta W$ =Üründen uzaklaştırılan nem miktarı (kg),

$W_1$ =Ürünün kurumadan önceki ağırlığı (kg),

$N_1$ =Ürünün kurumadan önceki nemi (y.b.),

$N_2$ =Ürünün kurumadan sonraki nemidir (y.b.).

Yaş üzüm örnekleri %75 ilk nem değerinden %20 son nem değerine düşene kadar olan kurutma sürecinde ortaya çıkan enerji tüketimi değerleri pano üzerindeki elektrik sayacından kWh cinsinden okunarak kaydedilmiştir. Her iki kurutma yönteminde kuruma eğrilerinin çıkarılması amacıyla ağırlık azalışları periyodik olarak ölçülerek kaydedilmiştir.

Mikrodalga ile kurutma yönteminde elde edilen ürünün karamelizasyon ve renk bozukluğu gibi sebeplerle gıda değerleri açısından sıcak hava ile kurutma yönteminden elde edilen ürünle karşılaştırması yerine üründe olumsuz özelliklerin oluşmaya başladığı kırılma noktalarının saptanması hedeflenmiş olup renk özellikleri ve toplam fenolik madde içerikleri sadece yaş ürün ve sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş örnekler için gerçekleştirilmiştir . Elektrikli sıcak hava fırını ve mikrodalga ile kurutma yöntemlerinde ortaya çıkan kurutma süresi ve enerji tüketim değerleri JMP paket programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sıcak hava ile kurutma yönteminde farklı sıcaklıklar ile yapılan uygulamalardan elde edilen ürünün kalite açısından gıda değerleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Üzüm örneklerinin kuruma davranışını ifade eden uygun modelin saptanması için Çizelge 1'de belirtilmiş olan 4 model denenmiştir.



Çizelge 1. Gıda kurutma prosesinde kullanılan ince tabaka kurutma modelleri (Kutlu ve ark., 2015)

Table 1. Thin layer drying models used for food drying processes (Kutlu ve ark., 2015)

Modeller	Matematiksel Denklemler	Kaynaklar
Henderson-Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	(Bengston ve ark.,1998)
Newton	$MR = \exp(-kt)$	(Ayensu, 1997; Tiris ve ark., 1994)
Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	(Lahsasni ve ark., 2004)
Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	(Wang ve Singh, 1978)

Sıcak havalı kurutma ve mikrodalga kurutma verilerine ilişkin parametreler deneysel olarak elde edilmiş olan sonuçların lineer olmayan regresyon analizi tekniği ile saptanmıştır. Bu analiz, Statistica 5.5 istatistik programını kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model parametrelerinin saptanması için Quasi-Newton nümerik metod kullanılmıştır. En uygun modelin seçilebilmesi için, analiz sonucunda bulunan tahmini değerlerden ve kalanlar verilerinden yararlanılarak khi-kare ( $\chi^2$ ), ortalama karesel hata (RMSE=root mean square error) ve model etkinliği (EF) değerleri hesaplanmıştır. En uygun model olarak, her uygulama için saptanan  $\chi^2$  değerinin en düşük, RMSE değerinin sıfıra en yakın ve EF değerinin de en yüksek değerde olanı (model etkinliği için maksimum değer 1'dir) seçilmiştir. Bu kriterler aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır (Ertekin ve Yıldız, 2004; Hossain ve Bala, 2002).

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{\text{exp},i} - M_{\text{pre},i})^2}{N - n} \quad (5)$$

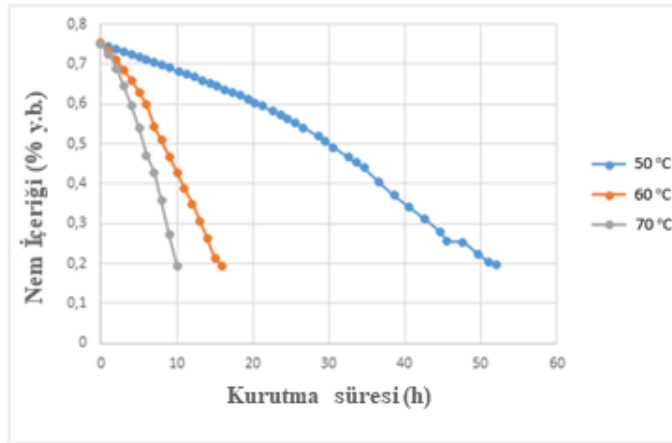
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (M_{\text{pre},i} - M_{\text{exp},i})^2}{N}} \quad (6)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{\text{exp},i} - M_{i,\text{expmean}})^2 - \sum_{i=1}^N (M_{\text{pre},i} - M_{\text{exp},i})^2}{\sum_{i=1}^N (M_{\text{exp},i} - M_{i,\text{expmean}})^2} \quad (7)$$

Bu eşitliklerde,  $M_{\text{exp},i}$  i. deneysel denge nem içeriği,  $M_{\text{pre},i}$  i. tahmin edilen denge nem içeriği  $N$  gözlem sayısı,  $n$  kullanılan sorpsiyon modelindeki model sabiti sayısı ve  $M_{\text{expmean}}$  ise deneysel ortalama denge nem içeriğidir.

### Bulgular ve Tartışma

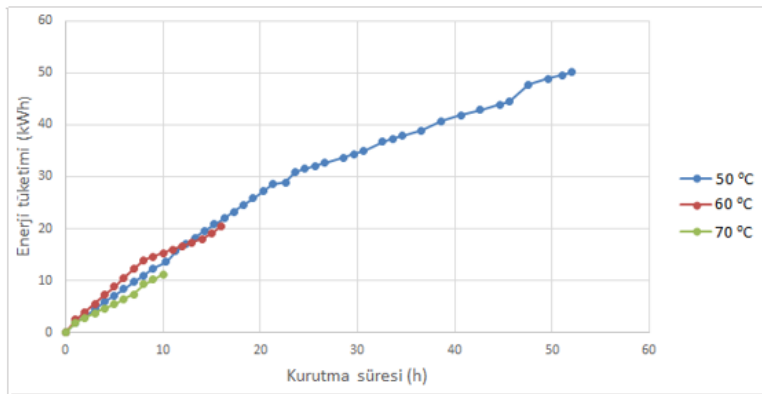
Sıcak havalı kurutmada, ilk nemi %75 olan üzüm örnekleri 1 m s<sup>-1</sup> hava hızı ve farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulmuş ve üzüm örneklerinin %20 nem düzeyine düşürülene kadarki nem içeriği değişimine yönelik grafik Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Üzüm örneklerinin nem içeriklerinin farklı kurutma sıcaklıklarına bağlı olarak değişimi

Figure 3. Change of moisture contents of grape samples based on different drying temperatures

Şekil 3’de görüldüğü gibi sıcaklık artışı ile birlikte kurutma sürelerinde önemli düşüş meydana gelmiştir. Sıcak hava ile kurutma yönteminde üründeki nemin %50’si 50 °C sıcaklık değerinde kurutma sürecinin ilk % 37,6’lık bölümünde, 60 °C sıcaklık değerinde ilk % 34,9’luk bölümünde ve 70 °C sıcaklık değerinde ilk % 35’lik dilimde uzaklaştırılmıştır. Her 3 sıcaklık değerinde kurutma süreleriyle birlikte ortaya çıkan enerji tüketim değerleri Şekil 4 ve Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 4. Farklı sıcaklıklarda enerji tüketimlerinin değişimi

Figure 4. Change of energy consumption in different temperatures

Çizelge 2. Sıcak hava ile kurutma yönteminde kurutma süreleri ve enerji tüketimleri

Table 2. Drying time and energy consumptions in hot air drying method

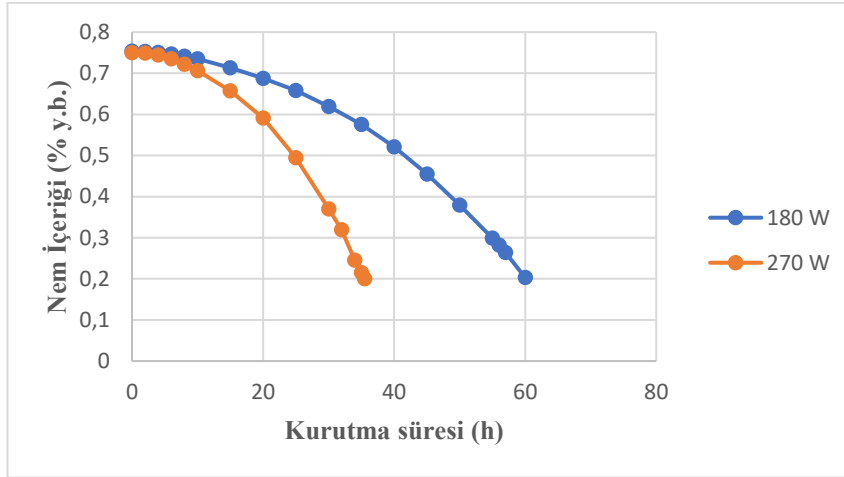
Kurutma sıcaklığı (°C)	Ortalama örnek ağırlığı (g)	Kurutma süresi* (h)	Enerji tüketimi** (kWh kg <sup>-1</sup> )
50	202,46	49,53 <sup>a</sup>	82,51 <sup>a</sup>
60	222,33	15,16 <sup>b</sup>	30,82 <sup>b</sup>
70	195,08	10 <sup>c</sup>	19,15 <sup>c</sup>

LSD=4,26\* (P<0,05)

LSD=0,94\*\* (P<0,05)

Sıcaklık artışı ile birlikte kurutma süresindeki düşüğe bağlı olarak enerji tüketim değerleri için uygulanan LSD testine göre önemli düzeyde azalma görülmektedir. 50 °C’de yapılan kurutma uygulamasında 82,51 kWh kg<sup>-1</sup> düzeyinde enerji tüketimi ortaya çıkarken 70 °C’de bu değer 19,15 kWh kg<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür.

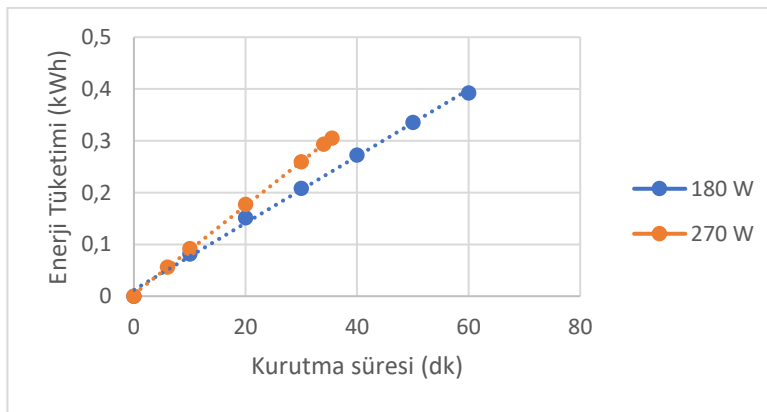
Mikrodalga ile kurutma yönteminde üzüm örneklerinin nem içeriğinin % 75’den % 20’ye düşene kadar ortaya çıkan değişim Şekil 5’de gösterilmiştir. Bu yöntemde de güç seviyesinin artışı ile birlikte kurutma süresinde önemli düşüş olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Farklı mikrodalga güç seviyelerinde nem içeriğinin değişimi

Figure 5. Change of moisture content in different microwave power levels

Mikrodalga ile kurutma yönteminde güç seviyesinin artışı ile birlikte kurutma süresi azalmaktadır. Bu yöntemde ürünündeki nemin % 50’si 180 W değerinde kurutma sürecinin ilk % 40,6’lık bölümünde, 270 W güç değerinde ilk % 36,9’luk bölümünde uzaklaştırılmıştır. Mikrodalga ile kurutma yönteminde güç artışı ile birlikte ortaya çıkan kurutma süresi ve enerji tüketimi değerleri Şekil 6 ve Çizelge 3’de verilmiştir.



Şekil 6. Farklı mikrodalga güç seviyelerinde enerji tüketiminin değişimi

Figure 6. Change of energy consumption in different microwave power levels

**Çizelge 3. Farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutma süreleri ve enerji tüketimleri**

**Table 3. Drying time and energy consumptions in different microwave power levels**

Kurutma gücü (W)	Örnek ağırlığı (g)	Kurutma süresi (min)	Enerji tüketimi (kWh kg <sup>-1</sup> )
180	200,5	60	1,95
270	200,2	35,5	1,52

Mikrodalga ile kurutma yönteminde de sıcak hava ile kurutma uygulamasında olduğu gibi uygulama güç seviyesi yükseldiğinde kurutma süresindeki kısalmaya bağlı olarak enerji tüketimi de azalmıştır. Bu yöntemde uygulanan mikrodalga gücü ile ürün miktarı arasında önemli bir ilişki olduğu görülmüştür. Yapılan ön denemelerde aynı güç değerinde 16,5 g üzüm örneğinden alınan sonuçlar ile 200 g ürün örneğinden alınan sonuçlar önemli farklılıklar göstermiştir. Örneğin 90 W güç değerinde 16,5 g üzüm örneğinde ürün nemi 1 h'lik kurutma periyodunda %75'den %29'a kadar herhangi bir renk bozukluğu olmaksızın ulaşırken ürün miktarı 200 g değerine çıktığında bu güç değeri yetersiz kalmıştır.

Sıcak havalı kurutma yönteminde yapılan denemelerde farklı sıcaklıklarda elde edilen ürünün gıda değerleri açısından yapılan analizlerinde renk değişimi ve toplam fenolik madde içerikleri belirlenerek Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir.

**Çizelge 4. Farklı kurutma sıcaklıklarında tespit edilen toplam fenolik madde miktarlarındaki değişim**

**Table 4. Change in total phenolic content determined in different drying temperatures**

Kurutma sıcaklığı (°C)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg/kg GAE)
Taze üzüm örneği	450
50	1618 <sup>b</sup>
60	2261 <sup>b</sup>
70	4884 <sup>a</sup>

LSD=719,2 (P<0,05)

Sıcaklıkla toplam fenolik madde miktarının değişimi için uygulanan LSD testi sonucuna göre sıcaklık artışı ile birlikte son ürünlerdeki toplam fenolik madde miktarı yükselmiştir. Bazı araştırmacılar (Maillard ve ark., 1996; Manzocco ve ark., 1998; Karadeniz ve ark., 2000; Jimenez ve ark., 2002; Meng ve ark., 2008; Sánchez-González ve ark., 2011; Ferreira-Lima ve ark., 2013) maillard reaksiyonu, enzimatik esmerleşme ve oksidasyon olaylarıyla antioksidan aktivite gösteren yeni bileşiklerin ortaya çıktığını bildirmiştir. Geleneksel yöntemle üretilen pekmezlerde toplam fenolik ve antioksidan aktivitenin daha yüksek değerler (yaklaşık 2-3 kat) aldığı görülmüş, bu durumu maillard, esmerleşme, oksidasyon vb. reaksiyonlar sonucu oluşan fenolik maddelerin kondanse formları ve bazı yeni bileşiklerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Gülcü, 2016). Çizelge 5'te görüldüğü üzere sıcaklık arttıkça kahverengileşme indeksinin artması, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte kuru üzümün renklerinin esmerleştiğini göstermektedir.

**Çizelge 5. Farklı sıcaklıklarda kurutulan üzümlerin renk değerlerindeki değişimler**

**Table 5. Change in color of grapes dried in different temperatures**

Kurutma sıcaklığı (°C)	L*	a**	b***	Kahverengileşme indeksi**** (BI)
Taze üzüm örneği	38,43	-1,25	6,18	-
50	28,19 <sup>b</sup>	5,31 <sup>c</sup>	6,11 <sup>c</sup>	37,79 <sup>c</sup>
60	31,40 <sup>a</sup>	8,39 <sup>b</sup>	13,87 <sup>b</sup>	76,64 <sup>b</sup>
70	30,89 <sup>a</sup>	9,64 <sup>a</sup>	15,84 <sup>a</sup>	92,53 <sup>a</sup>

LSD=1,27\* (P<0,05) LSD=0,33\*\* (P<0,05) LSD=0,47\*\*\* (P<0,05) LSD=3,46\*\*\*\* (P<0,05)

Çizelge 3, 4 ve 5'de sunulmuş ve LSD testi ile değerlendirilmiş olan sonuçlar, kurutma süresi ve enerji tüketimi değerlerinde olduğu gibi uygulanan sıcaklık değerinin değişiminin, toplam fenolik madde miktarları ve renk değişimleri üzerinde de önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Çizelge 6'da sıcak havalı kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemleri için Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinin kuruma davranışına uygun modelin saptanması için kullanılan ince tabaka modelleri ve bu modellerle

ilişkin model parametreleri verilmiştir. Çizelge 6 incelendiğinde üzümün hem sıcak havalı yöntemle kurutulmasında hem de mikrodalga sisteminde kurutulmasında kuruma davranışına ilişkin EF, RMSE ve  $\chi^2$  sonuçlarının birlikte değerlendirilme sonucunda uygun modelin Wang ve Singh modeli olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6. Sultani çekirdeksiz üzüm örnekleri için farklı kurutma yöntem ve şartlarında analiz edilen modellere ilişkin parametreler**

**Table 6. Parameters in models analysed in different drying method and conditions for Sultana seedless grape samples**

Model	Kurutma yöntemi	Sıcaklık/Mikrodalga güç seviyesi	Model sabitleri	EF	RMSE	$\chi^2$
Henderson-Pabis	Sıcak havalı kurutma	50 °C	a: 1,0957 k: 0,0194	0,9131	0,4284	0,0045
		60 °C	a: 1,0976 k: 0,0708	0,9438	0,2365	0,0037
		70 °C	a: 1,0907 k: 0,1020	0,9235	0,2185	0,0053
	Mikrodalga kurutma	180 W	a: 1,1063 k: 0,0152	0,8771	0,3800	0,0090
		270 W	a: 1,1302 k: 0,0283	0,8785	0,3696	0,0114
Logaritmik	Sıcak havalı kurutma	50 °C	a: 38,7413 k: 0,0004 c: -37,6781	0,9731	0,2384	0,0014
		60 °C	a: 78,2758 k: 0,0006 c: -77,2237	0,9915	0,0921	0,0007
		70 °C	a: 157,4284 k: 0,0005 c: -156,359	0,9819	0,1094	0,0015
	Mikrodalga kurutma	180 W	a: 35,7188 k: 0,0003 c: -34,6290	0,9391	0,2676	0,0048
		270 W	a: 59,9723 k: 0,0004 c: -58,8670	0,9438	0,2513	0,0057
Newton Modeli	Sıcak havalı kurutma	50 °C	k: 0,0161	0,8741	0,5160	0,0063
		60 °C	k: 0,0607	0,9130	0,2942	0,0054
		70 °C	k: 0,0875	0,8928	0,2586	0,0067
	Mikrodalga kurutma	180 W	k: 0,0125	0,8293	0,4479	0,0118
		270 W	k: 0,0231	0,8243	0,4444	0,0152
Wang ve Singh	Sıcak havalı kurutma	50 °C	a: -0,0067 b: -0,0002	0,9977	0,0698	0,0001
		60 °C	a: -0,0313 b: -0,0010	0,9968	0,0566	0,0002
		70 °C	a: -0,0363 b: -0,0038	0,9990	0,0256	0,0001
	Mikrodalga kurutma	180 W	a: 0,00004 b: -0,0002	0,9995	0,239	0,00003
		270 W	a: 0,0013 b: -0,0006	0,9993	0,0271	0,0001

## **Sonuç ve Öneriler**

Yapılan çalışmada Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidini kurutmada, sıcak havalı ve mikrodalga yöntemleri olmak üzere uygulanmış olan iki farklı kurutma yönteminin, kurutma süresi, enerji tüketimi ve bazı ürün kalite özellikler üzerine etkileri incelenmiş olup; sıcak hava yöntemi ile yapılan uygulamada sıcaklık artışının kurutma süresi ve enerji tüketimini önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir. Ancak elde edilen son üründe fenolik madde miktarları ve kahverengileşme indeksi değerleri yükselmiştir. Fenolik madde miktarındaki artışın sıcaklığın yükselmesiyle birlikte maillard reaksiyonu, enzimatik esmerleşme ve oksidasyon olaylarıyla oluşan yeni bileşiklerden kaynaklandığı düşünülebilir.

Mikrodalga ile kurutma yönteminde ise güç seviyesinin artışı ile kurutma süresi ve enerji tüketimi değerlerinde düşüş gerçekleşirken son üründe karamelizasyon ile birlikte kavrulma, renk bozukluğu gibi olumsuz özelliklerle karşılaşmıştır. Ancak kurutma sürecinin %70-75'lik bölümünde herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Kurutma süresi, enerji tüketimi ve elde edilen son ürünün kalitesi göz önünde bulundurulduğunda bu sonuç üzüm kurutma amacıyla mikrodalga ile kurutma yönteminin tekil olarak kullanımından ziyade diğer kurutma yöntemlerinden biriyle kombine olarak kullanımın daha etkin ve ekonomik bir çözüm sunabileceğini göstermektedir.

Mikrodalga ile kurutma yönteminde üründe bozulmaların başlamaya başladığı noktadaki ürün nem oranı %45-50 seviyesinde saptanmıştır. Bu değer üzüm kurutma uygulamasında kombine sistem kullanımında bir kırılma noktası olarak değerlendirilebilir. Bu yöntemde yapılan ön deneme sonuçları uygulama gücü ile kurutulacak ürün miktarı arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Alınan tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde farklı kurutma yöntemlerinin birlikte kullanımında hangi yöntemin hangi sırayla ve ne ölçüde süreçte yer alacağı önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Ön işlemsiz şartlarda Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinin kurutulmasında ürünün %45 nem düzeyine kadar mikrodalga yöntemi ve kalan nemin sıcak hava ile kurutma yöntemiyle tamamlanması şeklinde uygulanabileceği görülmektedir.

Analiz edilen 4 ince tabaka kurutma modeli arasında Wang ve Sing modelinin, Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinin hem sıcak havalı yöntemle hem de mikrodalga yöntemi ile kurutulması sırasında bu ürünün kurutma karakteristiklerini en iyi temsil eden model olduğu saptanmıştır.

### Kaynakça/References

- Almeida, I., Guine, R.P.F., Gonçalves, F. & Correia, C. (2013). Comparison of drying processes for the production of raisins from a seedless variety of grapes, *International Conference On Engineering*, Portugal.
- Ayenu, A. (1997). Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow, *Solar Energy* 59 (4-6):121-126.
- Bengston, G., Rahman, M.S., Stanley, R. & Perera, C.O. (1998). Effect specific pretreatment on the drying behavior of apple rings. *New Zealand Inst. of Food Science and New Zealand Conference*, Nelson, 10s.
- Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S.S. & Akyıldız, A. (2015). Zeytin pirinasının mikrodalga enerjisi kullanılarak kurutulması ve uygun ince tabaka modelinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 12 (02): 21-31.
- Ertekin, C. & Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *J Food Eng*, 63, 349-359.
- Ferreira-Lima, N.E., Burin, V.M. & Bordignon-Luiz, M.T. (2013). Characterization of Goethe white wines: influence of different storage conditions on the wine evolution during bottle aging. *European Food Research and Technology*, 237(4): 509-520.
- Gülcü, M. (2016). The effect of production process and storage conditions of resveratrol and bioactive characteristics of some grape varieties (Doctoral dissertation, PhD thesis, Namık Kemal University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tekirdağ, Turkey.
- Hossain, M.A. & Bala, B.K. (2002). Thin-layer drying characteristics for green chilli. *Drying Technology*, 20(2): 489-505.
- Jimenez, A., Creissen, G., Kular, B., Firmin, J., Robinson, S., Verhoeven, M. & Mullineaux, P. (2002). Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta*, 214(5): 751-758.
- Jithinraj, T. & Karim, A.A. (2014). Experimental analysis on multi pass flat plate collector solar air dryer. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, (2):1-11.
- Karaaslan, S., Ekinci, K. & Akbolat, D. (2017). Drying characteristics of sultana grape fruit in microwave dryer, *Infrastructure And Ecology Of Rural Areas*, 1, 1317-1327.
- Karadeniz, F., Durst, R.W. & Wrolstad, R.E. (2000). Polyphenolic composition of raisins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11): 5343-5350.
- Kassem, A.S., Shokr, A.Z., El-Mahdy, A.R., Aboukarima, A.M. & Hamed, E.Y. (2011). Comparison of drying characteristics of Thompson seedless grapes using combined microwave oven and hot air drying, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10, 33-40.
- Kutlu, N., İşi, A., Şakıyan Demirkol, Ö. (2015). Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri, *Gıda*, 40 (1): 39-46.
- Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M. & Jaouhari, J.T. (2004). Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*), *Journal of Food Engineering*, 61(2): 173-179.
- Maillard, M.N., Soum, M.H., Boivin, P. & Berset, C. (1996). Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. *LWT-Food Science and Technology*, 29(3): 238-244.
- Manzocco, L., Mastrocola, D. & Nicoli, M.C. (1998). Chain-breaking and oxygen scavenging properties of wine as affected by some technological procedures. *Food research international*, 31(9): 673-678.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- Meng, X., Li, B., Liu, J. & Tian, S. (2008). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106(2): 501-508.
- Sánchez-González L, Pastor C, Vargas M, Chiralt A, González-Martínez C, Cháfer M (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1): 57-63.
- Tarhan, S., Ergüneş, G. & Tekelioğlu, O. (2007). Tarımsal ürünler için güneş enerjili kurutucuların tasarım ve işletme esasları, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 99, 26-32.
- Tiris, C., Ozbalta, N., Tiris, M. & Dincer, I. (1994). Experimental testing of new solar dryer, *International Journal of Energy Research*, 18, 483-490.
- Wang, C.Y. & Singh, R.P. (1978). A single layer drying equation for rough rice ASAE ss. 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.
- Waterhouse, A.L. (2002). Determination of total phenolics. Current protocols in food analytical chemistry.



**Yumurtlamanın Son Dönemindeki Yumurtacı Tavukların Rasyonlarına Bor (Orthoborik Asit) İlavesinin Serum Lipid ve Protein Profili Üzerine Etkisi**

The Effects of Boron (Orthoboric Acid) Supplementation into Diets on Serum Lipid and Protein Profiles of Hens During Late Laying Period

Hacer KAYA<sup>1</sup>, Muhlis MACİT<sup>2</sup>

**Öz**

Yumurtacı tavuk rasyonlarına Bor ilavesinin serum parametreleri üzerine etkisini tespit etmek amacıyla yürütülen çalışmada, 62 haftalık 288 adet Lohman yumurtacı ticari hibrit tavuklar bazal yem 0 (B0), 50 (B50), 75 (B75) ve 150 (B150) mg/kg B içeren dört farklı rasyonla 12 hafta boyunca yemlenmişlerdir. Araştırma 18 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her bir tekerrürde 4 adet tavuk bulundurulmuştur. Çalışma boyunca 16 saat aydınlatma programı uygulanmış, yem ve su *ad-libitum* olarak verilmiştir. Serum lipid bileşenlerinden diasilgliserol ve hidrokarbon+kolesterol esteri düzeylerine muamelenin etkisi önemsiz olurken ( $P>0.05$ ), polarlipid, triasilgliserol ( $P<0.05$ ) ve kolesterol ( $P<0.01$ ) düzeylerine B'nin etkisi önemli bulunmuştur. Rasyonlarına 75 ve 150 mg/kg B ilave edilen grupların serum lipid peroksidasyonu değerleri diğer gruplardan daha düşük olmuştur. Rasyona B ilavesi farklı moleküler ağırlıktaki proteinleri farklı seviyelerde etkilemiştir. Sonuç olarak, yumurtacı tavukların yemine farklı miktarlarda B ilavesinin serum lipid peroksidasyonu ile serum lipid ve serum protein profilini önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Fakat, söz konusu parametreler üzerine B'nin etkisiyle ilgili değişiklikleri netleştirmek için daha fazla araştırma yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.


**Anahtar Kelimeler:** serum, lipid profili, protein profili, peroksidasyon

**Abstract**

This study was carried out to determine the effects of boron addition into the diets on serum parameters of hens. A total of 288 Lohman laying commercial hybrid chickens of 62 weeks were fed for 12 weeks with four different rations containing basal feed 0 (B0), 50 (B50), 75 (B75) and 150 (B150) mg / kg B. Each group was replicated in 18 cages, four hens per cage. During the study, 16 hours lighting program was applied, feed and water were given as *ad-libitum*. The effect of boron supplementation was not significant on the rates of diacylglycerol and hydrocarbon+cholesterol esters ( $P>0.05$ ) but the rates of polarlipid, triacylglycerol ( $P<0.05$ ), and serum total cholesterol ( $P<0.01$ ) were found significant. Lipid peroxidation values of groups fed with diets including 75 and 150 mg/kg B were determined lower than others. Addition of ration B affected different molecular weight proteins at different levels. In conclusion, it has been determined that the addition of B at different levels into the diets of laying hens during late laying period significantly influenced the serum lipid peroxidation, serum lipid and serum protein profile, but further researches are needed to clarify the changes related to the effects of B addition into diets on mentioned parameters of laying hens.

**Keywords:** serum, lipid profile, protein profile, peroxidation

<sup>1</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hacer Kaya, Gümüşhane Üniversitesi, Şiran Mustafa Beyaz Meslek Yüksek Okulu, Veterinerlik Bölümü, 29700, Gümüşhane. E-mail: [hacerkaya@gumushane.edu.tr](mailto:hacerkaya@gumushane.edu.tr)  OrcID: 0000-0001-9024-8525

<sup>2</sup> Muhlis Macit, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Erzurum. E-mail: [mmacit@atauni.edu.tr](mailto:mmacit@atauni.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-5055-1156

**Atıf/Citation:** Kaya, H., Muhlis, M. Yumurtlamanın son dönemdeki yumurtacı tavukların rasyonlarına bor (orthoborik asit) ilavesinin serum lipid ve serum protein üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), xx-xx.

\*Bu çalışma Doktora tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2019

---

## Extended Summary

Rations should be prepared carefully in order to meet the mineral needs of poultry in an adequate and balanced manner. Essential minerals are defined as the minerals that must be taken with the ration at the determined levels in order to obtain the expected performance from poultry. Some specific clinical and metabolic symptoms occur in animals when essential minerals are not taken in sufficient amounts by ration. However, when essential minerals are added to the ration, both the occurrence of these symptoms can be prevented and the disorders formed can be treated (Yazgan et al., 2007). While the sensitivity to protein, metabolic energy and macro element levels are generally shown in the preparation of rations, due to the very complex bioavailability of micro elements and the lack of sufficient research on the subject, the level of these in the ration is not paid necessary attention (Forbes, 1984). The needs of animals for a micro element and their tolerance to the amount of that element in the ration vary depending on factors such as animal species, age, physiological status, form of the element in the ration and bioavailability, research duration and experimental parameters (Ammerman et al., 1995). In recent years, studies on the problems and precautions to be taken due to various micro element deficiency in poultry have gained momentum. In cereals commonly used in poultry feeds, there are micro-element deficiencies that develop due to various reasons and copper, manganese, zinc and selenium can be given as an example (Okuyan, 1997). Boron (B), one of the micronutrients, has long been known to be an essential element for plants, but it is not yet clear whether it is essential for humans and animals. However, since the beginning of the 1980s, although there have been studies showing that B may be essential in human and animal studies biochemical function or functions have not been fully determined yet (Nielsen, 1997). An important part of the research on B is on industrial studies. Research on the effects of B on animal nutrition and human health has been started in recent years (Eren, 2004). Studies have shown that boron affects the use and metabolism of energy substitutes (macro elements, triglycerides, glucose etc.) involved in the fulfillment of vital functions in the body, and generally changes beneficial the functions and compositions of various body systems such as the brain, skeleton, and immune system (Hunt, 1989; Hunt and Herbel 1991; Wilson and Ruzzler 1998; Eren et al., 2004). It is stated that especially fruits, fiber vegetables, stem and shells are rich in B content compared to animal products and cereals (such as corn, rice and wheat) (Hunt et al., 1991). The fact that the majority of poultry rations are made from cereals and the B content of cereal grains is insufficient, exposes poultry inadequate feeding in terms of element B (Hunt, 2006). It is of high quality and large amounts of B and compounds in Turkey (Yıldız et al., 2008). Therefore, the use of B and its compounds, especially in poultry nutrition, is important for the national economy.

This study was carried out to determine the effects of B addition into the diets on serum parameters of hens. A total of 288 Lohman laying commercial hybrid chickens of 62 weeks were fed for 12 weeks with four different rations containing basal feed 0 (B0), 50 (B50), 75 (B75) and 150 (B150) mg / kg B. Each group was replicated in 18 cages, four hens per cage. During the study, 16 hours lighting program was applied, feed and water were given as *ad-libitum*. The effect of B supplementation was not significant on the rates of diacylglycerol and hydrocarbon+cholesterol esters ( $P>0.05$ ) but the rates of polarlipid, triacylglycerol ( $P<0.05$ ), and serum total cholesterol ( $P<0.01$ ) were found significant. Lipid peroxidation values of groups fed with diets including 75 and 150 mg/kg B were determined lower than others. Addition of ration B affected different molecular weight proteins at different levels. In conclusion, it has been determined that the addition of B at different levels into the diets of laying hens during late laying period significantly influenced the serum lipid peroxidation, serum lipid and serum protein profile, but further researches are needed to clarify the changes related to the effects of B addition into diets on mentioned parameters of laying hens.

Kanatlı hayvanların mineral ihtiyaçlarının yeterli ve dengeli olarak sağlanabilmesi için rasyonlarının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde hazırlanması gerekmektedir. Kanatlı hayvanlardan beklenen performansın elde edilebilmesi için belirlenen düzeylerde rasyonla mutlaka alınması gereken mineraller “esansiyel mineral” olarak tanımlanmaktadır. Esansiyel mineraller rasyonla yeteri miktarda alınmadıklarında hayvanlarda özel bazı klinik ve metabolik semptomlar meydana gelmektedir. Ancak, rasyona ilave edildiklerinde bu belirtilerin meydana gelişleri önlediği gibi oluşmuş bozukluklar da tedavi edilebilmektedir (Yazgan ve ark., 2007).

Rasyon hazırlamada genelde protein, metabolik enerji ve makro elementlere gereken hassasiyet gösterilirken, mikro elementlerin biyoyararlılığının çok karmaşık olması ve konu ile ilgili yeterli araştırma olmaması nedeniyle mikro elementlerin rasyondaki düzeyine gereken özen gösterilmemektedir (Forbes, 1984). Hayvanların bir mikro elemente duydukları ihtiyaç ve o mikro elementin rasyondaki miktarına karşı toleransları; hayvanın türü, yaşı, fizyolojik durumu, elementin rasyondaki formu ve biyolojik kullanılabilirliği, araştırma süresi, deneme parametreleri gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Ammerman ve ark., 1995).

Kanatlı hayvanlarda çeşitli mikro element yetersizliğine bağlı sorunlar ve alınması gereken önlemler konusundaki çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Kanatlı hayvan yemlerinde yaygın olarak kullanılan tahıllarda, çeşitli nedenlere bağlı olarak gelişen mikro element yetersizlikleri söz konusu olup; bakır, mangan, çinko ve selenyum buna örnek olarak verilebilir (Okuyan, 1997).

Mikro besin elementlerinden biri olan Bor’un (B) bitkiler için esansiyel bir element olduğu uzun zamandan beri bilinmekte ise de insanlar ve hayvanlar için esansiyel olup olmadığı henüz kesinlik kazanmamıştır. Bununla beraber 1980’li yılların başından itibaren insan ve hayvanlarda yapılan çalışmalarda B’nin esansiyel olabileceğini gösteren bulgular elde edilmesine rağmen biyokimyasal fonksiyonu ya da fonksiyonları tam olarak henüz belirlenmemiştir (Nielsen, 1997).

Bor ile ilgili araştırmaların önemli bir bölümü endüstriyel çalışmalar üzerine olup, hayvan besleme ve insan sağlığına etkilerini inceleyen araştırmalar son yıllarda yapılmaya başlanmıştır (Eren, 2004). Yapılan çalışmalar B’nin, vücutta hayati fonksiyonların yerine getirilmesinde görev yapan enerji sübstratlarının (makro elementler, trigliserid, glukoz gibi) kullanım ve metabolizmalarını etkilediği, beyin, iskelet ve bağışıklık sistemi gibi çeşitli vücut sistemlerinin fonksiyonlarını ve kompozisyonlarını genellikle faydalı yönde değiştirdiği bildirilmiştir (Hunt, 1989; Hunt ve Herbel 1991; Wilson ve Ruzzler 1998; Eren ve ark., 2004). Bitkisel kökenli yiyeceklerin; özellikle meyveler, lifli sebzeler, sap ve kabukların hayvansal ürünlere ve tahıllara (mısır, pirinç ve buğday) oranla B bakımından daha zengin olduğu ifade edilmektedir (Hunt ve ark., 1991). Kanatlı rasyonlarının büyük çoğunluğunun tahıllardan oluşturulması ve tahıl tanelerinin de B bakımından yetersiz olması, kanatlıları B elementi bakımından yetersiz besleme ile karşı karşıya bırakmaktadır (Hunt, 2006). Türkiye’de kaliteli ve bol miktarda bulunan B ve bileşiklerinin (Yıldız ve ark., 2008) özellikle kanatlı hayvan beslemede kullanılması ile olası verim artışı ülke ekonomisi açısından önem arz etmektedir.

Naghii ve Samman (1993), rat içme sularına, Naghii ve Samman (1997) ise rat rasyonlarına B ilavesinin serum total kolesterolü etkilemediği, serum triağılglicerol değerlerini ise azalttığını ( $P<0.05$ ) bildirmişlerdir. Eren ve ark. (2006), Japon bildiricini rasyonlarına 0, 10, 60, 120 ve 240 mg/kg B ilave ederek serum lipid değerlerini inceledikleri çalışmada, rasyona ilave edilen B’nin bütün seviyelerinde serum trigliserid ve total kolesterol düzeylerinin düştüğü ( $P<0.05$ ) rapor edilmiştir. Eren ve Uyanık (2007), yumurtacı tavuk rasyonlarına B ilavesinin (0, 5, 10, 50, 100, 200 ve 400 mg/kg) bazı serum parametrelerine etkilerini inceledikleri çalışmada, total kolesterol düzeylerinin ilave B seviyelerinin tamamında, serum trigliserid düzeylerinin ise 5 mg/kg B ilave edilen grup hariç diğer tüm gruplarda azaldığını ( $P<0.05$ ) tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, serum biyokimyasal parametrelerini etkilemede 5 mg/kg B ilavesinin yeterli olduğu kanaatine varmışlardır. Olgun (2011), 0, 60, 120 ve 240 mg/kg seviyelerinde B içeren rasyonlarla beslenen yumurtacı tavuklarda B ilavesinin deneme ortası (56. gün) ve sonu (112. gün) serum trigliserid ve total kolesterol düzeylerini azalttığını tespit etmiştir ( $P<0.05$ ). Armstrong ve ark. (2000), domuz rasyonlarına, Kurtoğlu ve ark. (2005) ise etlik piliç rasyonlarına 0, 5 ve 15 mg/kg seviyelerinde B ilavesinin serum total kolesterol ile serum trigliseridi ( $P<0.05$ ) artırdığını bildirmişlerdir. Armstrong ve Spears (2001), domuzları 0, 5 ve 15 mg/kg seviyelerinde B içeren; Mızrak ve Ceylan (2009), yumurtacı tavukları 25, 50 ve 75 mg/kg B sağlayacak şekilde organik veya inorganik B içeren; Şimşek (2011), etlik piliçleri 0, 100, 200 ve 400 mg/kg seviyelerinde B içeren rasyonlarla besledikleri çalışmalarda, ilave B’nin serum total kolesterol ve trigliserid düzeyleri üzerine etkili olmadığını belirlemişlerdir. Yumurtacı tavuklarda B’nin toksik seviyesi 300 mg/kg olarak bildirilmiş olmasına rağmen (Underwood ve Suttle, 1999), kanatlı hayvanların B ihtiyacı tam olarak belirlenmemiştir.

Mevcut çalışma; yumurtlamanın üçüncü döneminde (62-82 haftalık yaş grubunda ) bulunan yumurtacı tavuklarda rasyona 0, 50, 75 ve 150 mg/kg dozlarında %99.995 oranında saf Bor'un yaygın kaynağı olan Ortoboric Asit ilavesinin serum lipid bileşenleri, serum protein profili ve serum lipid peroksidasyonu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

### Hayvan materyali

Çalışmanın hayvan materyalini, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Tavukçuluk Şubesinde yetiştirilen ve yumurtlamanın üçüncü döneminde (62-82 haftalar arası) bulunan 288 adet 62 haftalık yaşta Lohman beyaz yumurtacı tavuk oluşturmuştur.

### Yem materyali

Araştırmanın yem materyalini, özel bir yem fabrikasından temin edilen, bileşimi ve kimyasal kompozisyonu Çizelge 1'de verilen kafes yumurtacı tavuk yemi oluşturmuştur.

Çizelge 1. Bazal Yemin Bileşimi ve Besin Madde Kompozisyonu

Table 1. Basal Food Composition and Nutrient Composition Used in Research

Yem Ham Mad.	%	Kimyasal Kompozisyon	%
Mısır	29.90	Kuru Madde	88.00
Buğday	40.00	Ham Protein	16.00
Ayçiçeği Küspesi	4.00	Ham Selüloz	7.00
Soya Fasulyesi Küspesi	15.00	Ham Kül	13.00
Yağ	1.00	HCL'de Çözünmeyen kül	1.00
Tuz	0.30	NaCl	0.35
DCP 18	1.00	Lisin	0.65
Kalsiyum Karbonat	8.00	Metiyonin	0.32
Premiksler	0.20	Sistin	0.30
		Kalsiyum	3.50
		Fosfor	0.60
		Sodyum	0.16
		ME, kcal/kg yem	2650

**Her 2 kg'da:** 12.000.000 IU Vitamin A, 2.400.000 IU Vitamin D<sub>3</sub>, 30.000 mg Vitamin E, 4.000 mg Vitamin K<sub>3</sub>, 3.000 mg Vitamin B<sub>1</sub>, 7.000 mg Vitamin B<sub>2</sub>, 25.000 mg Niasin, 10.000 mg Cal-D-Pantotenat, 5.000 mg Vitamin B<sub>6</sub>, 15 mg Vitamin B<sub>12</sub>, 45 mg D-Biotin, 1.000 mg Folik Asid, 125.000 mg Kolin Klorit, 2.000 mg Kantaksantin, 5.000 mg Apo-karotenoik asit ester, 50.000 mg Vitamin C, 80.000 mg Manganez, 60.000 mg Demir, 60.000 mg Çinko, 5.000 mg Bakır, 2.00 mg Kobalt, 1.000 mg İyot, 150 mg Selenyum.

Çalışmada kullanılan rasyonlar, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Hayvancılık Şubesi'ndeki Yem Ünitesi'nde, ETİ Maden İşletmeleri'nden temin edilmiş olan katı haldeki Bor (düşük sülfatlı borik asit B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ppm %56.30, SO<sub>4</sub> ppm %110, Fe ppm %4.69, Cl ppm %5.92) bazal yeme farklı miktarlarda (0, 50, 75 ve 150 mg/kg B) homojen bir şekilde karıştırılarak hazırlanmıştır. B'nin rasyona homojen bir şekilde karışımını sağlamak için, önce her bir deneme grubuna ait bir miktar yem ile o grubun

rasyonuna katılacak B, mikserde iyi bir şekilde karıştırılarak bir ön karma oluşturulmuş, daha sonra bu ön karma azar azar rasyona ilave edilmiştir.

## Yöntem

Rasyonların kimyasal analizleri (kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül, ADF, NDF) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yem Analiz Laboratuvarı'nda Weende analiz yöntemine göre belirlenmiş (AOAC, 1990) ve Çizelge 2'de sunulmuştur.

### Çizelge 2. Araştırmada Kullanılan Karma Yemlerin Laboratuvar Analiz Sonuçları

Table 2. Laboratory Analysis Results of Mixed Feeds Used in Research

Gruplar	B0	B50	B75	B150
Kuru Madde	88.9	89.2	89.0	88.8
Ham Protein	16.2	16.4	16.0	17.1
Ham Yağ	3.0	3.1	3.0	2.9
Ham Kül	11.4	12.0	11.7	12.4
ADF	7.6	7.5	7.6	7.9
NDF	24.4	21.4	20.2	26.9
ME*	2650	2641	2636	2640

\*Hesaplanarak bulunmuştur (TSE, 1991).

Bazal yem ve rasyonların Bor elementi seviyelerini belirlemek için yem örnekleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarı'nda 40 bar basınca dayanıklı mikrodalga yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof products + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Germany) yakıldıktan sonra Atomik Emüsyon Spektrofotometre cihazı (AX-ICP, Varian Vista) kullanılmıştır (Mertens, 2005). Çalışmada kullanılan yemlerin Bor içeriği B0, B50, B75 ve B150 grupları için sırasıyla 2.9, 52.8, 77.4 ve 150.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Deneme grupları; 18 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 hayvan olmak üzere, her bir grup için 72 tavuk konularak toplam 288 hayvandan oluşturulmuştur. Deneme gruplarından 1. grup (kontrol grubu) bazal yemle (B0), 2. grup bazal yeme 50 mg/kg B (B50), 3. grup bazal yeme 75 mg/kg B (B75) ve 4. grup 150 mg/kg B (B150) ilave edilmiş rasyonlarla beslenmişlerdir. Deneme yemlerine alıştırma periyodu (1 hafta) hariç hayvanlar toplam 12 hafta süreyle denemeye alınmışlardır. Hayvanlara yem ve su *ad-libitum* olarak verilmiştir. Deneme süresi boyunca 16 saatlik günlük aydınlatma programı flüoresan lamba ile sağlanmıştır. Hayvanların deneme süresince bakım ve beslenmeleri araştırmanın yürütüldüğü kümede üç katlı batarya tipi kafeslerde gerçekleştirilmiştir. Kafeslerin herbirine 4 tavuk ve birer adet nippel başlıklı suluk konulmuştur.

Denemenin sonunda yem verilmeden önce her gruptan rastgele 10 hayvan seçilerek, kanat venasından (vena cutanea ulnaris) içinde pıhtılaşma faktörü bulunan 10 ml'lik cam tüplere yaklaşık 7 ml kan alınmıştır. Kan örnekleri Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya ABD Laboratuvarı'nda +4°C'de 5 dakika süre ile 3000 x G'de santrifüj edilerek serum kısmı ayrılmış ve analiz edilene kadar -82°C'de saklanmıştır. Serum lipid ve protein profilini tespit etmek için; homojenize edilmiş serum tüpleri analizden bir gün önce dondurucudan çıkartılarak çözülmeleri beklenmiştir. Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya ABD Laboratuvarı'nda Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografi (YPI TK) metodu ile serum lipid profil analizi (Sherma, 2003), sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) metodu ile de serum protein profil analizi gerçekleştirilmiştir (Laemmlı, 1970). Serum protein analiz sonucunda her bir protein bandının total protein konsantrasyonu içindeki "bireysel yüzde" değerleri kullanılarak, Lowry yöntemiyle total protein miktarları hesaplanmış olan örneklerde "g" olarak bireysel protein miktarları belirlenmiştir (Lowry, 1951). Lipid peroksidasyonu için, 250 µl serum homojenatı üzerine 2.25 ml renk ayırıcı eklenerek kaynar su banyosunda 20 dakika süreyle kaynatılmıştır. Süre sonunda soğuk suda soğutulularak

2000xG'de 5 dk süreyle santrifüj edildikten sonra tüpler santrifüjden çıkartılmış ve 200 µl süpernatant alınarak 532 nanometre dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede absorbans değeri köre karşı okunarak, serum malondialdehit (MDA) düzeyleri (Placer ve ark., 1966) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Serum MDA düzeyi (Nmol/g)} = 35.61 \times \text{Optik Dansite}$$

### İstatistik analiz

Deneme süresince elde edilen ham veriler SPSS 10.01 (SAS, 1996) paket programı yardımıyla GLM prosedürünün tekrarlamalı gözlem yöntemine göre analize tabi tutulmuştur. Gruplar arası varyans analizinde önemlilik kontrolü için de Duncan (1995) çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

### Bulgular

Yumurtacı tavuk rasyonlarına farklı seviyelerde ilave edilen B'nin serum lipid bileşenlerinden diaçilgliserol ve hidrokarbon+kolesterol esteri düzeylerine etkisi önemsiz olurken, polarlipid, triaçilgliserol ( $P<0.05$ ) ve kolesterol düzeylerine etkisi önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur.

**Çizelge 3. Rasyona İlave Edilen Bor Seviyelerinin yumurtacı Tavuklarda Serum Lipid Bileşimi (%) ve Lipid Peroksidasyonuna Etkisi(nmol/g doku)**

**Table 3. Effect of Boron (Ortoboric Acid) Levels Added to Ration on Serum Lipid Composition (%) and Lipid Peroxidation in Laying Hens**

Grp	Polarlipid	Diaçilgliserol	Triaçilgliserol	Kolesterol	H+KE	LP
B0	14.9±0.5b	2.6±0.4	61.0±1.7ab	13.0±0.6a	8.8±2.3	3.7±0.4ab
B50	15.7±1.2b	2.1±0.3	60.9±1.9ab	12.5±0.6ab	8.8±1.7	3.9±0.4a
B75	14.9±1.1b	2.2±0.3	62.9±1.4a	12.1±0.4bc	7.9±1.3	3.5±0.2b
B15	17.7±3.4a	2.0±0.5	59.3±3.3b	11.6±0.7c	9.5±1.9	3.4±0.4b
Ort	15.8±2.1	2.1±0.4	61.0±2.5	12.3±0.8	8.8±1.8	3.6±0.4
P	0.020	0.571	0.026	0.000	0.425	0.017

H+KE: Hidrokarbon+Kolesterol Esteri, LP: Lipid Peroksidasyonu (nmol/gdoku),

a, b, c: Aynı sütündeki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen 0, 50, 75 ve 150 mg/kg düzeylerindeki B'nin serum lipid bileşenlerinden olan diaçilgliserol (%) oranları B gruplarına göre sırasıyla 2.6, 2.1, 2.2 ve 2.0 olarak belirlenmiş olup en düşük diaçilgliserol oranı %2.0 ile B150 grubunda, en yüksek diaçilgliserol oranı %2.6 ile B0 grubunda tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. En düşük hidrokarbon+kolesterol ester oranı %7.9 ile B75 grubunda, en yüksek hidrokarbon+kolesterol ester oranı ise %9.5 ile B150 grubunda görülmüş olmasına rağmen hidrokarbon+kolesterol ester oranı B ilavesinden etkilenmemiştir. Rasyona ilave edilen B'nin serum lipid bileşenlerinden olan polarlipid (%) üzerine etkisi önemli bulunmuş ve en düşük polarlipid oranı %14.9 ile B75, en yüksek polarlipid oranı ise %17.7 ile B150 gruplarında tespit edilmiştir. B150 grubunda polarlipid oranı diğer gruplardan yüksek ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Kanatlı hayvan rasyonlarına B ilavesinin Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografi (YPİTK) metodu ile serum toplam lipid profilindeki bileşenlerden polarlipid, diaçilgliserol, ve hidrokarbon+kolesterol ester oranlarına etkisinin incelendiği yerli ya da yabancı dilde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için söz konusu parametreler farklı araştırmacıların verileriyle mukayeseli olarak tartışılmamıştır.

Yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen 0, 50, 75 ve 150 mg/kg düzeylerindeki B'nin serum lipid bileşenlerinden olan triaçilgliserol (%) oranlarına etkisi önemli olmuştur. En düşük triaçilgliserol oranı %59.3 ile B150 grubunda, en yüksek triaçilgliserol oranı %62.9 ile B75 grubunda tespit edilmiştir. Duncan çoklu



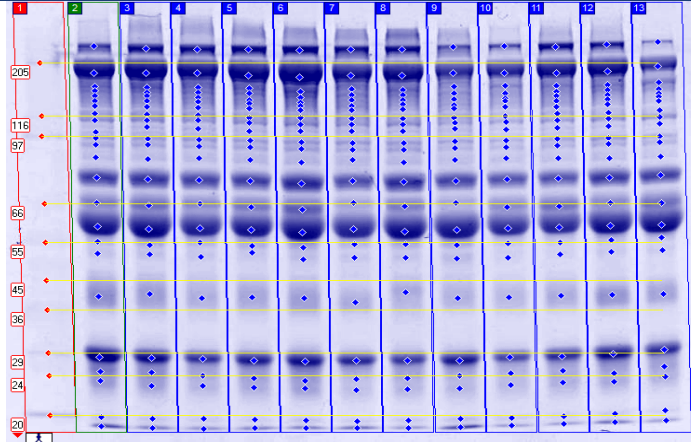
karşılaştırma testine göre B150 grubunun triaçilgliserol oranı diğer gruplardan düşük ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Bor'un toplam serum lipid profili içindeki triaçilgliserol oranına etkisi ile ilgili kanatlı hayvanlarla yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak, Naghii ve Samman (1993;1997) rat, Eren ve ark. (2006) Japon bildircını, Eren ve Uyanık (2007) ile Olgun (2011) yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave B'nin serum total trigliserid değerlerini azalttığını; Armstrong ve ark. (2000), domuzlarda B ilavesinin serum trigliserid değerlerini artırdığını; Armstrong and Spears (2001), Mızrak ve Ceylan (2009) ile Şimşek (2011), sırasıyla domuz, yumurtacı tavuk ve etlik piliçlerde trigliserid düzeyinin rasyona B ilavesinden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Yumurtacı tavuk rasyonlarına katılan 0, 50, 75 ve 150 mg/kg düzeylerindeki B'nin kolesterol oranı üzerine etkisi önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. En düşük kolesterol oranı %11.57 ile B150 grubunda gözlenirken, en yüksek kolesterol oranı %13.0 ile B0 grubunda olmuştur. Rasyondaki B miktarı arttıkça toplam serum lipid profilindeki kolesterol oranı önemli derecede azalmıştır. Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar, Eren ve ark. (2006) Japon bildircını; Eren ve Uyanık (2007)'in yumurtacı tavuklar için bildirdikleri bulgularla paralellik gösterirken; Naghii ve Samman (1997)'in ratlarda, Armstrong ve Spears (2001)'in domuzlarda, Mızrak ve Ceylan (2009)'in damızlık yumurtacı tavuklarda, Kurtoğlu ve ark. (2005)'nin etlik piliçlerde belirlemiş oldukları değerlerden farklı bulunmuştur. Mevcut araştırma bulguları, rasyona ilave edilen B'nin, toplam lipid içindeki kolesterol ve triaçilgliserol oranını düşürme (polar lipid oranını arttırdığı için) ya da değiştirme bakımından etkili olduğunu göstermektedir.

Lipid peroksidasyon değerleri bakımından gruplar arasında meydana gelen farklılıklar önemli bulunmuştur. En düşük lipid peroksidasyon değeri 3.4 nmol/g doku ile B150 grubunda, en yüksek lipid peroksidasyon değeri ise 3.9 nmol/g doku ile B50 grubunda olmuştur. B75 ve B150 gruplarının serum lipid peroksidasyonu diğer grupların serum lipid peroksidasyonundan daha ( $P<0.05$ ) düşük bulunmuştur. İnce ve ark. (2010), rat diyetlerine 100 mg/kg B ilave ederek yaptıkları çalışmada, serum lipid peroksidasyon değerlerinin mevcut çalışmaya benzer şekilde kontrol grubuna kıyasla önemli derecede ( $P<0.01$ ) azaldığını bildirmişlerdir. Turkez ve ark. (2007) ise düşük dozlarda (5-50 mg/L) Bor ilavesinin insan periferik kan kültürlerinde lipid peroksidasyon konsantrasyonunu değiştirmedığını ancak yüksek dozlarda Bor ilavesinin (500 mg/L) lipid peroksidasyon düzeyini artırdığını bildirmişlerdir. Lipid peroksidasyon düzeyindeki artışın oksidatif stresin önemli bir işareti olduğu göz önüne alındığında (Kim ve ark., 2006), yumurtacı tavuk rasyonlarına 75 ve 150 mg/kg B ilavesinin lipid peroksidasyon seviyelerinde azalmaya neden olması, aynı zamanda kandaki oksidatif hasara karşı koruyucu bir etkiye sahip olabileceğini de göstermektedir.

Yumurtacı tavuk rasyonlarına farklı seviyelerde ilave edilen B'nin serum protein profili üzerine etkisi önemli bulunmuştur. B'nin farklı protein molekül ağırlıklarına farklı etkisi olmakla birlikte, özellikle albumin, 66, 75, 161 ve 186 kDa molekül büyüklüğündeki proteinlerde farklılıklar önemli olmuştur. En düşük albumin miktarı 1.094 g protein/dl ile B0 grubunda iken, en yüksek albumin miktarı 1.181 g protein/dl ile B75'te tespit edilmiştir. B0 grubu, B50, B75 ve B150 gruplarına göre daha düşük albumin miktarına sahip olmuştur ( $P<0.01$ ). En düşük 66 kDa moleküler büyüklükteki protein miktarı 0.240 g protein/dl ile B0 grubunda iken, en yüksek miktar 0.309 g protein/dl ile B50 grubunda tespit edilmiştir. B0 grubunun 66 kDa moleküler büyüklükteki protein miktarı B50, B75 ve B150 gruplarından daha düşük bulunmuştur ( $P<0.05$ ). 75 kDa moleküler büyüklükteki protein miktarı en düşük 0.534 g protein/dl ile B0 grubunda iken, en yüksek 0.655 g protein ile B50 grubunda olmuştur. B0 grubunda 75 kDa moleküler büyüklükteki protein miktarının B50, B75 ve B150 gruplarından daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.01$ ). Rasyona ilave edilen her düzeydeki B, serum protein profilinde 75 kDa moleküler büyüklükteki proteinin miktarını artırmıştır.

Yumurtacı tavuk rasyonlarına farklı miktarlarda B ilavesinin serum protein bileşimine etkisine ait elektroforetogram analiz sonuçları Şekil 1'de, farklı miktarlarda B içeren rasyonların serum protein profiline etkisi ise Çizelge 4'te verilmiştir.





Şekil 1. Serum protein elektroforetogramı

Figure 1. Serum protein electrophoresis

Kuyu: Moleküler ağırlık markeri; 2.-4. Kuyu: Kontrol grubu; 5.-7. Kuyu: B50 grubu; 8.-10. Kuyu: B75 grubu; 11.-13. Kuyu: B150 grubu.

Çizelge 4. Rasyona İlave Edilen Bor (Ortoborik Asit) Seviyelerinin Yumurtacı Tavuklarda Serum Protein Profiline (g/dl) Etkisi

Table 4. Effect of Boron (Ortoboric Acid) Levels Added to Ration on Serum Protein Profile (g/dl) in Laying Hens

Protein kDa	Bor seviyesi, (mg/kg)				Ort.	P	Grup
	B0	B50	B75	B150			
19	0.094±0.01	0.094±0.01	0.093±0.01	0.097±0.00	0.094±0.01	0.862	
20	0.033±0.01	0.030±0.01	0.038±0.00	0.036±0.00	0.034±0.01	0.501	
23	0.128±0.01	0.105±0.01	0.137±0.04	0.128±0.01	0.124±0.02	0.285	
25	0.142±0.01	0.140±0.01	0.142±0.01	0.134±0.01	0.140±0.01	0.572	
28	0.795±0.04	0.808±0.02	0.799±0.03	0.768±0.03	0.793±0.03	0.353	
40	0.331±0.11	0.339±0.01	0.326±0.03	0.282±0.02	0.319±0.06	0.534	
52	0.014±0.00 <sup>a</sup>	0.008±0.00 <sup>b</sup>	0.015±0.00 <sup>a</sup>	0.015±0.00 <sup>a</sup>	0.013±0.00	0.000	
55	0.019±0.00 <sup>b</sup>	0.021±0.00 <sup>b</sup>	0.032±0.00 <sup>a</sup>	0.022±0.00 <sup>b</sup>	0.024±0.01	0.011	
Alb	1.094±0.02 <sup>b</sup>	1.146±0.03 <sup>a</sup>	1.181±0.03 <sup>a</sup>	1.170±0.03 <sup>a</sup>	1.148±0.04	0.005	
66	0.240±0.01 <sup>b</sup>	0.309±0.03 <sup>a</sup>	0.285±0.04 <sup>ab</sup>	0.283±0.03 <sup>ab</sup>	0.279±0.04	0.034	
75	0.534±0.03 <sup>b</sup>	0.655±0.02 <sup>a</sup>	0.619±0.04 <sup>a</sup>	0.649±0.02 <sup>a</sup>	0.614±0.06	0.000	
84	0.025±0.01 <sup>ab</sup>	0.033±0.01 <sup>a</sup>	0.026±0.01 <sup>ab</sup>	0.019±0.00 <sup>b</sup>	0.026±0.01	0.031	
91	0.038±0.01	0.036±0.01	0.041±0.02	0.041±0.00	0.039±0.01	0.922	
96	0.045±0.002	0.50±0.01	0.048±0.01	0.048±0.01	0.047±0.01	0.861	
100	0.009±0.00 <sup>a</sup>	0.004±0.00 <sup>c</sup>	0.007±0.00 <sup>b</sup>	0.006±0.00 <sup>ab</sup>	0.007±0.00	0.003	
111	0.055±0.01	0.064±0.00	0.059±0.01	0.056±0.01	0.058±0.01	0.527	
119	0.043±0.01 <sup>a</sup>	0.025±0.00 <sup>b</sup>	0.020±0.01 <sup>b</sup>	0.019±0.00 <sup>b</sup>	0.027±0.01	0.006	
129	0.020±0.00	0.019±0.00	0.022±0.01	0.022±0.01	0.021±0.00	0.854	
137	0.047±0.01	0.040±0.00	0.039±0.00	0.039±0.01	0.041±0.01	0.189	
145	0.072±0.01 <sup>a</sup>	0.064±0.01 <sup>ab</sup>	0.061±0.01 <sup>ab</sup>	0.051±0.01 <sup>b</sup>	0.061±0.01	0.035	
153	0.106±0.02	0.088±0.00	0.092±0.01	0.087±0.00	0.093±0.01	0.104	
161	0.100±0.00 <sup>b</sup>	0.116±0.01 <sup>ab</sup>	0.124±0.01 <sup>a</sup>	0.123±0.01 <sup>a</sup>	0.116±0.01	0.041	
186	1.036±0.06 <sup>a</sup>	1.092±0.04 <sup>a</sup>	0.930±0.02 <sup>b</sup>	0.920±0.03 <sup>b</sup>	0.994±0.08	0.000	
233	0.431±0.06	0.464±0.01	0.447±0.03	0.437±0.04	0.445±0.04	0.649	
	5.45 g/dl	5.75 g/dl	5.58 g/dl	5.45 g/dl			

a,b,c; Aynı satırdaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

161 kDa moleküler büyüklükteki proteinin en düşük miktarı 0.100 g protein/dl ile B0 grubunda iken, en yüksek miktarı 0.124 g protein/dl ile B75 grubunda belirlenmiştir. B0 grubunun 161 kDa büyüklüğündeki protein miktarı B50, B75 ve B150 gruplarından düşük bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Rasyona ilave edilen her

düzeydeki B'nin serum protein profilinde 161 kDa moleküler büyüklükteki protein miktarının önemli ( $P<0.05$ ) derecede artmasına neden olmuştur. 186 kDa büyüklüğündeki protein molekülünün en düşük miktarı 0.920 g protein/dl ile B150 grubunda, en yüksek miktarı 1.092 g protein/dl ile B50 grubunda tespit edilmiştir. B0 ve B50 gruplarında 186 kDa moleküler büyüklükteki proteinin miktarı B75 ve B150 gruplarından yüksek bulunmuş ( $P<0.01$ ) ve rasyonda artan B seviyesi 186 kDa moleküler büyüklükteki proteinin miktarını azaltmıştır. Kanatlı hayvan rasyonlarına B ilavesinin SDS-PAGE metodu ile serum protein profiline etkisinin incelendiği yerli ya da yabancı dilde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar arzu edilen düzeyde tartışılmamıştır.

Sonuç olarak, yumurtlamanın son döneminde bulunan tavukların rasyonlarına değişik miktarlarda B ilavesinin serum lipid bileşimi ve peroksidasyonu ile protein miktarını önemli derecede etkilediğinin tespit edilmesinin yanı sıra serum parametreleri üzerine B ilavesinin etkisini açıklığa kavuşturmak için konu ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

### **Teşekkür**

2009/213 proje numarasıyla Atatürk Üniversitesi BAP komisyonu tarafından desteklenen ve Prof. Dr. Muhlis MACİT danışmanlığında Hacer KAYA tarafından hazırlanan Doktora Tezinden özetlenmiş olan bu çalışma, 25 - 27 Nisan 2018 tarihleri arasında, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde gerçekleştirilen 1. Uluslararası GAP Tarım ve Hayvancılık Kongresi'nde sözlü olarak sunulmuştur.

## Kaynakça/References

- Ammerman, C.B., D.H. Baker and A.S. Lewis, 1995. Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acid, Minerals and Vitamins. Academic Pres. San Diego. CA.
- AOAC., 1990. Official methods of analysis. Vol.1. 15<sup>th</sup> ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Armstrong, T.A., J.W. Spears, T.D. Crenshaw and F.H. Nielsen, 2000. Boron supplementation of a semipurified diet for weanling pigs improves feed efficiency and bone strength characteristics and alters plasma lipid metabolites. *The Journal of nutrition*, 130 (10): 2575-2581.
- Armstrong, T.A. and J.W. Spears, 2001. Effect of dietary boron of growth performance, calcium and phosphorus metabolism, and bone mechanical properties in growing barrows. *Journal of animal science*, 79(12): 3120-3127.
- Duncan, D.B. 1995. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11: 1-42.
- Eren, M. 2004. Bor'un biyolojik önemi ve metabolizma üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1):55-59.
- Eren, M., F. Uyanık and S. Küçükarsan, 2004. The influence of dietary boron supplementation on egg quality and serum calcium, inorganic phosphorus, magnesium levels and alkaline phosphatase activity in laying hens. *Research in veterinary science*, 76(3): 203-210.
- Eren, M., G.B. Kocaoğlu, Uyanık F. and N. Karabulut, 2006. The effect of dietary boron supplementation on performance, carcass composition nad serum lipids in japanase quails. *Journal Of Animal And Veterinary Advances*, 5 (12):1105-1108.
- Eren, M. and F. Uyanık, 2007. Influence of dietary boron supplementation on some metabolites and egg-yolk cholesterol in laying hens. *Acta Veterinaria Hungarica*, 55 (1):29-39.
- Forbes, R.M., 1984. Use of Laboratory Animals to Define physiological functions and bioavailability of zinc. In *Federation proceedings*, 43(13):2835-2841.
- Hunt, C.D., 1989. Dietary boron modified the effects of magnesium and molybdenum on mineral metabolism in the cholecalciferol-deficient chick. *Biological trace element research*, 22(2):201-220.
- Hunt, C.D. and J.L. Herbel, 1991. Boron affects energy metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D3-deprived rat. *Magnesium and trace elements*, 10:374-386.
- Hunt, C.D., J.L. Herbel and F.H. Nielsen, 1991. Dietary boron modifies the effects of Vitamin D3 nutrition on indices of energy substrate utilisation and mineral metabolism in the chick. *Journal of bone and mineral research*, 9(2):171-182.
- Hunt, C.D. 2006. Dietary boron: Progress in establishing essential roles in human and animal physiology. III. *Uluslararası Bor Sempozyumu*. s: 3-10, 2-4 Kasım, Ankara.
- Ince, S., I. Kucukkurt, I.H. Çiğerci, A.F. Fidan and A. Eryavuz, (2010). The effects of dietary boric acid and borax supplementation on lipid peroxidation, antioxidant activity, and DNA damage in rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 24(3):161-164.
- Kim, H., E. Oh, H. Im, J. Mun, M. Yang, J.Y. Kim and D. Sul, (2006). Oxidative damages in the DNA, lipids, and proteins of rats exposed to isofluranes and alcohols. *Toxicology*, 220(2):169-178.
- Kurtoğlu, F., V. Kurtoğlu, İ. Çelik, T. Keçeci and M. Nizamloğlu, 2005. Effect of dietary boron supplementation on some biochemical parameters, peripheral blood lymphocytes, splenic plasma cells and bone characteristics of broiler chicks given diets with adequate or inadequate cholecalciferol (vitamin D3) content. *British poultry science*, 46 (1):87- 96.
- Laemmli, U.K. 1970. "Cleavage of structural proteins during the assemble head of bacteriophage T4," *Nature*, 227 (5259):680-685.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall, 1951. "Protein measurement with folin phenol reagent," *Journal of biological chemistry*, 193:265-275.
- Mertens, D. 2005. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis*, 18<sup>th</sup> edit. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC- International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mızrak, C. and M. Ceylan, 2009. Damızlık yumurtacı tavuk yemlerine farklı seviye ve formda bor ilavesinin performans, kemik gelişimi ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi 6. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi. 60-69, 24-26 Haziran, Erzurum.
- Naghii, M.R. and S. Samman, 1993. The role of boron in nutrition and metabolism. *Progress in food & nutrition science*, 17:331-49.
- Naghii, M.R. and S. Samman, 1997. The effect of boron on plazma testosterone and plazma lipis in rats. *Nutrition Research*, 17 (3):523-531.
- Nielsen, F.H. 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plan and Soil*, 193, 199-208.
- Okuyan, M.R. 1997. *Hayvan Besleme Biyokimyası*, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yay. No: 1491, Ders kitabı: 450, 350 s, Ankara.
- Olgun, O., 2011. Yumurtacı tavuk rasyonlarına farklı seviyelerde ilave edilen bor ve bakırın performans, yumurta kabuk kalitesi, yumurta sarısı kolesterolü ve kemiğin biyomekanik özelliklerine etkisi. *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri. Enstitüsü, Konya.

- Placer, Z.A., L.L. Cushman and B.C. Johnson, 1966. "Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems," *Analytical biochemistry*, 16(2):359-364.
- SAS. 1996. SAS Institute Inc., NC, USA
- Sherma, J. 2003. *Handbook of Thin-Layer Chromatography*. 3<sup>rd</sup> ed. Taylor & Francis. New York.
- Şimşek, M. 2011. Etlik piliç rasyonlarına bor (ortoborik asit) ilavesinin performans değerleri ile tibia mineral konsantrasyonu ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Turkez, H., F. Geyikoğlu, A. Tatar, S. Keleş and A. Özkan, (2007). Effects of some boron compounds on peripheral human blood. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 62(11-12):889-896.
- TSE, 1991. "Hayvan Yemleri Metabolik Enerji Tayini," TSE No:9610. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Underwood, E.J. and N.F. Suttle, 1999. *The mineral nutrition of livestock*, 3<sup>rd</sup> ed. CABI Publishing, New York, NY.
- Wilson, J.H. and P.L. Ruszler, 1998. Long term effect of boron on layer bone strength and production parameters. *British Poultry Science*, 39(1):11-15.
- Yazgan, O., Y. Cufadar ve O. Olgun, 2007. Hayvan besleme biyokimyası. Basılmamış Ders Notu. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Konya.
- Yıldız, G., F. Özçelik, H. Koksal, S. Bağder ve Ö. Abacıoğlu, 2008. Organik bor üretilebilirliği ve broyler rasyonlarında bor ile humatın kullanımı. 2. Ulusal Bor Çalıştayı Bildirileri, 597-604, 17-18 Nisan, Ankara.

## Trakya Bölgesi'nde İklim Değişikliğinin Buğday Verimine Etkisinin AquaCrop ve WOFOST Modeller ile Tahmin Edilmesi

Modelling of the Effect of Climate Change on Wheat Yield in Thrace Region with AquaCrop and WOFOST Models

Fatih KONUKCU<sup>1</sup>, Huzur DEVECİ<sup>2</sup>, Bahadır ALTÜRK<sup>3</sup>

### Öz


İklim değişikliği birçok sektörle birlikte tarım sektörünü de olumsuz etkileyeceğinden, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerine etkilerinin tahmin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı; AquaCrop ve WOFOST Modeller ile Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin kısa (2020-2030), orta (2046-2055) ve uzun (2076-2085) dönemde buğday verimine etkisini belirlemektir. İklim değişikliğinin tahmininde RegCM3 Bölgesel İklim Modeli, referans ve A2 senaryo çıktıları kullanılmıştır. 1970-1990 döneminde araştırma alanından ölçülen sıcaklık ve yağış verileri, model referans verileri ile karşılaştırılarak kısa, orta ve uzun dönemlerde değişimler tahmin edilmiştir. Çorlu Pınarbaşı Havzası'nda yer alan üç farklı mevkideki (Akıncılar, Sofular, Çövenli) çiftçi tarlalarından 2016-2017 döneminde alınan buğday verimleri, model sonuçlarıyla karşılaştırılarak, kalibrasyon yapılmış, gelecek dönemlerde verim değerleri tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, kısa dönemde, model referans yıllarına göre sıcaklıklarda ortalama 0,27 °C azalış, orta ve uzun dönemlerdeyse sırasıyla 1,43 °C ve 3,05 °C artış, toplam yağışta kısa dönemde 87 mm (%13) artış, orta ve uzun dönemlerdeyse 91 mm (%14) ve 78 mm (%12) azalış olacağı tahmin edilmiştir. AquaCrop Model ile Akıncılar ve Çövenli'de % 50'ye varan verim artışları, Sofular'da ise yaklaşık %6 - %34 oranlarında verim azalışları tahmin edilirken, WOFOST Modelde Akıncılar'da %40'a, Sofular'da %12'ye varan artışlar, Çövenli'de ise %2-%7 aralığında verim azalışları olacağı modellenmiştir.


**Anahtar Kelimeler:** RegCM3 Bölgesel İklim Modeli, Verim Tahmini, Buğday, Çorlu Pınarbaşı Havzası


### Abstract

Since climate change will adversely affect the agricultural sector as well as many other sectors, the effects of climate change on agricultural production should be estimated and necessary measures should be taken. The aim of this study is to determine the effect of climate change on wheat yield in the short (2020-2030), medium (2046-2055) and long (2076-2085) term periods in the Thrace Region using AquaCrop and WOFOST models. RegCM3 Regional Climate Model, reference and A2 scenario outputs were used to predict climate change. In the 1970-1990 period, the measured temperature and precipitation data measured in the research area were compared with the model reference data and changes were estimated in the short, medium and long term periods.

Wheat yields obtained from farmer fields in three different locations (Akıncılar, Sofular, Çövenli) in Çorlu Pınarbaşı sub-basin in 2016-2017 growing period were compared with the model prediction in order to do the calibration and yields were forecasted in the future periods. As a result, in the short term, an average 0.27 °C

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Huzur Deveci, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Yapı Denetim Programı, Tekirdağ. E-mail: [huzurdeveci@nku.edu.tr](mailto:huzurdeveci@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-0143-2185

<sup>1</sup>Fatih Konukcu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ. E-mail: [fkonukcu@nku.edu.tr](mailto:fkonukcu@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0003-2873-990X

<sup>3</sup>Bahadır Öztürk, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Mobilya ve Dekorasyon Programı, Tekirdağ. E-mail: [balturk@nku.edu.tr](mailto:balturk@nku.edu.tr)  OrcID:0000-0003-1282-6558

**Atıf/Citation:** Konukcu, F., Deveci, H., Altürk, B. Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin AquaCrop ve WOFOST modeller ile tahmin edilmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), xx-xx.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2020

decrease in temperature were forecasted whereas 1,43 °C and 3,05 °C increase were estimated for medium and long terms, respectively when compared to model reference years. In total rainfall, 87 mm (13%) increase, 91 mm (14%) and 78 mm (12%) decreases were simulated for the short, medium and long-terms. AquaCrop Model predicted yield increases up to 50% in Akıncılar and Çövenli and yield decreases of 6% - 34% in Sofular whereas WOFOST Model predicted increases of 40% in Akıncılar and 12% in Sofular and decrease up to 2 - 7% in Çövenli.

**Keywords:** RegCM3 Regional Climate Model, Yield Prediction, Wheat, Corlu Pınarbaşı Basin

## Extended Summary

It is estimated that climate change will adversely affect agriculture as well as many other sectors. In order to mitigate the negative effects of climate change, it is necessary to first estimate the climate change, then to evaluate the effects of possible changes on agricultural production and to take necessary measures. In this study, climate change was forecasted and the effect of climate change on wheat yield was modelled in the short (2020-2030), medium (2046-2055) and long (2076-2085) term periods in Tekirdağ-Çorlu Pınarbaşı watershed of Meriç-Ergene River Basin located in the Thrace Region using AquaCrop and WOFOST models. RegCM3 Regional Climate Model, reference and A2 SRES scenario outputs were used to predict climate change. In the 1970-1990 period, the measured temperature and precipitation data measured in the research area were compared with the model reference data using t test and changes were estimated in the short, medium and long term periods. The t test showed that there was no significant difference between the measured and estimated temperature (Sig.2-tailed value  $0,887 > 0,05$ ) and precipitation (Sig.2-tailed value  $0,359 > 0,05$ ) with 95% confidence. As a result, in the short term, an average  $0,27$  °C decrease in temperature were forecasted whereas  $1,43$  °C and  $3,05$  °C increase were estimated for medium and long terms, respectively when compared to model reference years. In total rainfall, 87 mm (13%) increase, 91 mm (14%) and 78 mm (12%) decreases were simulated for the short, medium and long-terms. This shows that in the research area, temperatures will increase and rainfall will decrease in the future periods, particularly in the long term, when compared to the reference years. The impacts of climate change are already being observed in the study area, as in the rest of the world, and are expected to be felt more strongly in the future.

In order to determine the effect of climate change by AquaCrop Model on agricultural production, ETo values were calculated with ETo Calculator. It was estimated that the ETo value, which is 2,4 mm in the reference period, will not change in the short term, 2,8 mm (16% increase) in the medium term and 2,9 mm (20% increase) in the long term due to climate change. Wheat yields obtained from farmer fields in three different locations (Akıncılar, Sofular, Çövenli) in Çorlu Pınarbaşı sub-basin in 2016-2017 growing period were compared with the AquaCrop and WOFOST models prediction in order to do the calibration and yields were forecasted in the future periods. Model calibration for the growth period 2016-2017 was performed by altering the change of vegetation according to phenological stages, maximum root length, reference harvest index in AquaCrop Model whereas TSUM1 (Thermal time from emergence to anthesis), TSUM2 (Thermal time from anthesis to maturity) and AMAXTB (Maximum leaf CO<sub>2</sub> assimilation rate as a function of development stage of the crop) values in WOFOST Model. The deviation between the measured and estimated yield values were found in the range of 1,87% - 8,30% and the absolute error range of 11,4 - 48,4 kg da<sup>-1</sup>.

As a result, AquaCrop Model predicted yield increases up to 50% in Akıncılar and Çövenli and yield decreases of 6% - 34% in Sofular whereas WOFOST Model predicted increases of 40% in Akıncılar and 12% in Sofular and decrease up to 2 - 7% in Çövenli.

Yıllardan beri bilinen ve tartışılan iklim değişikliği günümüzde en büyük tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin önemli oranda insan kaynaklı sera gazları tarafından gerçekleştiği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin son toplantısında (Pachauri ve ark., 2014) tartışmalara yer bırakmayacak şekilde vurgulanmıştır. İklim değişikliği senaryolarının küresel ölçekte iklim modelleri yoluyla bölgesel ölçeğe indirgenmesi ve sonuçlarının incelenmesi, ülkemizin, enerji, tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlardaki gelecekle ilgili planlamalarını yakından ilgilendirmektedir (Önol ve ark., 2009; Şen ve ark., 2013; İklimSu, 2016).

İklim değişikliği ile birlikte yağış dağılımı, miktarı ve sıcaklık değerlerinin büyük ölçüde değişeceği öngörülmektedir. Bu değişiklikten de birçok sektörün etkileneceği tahmin edilmektedir. Dolayısı ile iklim değişikliğinin sektörler üzerine etkilerini azaltmak ve önlemek için yerel, bölgesel, ulusal veya uluslararası düzeyde çalışmalar yapılması gerekmektedir. Her bölgede sektörler, kendi çalışma alanı kapsamındaki alması gereken önlemleri bilmek ve gerekenleri yapmak zorundadır. İklim değişikliğinin ülkemizde de su kaynaklarını ve tarımsal üretimi kısıtlayıcı bir rol oynayacağı beklenmektedir. Bu nedenle ülkemizin su kaynaklarının planlaması ve yönetimi yanında tarımsal üretimde iklim değişikliğinin potansiyel etkileri dikkate alınmalı, olası değişimlere karşı hassasiyetleri irdelenmelidir (Özkul ve ark., 2008; İklimSu, 2016). İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için öncelikle iklim değişikliğinin karbon emisyon senaryoları ışığında bölgesel olarak yüksek çözünürlükle tahmin edilmesi daha sonra olası değişikliklerin su kaynakları ve tarımsal üretime etkilerinin iyi değerlendirilmesi ve uyum kapasitesinin geliştirilmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin etkileri alansal ve zamansal ölçekte farklılık göstermektedir. Hangi bölgelerde, hangi sektörlerin, hangi düzeyde etkileneceğinin



belirlenmesi, ülkelerin iklim değişikliğinin sonuçlarına hazırlıklı olması ve iklim değişikliğine uyum bakımından çok önemlidir (Demir ve ark., 2008).

İklim değişikliğinin tüm sektörleri etkilemesi beklenirken, tarım sektörü üzerine etkisinin çok daha büyük düzeyde olacağı bildirilmektedir (Kanber ve ark., 2008). Bu nedenle bölgesel bazda tarıma ve özellikle verime etkisi mutlaka incelenmelidir.

İklim değişikliğinin tarımsal üretimde stratejik bir öneme sahip olan buğday verimine etkisi dünyada farklı ülkelerde birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Andarzian ve ark., 2011; Mkhabela ve Bullock, 2012; Singh ve ark., 2013; Tripathy ve ark., 2013; Mishra ve ark., 2013; Bregaglio ve ark., 2015). Ülkemizde ise konu bölgesel anlamda zamansal ve mekansal olarak farklı araştırmacılar tarafından, geniş bir şekilde incelenmiştir (Kapur ve ark., 2007; Şimşek ve ark., 2007; Kapur, 2010; Koç, 2011; Kale ve Tarı, 2012). Gerek dünyada ve gerekse Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan bu çalışmalarda iklim ve diğer yerel koşullara bağlı olarak, iklim değişikliğinin, buğdayda farklı düzeylerde verim artışı ve azalışına sebep olacağı rapor edilmiştir. Trakya Bölgesi'nde yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde ise, buğday bitkisinde yer yer %50'ye varan ve hatta bölgenin bazı kesimlerinde %50'nin üzerinde verim artışları olacağı tahmin edilmiştir (Çaldağ, 2000; Çaldağ, 2009; Şaylan ve ark., 2011; Çaldağ ve ark., 2012; Deveci, 2015; Deveci ve Konukcu, 2016; Bakanoğulları ve ark., 2017; Konukcu ve ark., 2017). Trakya Bölgesi'nde iklim değişiminin buğday verimini nasıl etkileyeceğinin ileriye dönük tahmini, bölgede iklim değişikliğinin buğday verimine olumlu etkisinin tam olarak anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. İklim değişiminin buğday verimine etkisi üzerine yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Türkiye'nin önemli buğday üretim alanlarından biri olan Trakya Bölgesi'nde de bu konuda çok sınırlı sayıda araştırma yapılmış olup; CERES-Wheat ve AquaCrop Modelleri ile yapılan araştırma sonuçlarına göre iklim değişikliğinin buğday verimine etkisi konusunda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, karar vericilere daha sağlıklı bilgi üretebilmek için, bölgede bu konu ile ilgili araştırmaların çeşitlendirilmesi ve detaylandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın amacı, AquaCrop ve WOFOST (WORLD FOOD STUDIES) verim tahmini modelleri ile Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin kısa, orta ve uzun vadede buğday verimine etkisini modellemektir. İklim değişikliğinin buğday verimine etkisini tahmin etme açısından hem bu iki model birbiri ile hem de daha önceki tahminlerle karşılaştırılmış olacaktır. Bu kapsamda;

- Küresel iklim modelleri ile tahmin edilen iklim değişikliği verileri, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli yardımıyla ölçek küçültme yöntemiyle Trakya Bölgesi için daha yüksek çözünürlükte iklim değişikliği verilerine dönüştürülecek;
- 2016-2017 yılı iklim verileri ve Trakya Bölgesi'ni temsilen seçilen üç lokasyondaki Çorlu Pınarbaşı Havzası içinde yer alan Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de arazi verileri kullanılarak, AquaCrop ve WOFOST Modelleri ile bu lokasyonlardaki 2016-2017 dönemi buğday verimleri tahmin edilecek;
- Bu tahminler ile ölçülen buğday verimleri karşılaştırılarak, modellerin hassasiyetleri belirlenecek;
- Seçilen arazilere ait veriler ve RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen gelecekteki iklim verileri kullanılarak, iklim değişikliğinin kısa, orta ve uzun vadede buğday verimine etkisi tespit edilecek;
- AquaCrop ve WOFOST Modelleri birbiriyle ve daha önceki modellerle karşılaştırılarak; Trakya Bölgesi için olası iklim değişikliğinin buğday verimine etkisi daha net bir şekilde belirlenecektir.

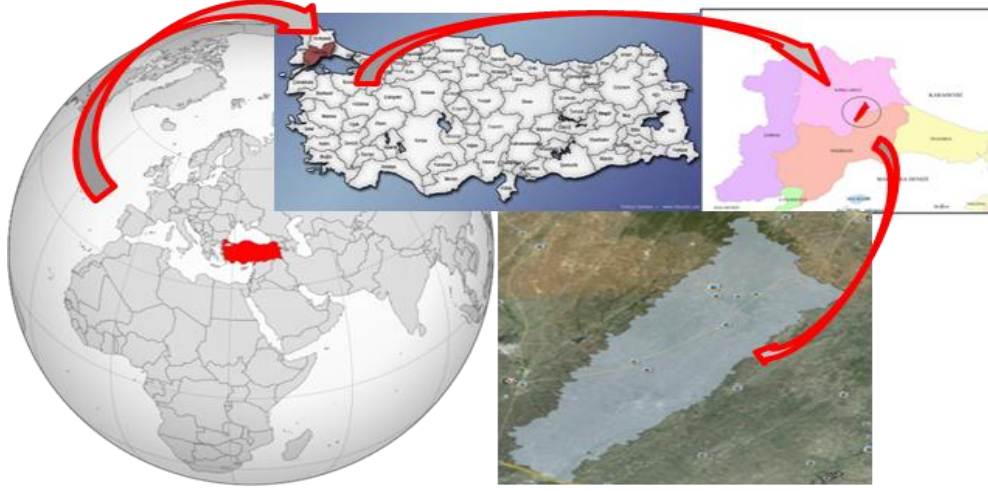
Elde edilen sonuçlara dayanarak, iklim değişikliğinin tarımsal üretime yani verime etkisi değerlendirilerek yerel yönetimlere, araştırmacılara ve ileriye dönük karar vericilere veri sağlanacaktır. İklim değişikliğine karşı hassasiyetin azaltılması ile gelecek yıllara projeksiyon tutulacaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Araştırma Alanı

Araştırma alanı, Trakya Bölgesi'nde Meriç-Ergene Ana Havzası içerisinde yer alan Tekirdağ-Çorlu Pınarbaşı Havzası'nı kapsamaktadır. Havza alanı 119,61 km<sup>2</sup>'dir. Rakımı 85-268 m'ler arasında olan havza, Batı 548285,708548 m, Doğu 563270,708548 m, Kuzey 4602318,717398 m ve Güney 4579428,717398 m koordinatları arasında yer almaktadır. Havza kendi içerisinde farklı büyüklüklere sahip dört alt havzayı

içermektedir. Bunlar Topçu, Çövenli, Sofular ve Akıncılar alt havzalarıdır (Deveci ve Konukcu, 2019). Araştırma alanının konumu Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırma Alanı

Figure 1. Research area

### Araştırma Alanının İklimi

Araştırma alanı, Marmara Denizi kıyı şeridi boyunca görülen Karadeniz-Akdeniz ve iç kesimlerde görülen karasal iklim etkisi altındadır. Kışları serin ve yağışlı, yazları kurak ve sıcaktır. Çizelge 1’de Çorlu Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü’nden elde edilen iklim verileri sunulmuştur. Araştırma alanının uzun yıllar (1970-2011) meteorolojik verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 12,8 °C’dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 3,5 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 22,7 °C ile Temmuz aylarıdır. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 572,3 mm’dir. Yağışın büyük bir kısmı Ekim ile Mayıs ayları arasındaki dönemde gerçekleşmektedir. Yıllık ortalama rüzgâr hızı ise 3,5 m s<sup>-1</sup>, yıllık ortalama bağıl nem %77,2’dir (Anonim 2012).

Çizelge 1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları (1970–2011) (Anonim 2012)

Table 1. Long-term average climate values of the research area (1970–2011) (Anonymous 2012)

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	Ortalama bağıl nem (%)	Ortalama rüzgâr hızı (m s <sup>-1</sup> )	Ortalama toplam yağış (mm)
Ocak	3,5	6,8	0,6	85,3	3,9	55,6
Şubat	4,0	7,9	0,9	82,1	4,0	52,1
Mart	6,5	11,1	2,8	79,4	3,7	51,0
Nisan	11,2	16,7	6,8	75,2	3,0	44,6
Mayıs	16,1	22,0	10,9	73,2	3,0	48,4
Haziran	20,6	26,7	15,0	69,8	2,9	36,7
Temmuz	22,7	29,0	16,9	68,6	3,5	27,9
Ağustos	22,3	28,8	16,7	71,8	3,6	18,6
Eylül	18,6	24,9	13,6	73,9	3,3	34,1
Ekim	14,0	19,1	10,0	79,2	3,5	58,9
Kasım	9,1	13,3	5,7	83,0	3,3	72,5
Aralık	5,4	8,7	2,4	85,1	3,8	71,9
Yıllık Ortalama	12,8	17,9	8,5	77,2	3,5	47,7
Yıllık Toplam						572,3

### Araştırma Alanının Toprak Özellikleri

Araştırma alanında Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de toprak özelliklerini belirlemek için seçilen çiftçi tarlalarına birer adet profil çukuru açılmıştır. 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm'lik katmanlardan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınıp, laboratuvarında analize uygun hale getirilerek tarla kapasitesi, solma noktası, toprağın bünyesi, bünye sınıfı, birim hacim ağırlık, toplam tuz ve pH değerlerinin belirlenmesi için Tarım ve Orman Bakanlığı, Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne gönderilmiştir. Burada yapılan analiz sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir.

### Buğday Bitkisine Ait Özellikler

Araştırma alanında buğday bitkisi rastgele seçilen çiftçi tarlalarından Akıncılar'a 08.11.2016, Sofular'a 05.11.2016 ve Çövenli'ye de 31.10.2016 tarihlerinde ekilmiş, Akıncılar'da 14.07.2017, Sofular'da 15.07.2017 ve Çövenli'de 09.07.2017 tarihlerinde hasat edilmiştir. Tohum ekimi mibzerle yapılmıştır. Ekilen buğday çeşidi Akıncılar ve Çövenli'de Esperia ve Sofular'da Gelibolu olup, ekmeleklik buğdaydır. Araştırma alanında ayçiçeği - buğday şeklinde münavebe yapılmaktadır.

**Çizelge 2. Araştırma alanındaki toprakların bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri**

**Table 2. Some important physical and chemical properties of soils in the research area**

	Araştırma Alanı									
	Akıncılar			Sofular			Çövenli			
Derinlik (cm)	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	
Su ile Doygunluk (%)	55	55	55	60	63	60	66	67	68	
pH	7,62	7,66	7,66	7,54	7,57	7,65	7,59	7,56	7,61	
Toplam Tuz (%)	0,06	0,05	0,05	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	
Bünye	Kil (%)	27,08	29,17	29,17	33,33	29,17	37,5	25,00	41,67	39,58
	Silt (%)	16,67	10,42	10,42	12,50	14,58	12,50	20,83	14,58	14,58
	Kum (%)	56,25	60,42	60,42	54,17	56,25	50,00	54,17	43,75	45,89
Tarla Kapasitesi (% Ağırlık)	23,20	21,97	28,05	33,97	32,86	30,02	44,47	47,39	37,96	
Solma Noktası (% Ağırlık)	14,33	15,62	16,40	23,09	22,78	23,15	20,43	26,60	27,54	
Hacim Ağırlığı (gr cm <sup>-3</sup> )	1,57	1,72	1,71	1,53	1,53	1,46	1,35	1,38	1,37	
Bünye Sınıfı	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi	Kumlu Killi Tın	Killi	Kumlu Killi Tın	

### Bölgesel İklim Değişikliği Tahmin Modeli: RegCM3

Bu çalışmada, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nün yürütücüsü olduğu "Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları" projesi kapsamında RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ve A2 SRES (Emisyon Senaryoları Özel Raporu) senaryosu ile üretilmiş 27x27 km çözünürlüklü iklim verileri kullanılmıştır (Dalfes ve ark., 2008). RegCM3 Modeli Amerikan Atmosferik Araştırmalar Ulusal Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilen dinamik ölçek küçültme yöntemi ile çalıştırılan bir bölgesel iklim modelidir. RegCM3 Bölgesel İklim Modeli'nin çalıştırılması başlangıçta iki temel adıma dayanmaktadır. Birincisi model alanının topografyasının ve arazi kullanımının RegCM3 gridlerinde oluşturulması diğeri ise başlangıç ve sınır koşullarının belirlenmesidir. RegCM3 Modeli'nin çıktıları temel olarak dört ana grupta toplanmıştır. Bunlar sırasıyla atmosfer, radyasyon, yüzey ve kimya değişkenleridir. ECHAM5 Genel Dolaşım Modeli'ne ait düşük çözünürlüklü veriler dinamik ölçek küçültme yöntemiyle RegCM3 Modeli kullanılarak bölge ölçeğine indirgenmiştir. Çalışmada, 1961-1990 yılları arasındaki 30 yıl referans dönemi 2000-2009 yılları ise gelecek dönemi kapsamaktadır. Araştırmada kullanılan model çıktıları günlük olarak, minimum sıcaklık (°K), maksimum sıcaklık (°K), rüzgâr hızı (m s<sup>-1</sup>), yağış (mm) ortalama bağıl nem (%) ve global güneş radyasyonu (W cm<sup>-2</sup>) değerlerini kapsamaktadır.

### ETo Hesaplama Aracı

AquaCrop verim tahmin modelinin kullanılabilmesi için referans evapotranspirasyonun (ET<sub>o</sub>) hesaplanması gerekmektedir. Çalışmada bu amaçla ET<sub>o</sub> Calculator (Version 3.2) yazılımı kullanılmıştır. ET<sub>o</sub> Calculator programına girdi olarak günlük toplam güneşlenme süresi (h), minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), günlük ortalama nem (%) ve rüzgâr hızı (m s<sup>-1</sup>) verileri ile birlikte meteoroloji istasyonunun adı, yeri, konumu, enlem, boylam ve rakım değerleri girilmekte ve çıktı olarak referans evapotranspirasyon (mm) değerleri hesaplanmaktadır (Raes, 2012).

### Verim Tahmin Modelleri

**AquaCrop:** Verim tahmininde, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiş bir bitki iklim modeli olan AquaCrop (Version 5.0) kullanılmıştır. Modelde girdi olarak iklim, bitki, toprak (toprak profili, taban suyu), yönetim (sulama, toprak işleme) ve başlangıç su içeriği değerleri kullanılmaktadır. Model çıktı olarak bitki verimi, transpirasyon, evaporasyon, potansiyel ve gerçek biyokütle, toprak su bileşenleri dengesi ayrıca derinliğin bir fonksiyonu olarak toprak su içeriği değerlerini vermektedir (Raes ve ark., 2009).

**WOFOST:** Kullanılan diğer model Hollanda Wageningen Üniversitesi Dünya Gıda Çalışmaları Merkezi (CWFS), yine aynı üniversitedeki Teorik Üretim Ekolojisi Bölümü (WAU-TPE) ve Wageningen’de bulunan Agrobiyolojik Araştırma ve Toprak Verimliliği Merkezi (AB-DLO) tarafından geliştirilmiş olan WOFOST Control Centre 2.1 ve WOFOST 7.1.7 bitki gelişim simülasyon modelidir. Modelde girdi olarak genel veriler, iklim, bitki, zamanlama, besin ve toprak verileri kullanılmaktadır. Model çıktı olarak her bir üretim seviyesi için detaylı çıktı vermektedir. Bu çıktılar potansiyel büyüme, suya sınırlı büyüme, su dengesi ve besin maddesi gereksinimleri dosyalarını kapsamaktadır. Dosyalarda özet olarak hasat indeksi, biyokütle, transpirasyon, zemin üstü toplam üretim, transpirasyon katsayısı, depolama organlarının toplam kuru ağırlığı, toplam gövde kuru ağırlığı, yaprak ve köklerin toplam kuru ağırlığı, toprak su bileşenleri dengesi ayrıca derinliğin bir fonksiyonu olarak toprak su içeriği vb. değerleri yer almaktadır (Boogaard ve ark., 1998).

## Yöntem

### İklim Değişikliğinin Modellenmesi

İklim değişikliğinin modellenmesi aşamasında referans ve gelecek dönemler için havzayı temsil eden günlük olarak, minimum sıcaklık (°K), maksimum sıcaklık (°K), rüzgâr hızı (m s<sup>-1</sup>), yağış (mm) ortalama bağıl nem (%) ve global güneş radyasyonu (W cm<sup>-2</sup>) değerleri kullanılmıştır. Bu verilerin ET<sub>o</sub> Calculator, AquaCrop ve WOFOST modellerde kullanılabilmesi için birim dönüşümleri yapılmıştır. Ayrıca Çorlu Meteoroloji İstasyonu’nda ölçülen 1970-1990 yılları arasında kapsayan meteorolojik veriler TÜMAS’dan (Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi) elde edilerek, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli 1970-1990 yılları referans sıcaklık ve yağış verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken SPSS 18 Programında (Statistical Package for the Social Science) bağımsız iki grup arası farkların t testi (independent samples "t" test) yapılmıştır. T testi ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olduğu belirlenmiştir.

### ET<sub>o</sub> Calculator Programı ile ET<sub>o</sub> Hesaplanması ve İklim Değişikliğinin ET<sub>o</sub>’a Etkisinin Belirlenmesi

2016-2017 yıllarında Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzaları çiftçi buğday tarlalarından elde edilen verim değerlerinin AquaCrop Model ile kalibre edilebilmesi için öncelikle ET<sub>o</sub> değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. ET<sub>o</sub>’ın hesaplanabilmesi için toplam güneşlenme süresi (h), minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama bağıl nem (%) ve rüzgâr hızı (m s<sup>-1</sup>), meteoroloji istasyonunun adı, yeri, enlemi, boylamı ve denizden yüksekliği bilgileri girilerek, ET<sub>o</sub> değerleri hesaplanmıştır.

İklim değişikliğinin ET<sub>o</sub>’a etkisinin belirlenebilmesi için ise RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen günlük minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama bağıl nem (%) ve rüzgâr hızı (m s<sup>-1</sup>) verileri ile ET<sub>o</sub> Calculator programı çalıştırılmış ve kısa, orta ve uzun dönemler için ET<sub>o</sub> değerleri hesaplanmıştır.

### AquaCrop ve WOFOST Modeller ile Verim Tahmininin Yapılması

AquaCrop Modele iklim, bitki, tarımsal faaliyet ve toprak verilerinin girilmesi gerekmektedir. Modelin buğday bitkisi için değişmez olarak kabul ettiği bazı girdi değerleri modelin kullanıcı el kitabında belirtilmiştir. Bu verilere ilave olarak ölçülen ve genel olarak kabul edilmiş girdi değerleri, dikkate alınan bitki, yer ve zaman için AquaCrop Modele girilerek model çalıştırılmıştır. Modelin değişmez kabul ettiği girdi verileri değiştirilmeden, bitki örtüsünün fenolojik safhalara göre değişimi, maksimum kök uzunluğu, referans hasat indeksi değerleri değiştirilerek 2016-2017 dönemi için modelin kalibrasyonu yapılmıştır. WOFOST Modelde ise genel bilgiler, iklim, bitki, zamanlama ve toprak verilerinin girilmesi gerekmektedir. Modele girilmesi gereken bu bilgiler girildikten sonra analiz yapılmış ve TSUM1 (ilk çıkıştan çiçeklenmeye olan termal sıcaklıklar toplamı), TSUM2 (çiçeklenmeden olgunluğa kadar olan termal sıcaklıklar toplamı) ve AMAXTB (ürünün gelişme evresinin bir fonksiyonu olarak maksimum yaprak CO<sub>2</sub> asimilasyon hızı) değerleri değiştirilerek 2016-2017 dönemi için modelin kalibrasyonu yapılmıştır (Wolf ve De Wit, 2003).

AquaCrop ve WOFOST Modellerin geçerliliğinin değerlendirilmesi için, 2016-2017 döneminde Akıncılar, Sofular ve Çövenli için ölçülmüş ve tahmin edilmiş buğday verim değerleri karşılaştırılmış, ölçülen değerden sapma miktarı hesaplanmıştır.

AquaCrop Model ile verim tahmininin gelecek yıllar için modellenmesi aşamasında ise, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen iklim değerleri ETo Calculator programına girilmiş ve ETo değerleri hesaplatılmıştır. Minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), yağış (mm) verileri ile birlikte ETo (mm) değerleri AquaCrop Modele kısa, orta ve uzun dönemler için girilmiş ve bu yıllar için buğday verim değerleri tahmin edilmiştir. WOFOST Modelde ise, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen iklim verileri WOFOST modele girilerek kısa, orta ve uzun dönemler için verim değerleri tahmin edilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

### Çorlu Pınarbaşı Havzası Olası İklim Değişikliği Sonuçları

Çorlu Pınarbaşı Havzası için olası iklim değişikliği belirlenirken öncelikle referans 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonuna ait TÜMAS'dan elde edilen ölçülmüş iklim verileri ile RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen veriler karşılaştırılarak havza için kullanılabilirliğine bakılmış, daha sonra ise kısa, orta ve uzun dönemler olası iklim değişikliği tahmin edilerek elde edilen sonuçlara aşağıda yer verilmiştir.

#### Referans (1970-1990) dönem sıcaklık ve yağış değerleri

1970-1990 yılları arası ölçülen ve RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve yağış verileri sırasıyla Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Çizelge 3 ve Çizelge 4'te karşılaştırılarak gösterilmiştir. Buna göre, ortalama sıcaklık verileri 1970-1990 yılları arasında model referans verileri ile 12,97 °C ve Çorlu Meteoroloji İstasyonu ölçülen verileri ile 12,57 °C dolayısıyla 0,4 °C'lik bir sapma ile tahmin edilmiştir. Toplam yağış verileri ise 1970-1990 yılları arasında model referans verileri ile 660 mm ve Çorlu Meteoroloji İstasyonu ölçülen verileri ile 559 mm dolayısıyla 101 mm'lik bir sapma ile tahmin edilmiştir (Çizelge 3 ve Çizelge 4). Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık değerlerinin t testinin "Sig.(2-tailed)" değeri 0,887>0,05 olduğundan ve yağış değerlerinin t testinin "Sig.(2-tailed)" değeri 0,359>0,05 olduğundan her iki testte de %95 güvenle ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık ve yağış değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Bu sonuçlar doğrultusunda gelecek yıllar için yapılan tahminlerde havza için RegCM3 Bölgesel İklim Modeli iklim verileri, sonuçlarının kullanılmasının uygun olduğu, modelin iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. Benzer şekilde, Kapur ve ark., (2007), TERCH-RAMS adlı bölgesel iklim modeli ile Çukurova Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, ortalama sıcaklıkta 0,82 °C ve toplam yağışta 96 mm farkla tahmin etmişlerdir.

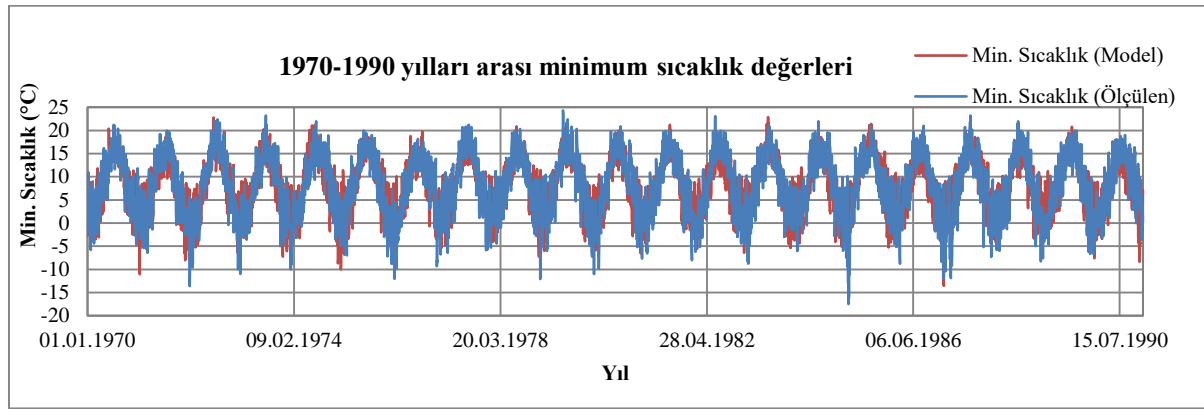
#### Kısa, orta ve uzun dönem sıcaklık ve yağış değerlerinin modellenmesi

Çorlu Pınarbaşı Havzası gelecek yıllar olası iklim değişikliği için RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen sonuçlar için Çizelge 3'e bakıldığında kısa dönemde model referans yıllarına göre ortalama 0,27 °C, orta dönemde ortalama 1,43 °C ve uzun dönemde ise ortalama 3,05 °C sıcaklık farkı olacağı tahmin edilmiştir.



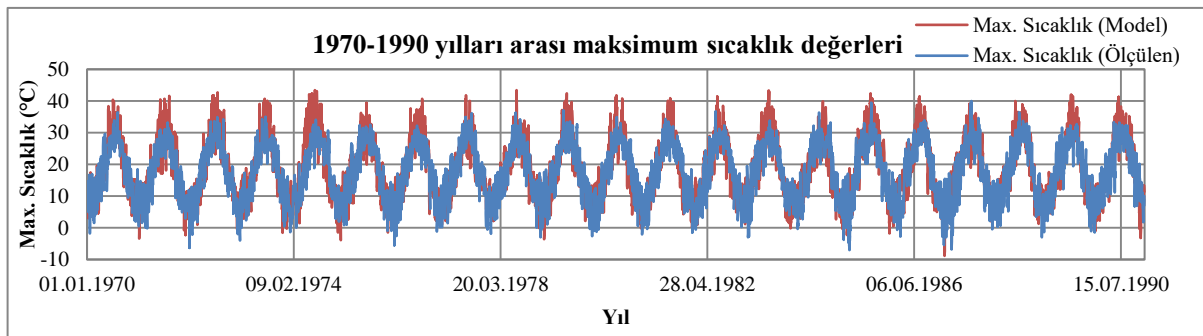
Sıcaklık değerlerinin referans yıllara göre kısa dönemde azalma, orta ve uzun dönemde ise artma eğiliminde olduğu tahmin edilmiştir. IPCC'nin 2007 yılında yayınladığı raporda Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5 °C ile 4 °C artacağı tahmin edilmektedir. Önel ve ark. (2009), RegCM3 Bölgesel İklim modeli ile A2 simülasyonuna göre, Türkiye üzerinde sıcaklıklardaki en dramatik değişimin, yaz mevsiminde Ege Bölgesi üzerindeki 5 ila 6 °C'ler arasındaki artış olacağını, kış ayları dışındaki mevsimlerde artışın 3 ile 4 °C arasında değişeceğini ve gelecek simülasyonundaki minimum artışın kış mevsiminden 2 ile 3 °C olacağını hesaplamışlardır. Ayrıca Demir ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, Türkiye ve bölgesinde sıcaklıkların yüzyılın sonunda artacağını öngörmüşlerdir. Söz konusu artışı Türkiye üzerinde kötümser senaryoya göre 4 - 6 °C, iyimser senaryoya göre ise 1 - 3,5 °C olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada gelecek periyotta sıcaklıklarda her ne kadar azalma varmış gibi gözükse de bu durumun en yakın gelecek periyot olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Yapılan araştırmalarda öngörülen tahminlerle, orta ve uzak gelecekte aynı doğrultuda tahminlerde bulunulmuştur.

Çorlu Pınarbaşı Havzası gelecek yıllar olası iklim değişikliği için RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen sonuçlar için Çizelge 4'e bakıldığında kısa dönemde model referans yıllarına göre toplam yağışın 87 mm artacağı (%13), orta dönemde toplam yağışın 91 mm azalacağı (%14) ve uzun dönemde toplam yağışın 78 mm azalacağı (%12) tahmin edilmiştir. Demir ve ark. (2010), bölgesel ve alansal olarak farklılık göstermekle birlikte yağışlarda genelde %10 - %40 arasında azalma olacağını tahmin etmişlerdir. Kısa vadede toplam yağışın %13 artacağı gözükse de bu durumun en yakın gelecek periyot olmasından kaynaklandığı ve 10'ar yıllık tüm dönemler analiz edildiğinde eğilimin azalan yönde olacağı tahmin edilmektedir.



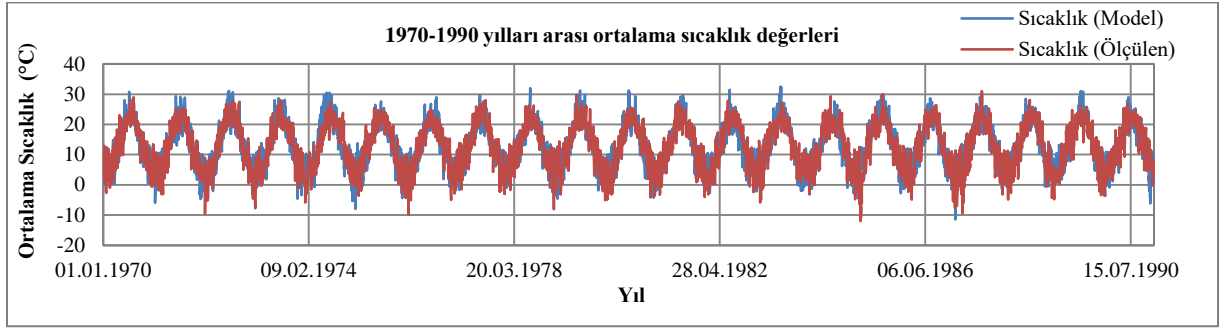
Şekil 2. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli minimum sıcaklık (°C) değerleri

Figure 2. Corlu Meteorology Station and RegCM3 Regional Climate Model minimum temperature (°C) values



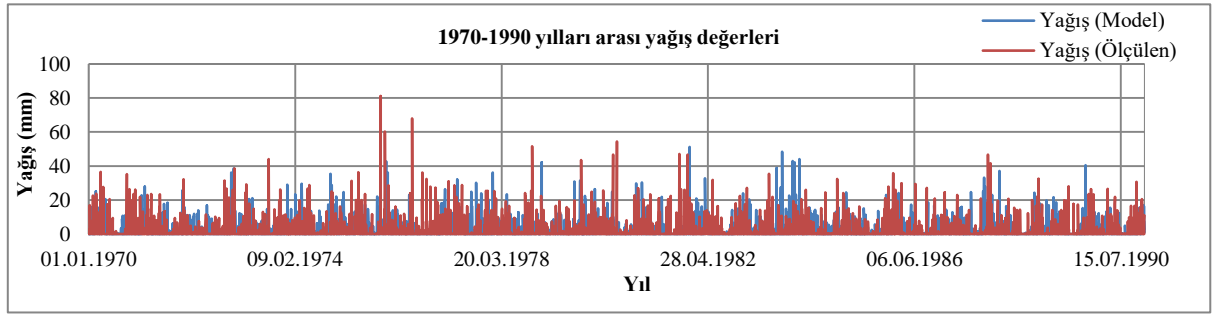
Şekil 3. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli maksimum sıcaklık (°C) değerleri

Figure 3. Corlu Meteorology Station and RegCM3 Regional Climate Model maximum temperature (°C) values



Şekil 4. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ortalama sıcaklık (°C) değerleri

Figure 4. Çorlu Meteorology Station and RegCM3 Regional Climate Model average temperature (°C) values between 1970-1990



Şekil 5. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli yağış (mm) değerleri

Figure 5. Corlu Meteorology Station and RegCM3 Regional Climate Model precipitation (mm) values between 1970-1990



**Çizelge 3. 1970-1990 yılları Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ortalama sıcaklıklarının (°C) karşılaştırılması**

**Table 3. 1970-1990 Comparison of Corlu Meteorological Station and RegCM3 Regional Climate Model average temperature (°C)**

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Çorlu Meteoroloji İstasyonu Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (1970-1990)	3,37	3,90	6,32	11,28	15,77	20,22	22,18	21,51	18,39	13,50	8,89	5,48	12,57
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (1970-1990)	4,73	6,35	8,36	11,60	16,06	20,84	23,07	21,86	17,42	11,90	8,06	5,40	12,97
Çorlu Meteoroloji İstasyonu ile RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990)	1,36	2,45	2,04	0,32	0,29	0,62	0,89	0,35	-0,97	-1,60	-0,83	-0,08	-0,40
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri kısa (2020-2030) dönem	5,02	5,58	7,93	12,03	16,22	21,07	23,65	22,33	17,52	12,63	7,56	5,59	12,70
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990 ile 2020-2030) yılları arası	0,29	-0,77	-0,43	0,43	0,16	0,23	0,58	0,47	0,10	0,73	-0,50	0,19	-0,27
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri orta (2046-2055) dönem	6,23	7,17	9,19	12,93	17,41	23,30	25,32	23,16	18,56	13,95	9,02	6,54	14,40
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990 ile 2046-2055) yılları arası	1,50	0,82	0,83	1,33	1,35	2,46	2,25	1,30	1,14	2,05	0,96	1,14	1,43
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri uzun (2076-2085) dönem	8,16	8,35	10,44	13,90	19,23	24,45	26,85	25,37	22,43	15,34	9,45	8,24	16,02
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990 ile 2076-2085) yılları arası	3,43	2,00	2,08	2,30	3,17	3,61	3,78	3,51	5,01	3,44	1,39	2,84	3,05

**Çizelge 4. 1970-1990 yılları Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli aylık ortalama toplam yağışın (mm) karşılaştırılması****Table 4. Comparison of monthly average total rainfall (mm) of 1970-1990 in Çorlu Meteorology Station and RegCM3 Regional Climate Model)**

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.	Toplam
Çorlu Meteoroloji İstasyonu Ortalama Yağış (mm) Değerleri (1970-1990)	63	46	50	44	48	39	26	17	26	53	77	70	47	559
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri (1970-1990)	92	77	60	61	69	32	23	14	26	55	79	72	55	660
Çorlu Meteoroloji İstasyonu ile RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990)	29	31	10	17	21	-7	-3	-3	0	2	2	2	8	101
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri kısa (2020-2030) dönem	97	67	76	67	53	44	22	20	25	40	114	94	60	747
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990 ile 2020-2030) yılları arası	5	-10	16	6	-16	12	-1	6	-1	-15	35	22	5	87
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri orta (2046-2055) dönem	70	64	63	61	51	21	10	14	24	41	89	61	47	569
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990 ile 2046-2055) yılları arası	-22	-13	3	0	-18	-11	-13	0	-2	-14	10	-11	-8	-91
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri uzun (2076-2085) dönem	116	63	55	59	48	22	14	10	12	36	76	73	49	582
RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990 ile 2076-2085) yılları arası	24	-14	-5	-2	-21	-10	-9	-4	-14	-19	-3	1	-6	-78

#### Referans, Kısa, Orta ve Uzun Dönem ETo Sonuçları

İklim değişikliğinin verime etkisinin AquaCrop Model ile belirlenebilmesi için öncelikle referans (2016-2017), kısa, orta ve uzun dönemler için Çorlu Pınarbaşı Havzasında buğday tarlalarında ETo değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu kısımda öncelikle referans, kısa, orta ve uzun dönemler için ETo değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 5'te gösterilmiştir. Buna göre referans dönemi ortalama ETo değeri 2,4 mm'dir. 2016-2017 dönemi en düşük ETo değeri 07.01.2017 ve 08.01.2017 tarihlerinde 0,2 mm, en yüksek ETo değeri 01.07.2017 tarihinde 9,3 mm olarak hesaplanmıştır. Kısa, orta ve uzun dönemlerde ise en düşük ETo değerlerinin her üç dönemde de sırası ile 0,1-0,3-0,3 mm olacağı tahmin edilmiştir. Kısa dönem ortalama ETo değeri 2,4 mm, orta dönem ETo değeri 2,8 mm ve uzun dönem ortalama ETo değeri 2,9 mm olarak tahmin edilmiştir. Çorlu Pınarbaşı

Havzası 1970-1990 yılları arası sıcaklık verilerine göre RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ile yapılan tahminlerde ortalama sıcaklıkların kısa dönemde 0,27 °C azalacağı, orta dönemde 1,43 °C ve uzun dönemde ise 3,05 °C artacağı ve toplam yağışların kısa dönemde %13 artacağı, orta dönemde %14 ve uzun dönemde ise %12 azalacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla iklim değişikliği ile birlikte sıcaklığın artması ve yağış değerlerinin azalması ile ETo değerleri ilişkili olduğundan, 2016-2017 yıllarında ortalama ETo değerlerinin yakın gelecek için değişmeyeceği, orta dönemde 2,8 mm'ye (%16) ve uzun dönemde ise 2,9 mm'ye (%20) çıkacağı tahmin edilmektedir. Özkul ve ark. (2008), Gediz ve Büyük Menderes havzalarında yaptıkları çalışmalarında bitki su ihtiyaçlarının (potansiyel evapotranspirasyonun) 2030, 2050 ve 2100 yılları için sırasıyla yaklaşık olarak %10, %15 ve %30 oranında artacağını tahmin etmişlerdir. Benzer şekilde Şen ve ark. (2008), Seyhan Havzası'nda etkin yağışlarda ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma, buna karşın bitki su gereksiniminde artış olacağını öngörmüşlerdir. Ayrıca Deveci (2015)'de de benzer artışlar söz konusudur.

Çizelge 5. 2016-2017 ve gelecek yıllar ETo sonuçları (mm gün<sup>-1</sup>)

Table 5. ETo results for 2016-2017 and future years (mm day<sup>-1</sup>)

ETo (mm gün <sup>-1</sup> )	Referans Dönem (2016-2017)	Kısa Dönem (2020-2030)	Orta Dönem (2046-2055)	Uzun Dönem (2076-2085)
Ortalama	2,4	2,4	2,8	2,9
En Düşük	0,2	0,1	0,3	0,3
En Yüksek	9,3	9,5	9,5	9,5

#### AquaCrop ve WOFOST Modeller ile Verim Tahmini Sonuçları

İklim değişikliğinin verime etkisinin AquaCrop ve WOFOST Modelleri ile belirlenebilmesi için 2016-2017 yılı için hesaplanan verim değerleri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve devamında buğday bitkisi için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de kısa, orta ve uzun dönem verim değerleri tahmin edilerek sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

#### 2016-2017 dönemi ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri

Buğday bitkisi için verim değerinin gelecek yıllar için modellenmesi aşamasında öncelikle 2016-2017 yılı ölçülen verim ile tahmin edilen verim değerleri karşılaştırılmış ve Çizelge 6'daki değerler elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve tahmin edilen verim değerlerinin %1,87 - %8,30'luk sapma aralığı ve 11,4 - 48,4 kg mutlak hata aralığı ile tahmin edildiği görülmüştür.

Çizelge 6. Ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri

Table 6. Measured and simulated yields

Model	Yer	Ölçülen Verim Değeri (kg da <sup>-1</sup> )	Tahmin Edilen Verim Değeri (kg da <sup>-1</sup> )	Tahmin Derecesi (Sapma) (%)	Mutlak Hata (kg da <sup>-1</sup> )
AquaCrop Model	Akıncılar	500	531	6,18	30,9
	Sofular	610	621	1,87	11,4
	Çövenli	640	664	3,70	23,7
WOFOST Model	Akıncılar	500	542	8,30	41,5
	Sofular	610	567	-7,11	43,4
	Çövenli	640	592	-7,56	48,4

#### Buğday veriminin AquaCrop Model ve WOFOST Model ile kısa, orta ve uzun dönemler için simülasyonu

Buğday için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de AquaCrop ve WOFOST Modeller ile kısa, orta ve uzun dönem verim tahminleri ve 2016-2017 döneminden sapmalar hesaplanarak Çizelge 7'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7. Referans döneme göre kısa, orta ve uzun vadede AquaCrop ve WOFOST modeli ile tahmin edilen buğday verimlerinde meydana gelecek değişimler****Table 7. Short- medium- and long-term forecasted wheat yields by AquaCrop and WOFOST Model against reference period**

Model	Yer	Verim (kg da <sup>-1</sup> )				2016-2017 yılına göre sapma (%)		
		Referans Dönem (2016-2017)	Kısa Dönem (2020-2030)	Orta Dönem (2046-2055)	Uzun Dönem (2076-2085)	Kısa Dönem (2020-2030)	Orta Dönem (2046-2055)	Uzun Dönem (2076-2085)
AquaCrop Model	Akıncılar	500	630	553	743	26	11	49
	Sofular	610	739	403	572	21	-34	-6
	Çövenli	640	848	789	989	32	23	55
WOFOST Model	Akıncılar	500	658	695	631	32	39	26
	Sofular	610	678	686	625	11	12	2
	Çövenli	640	597	630	606	-7	-2	-5

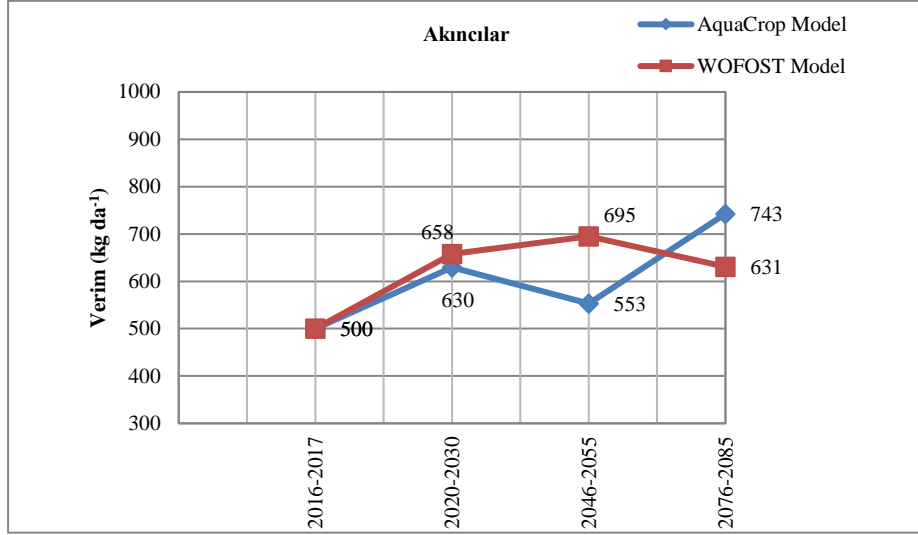
Çizelge 7 incelendiğinde, AquaCrop Modelde en yüksek verim artışı Çövenli uzun dönemde, en düşük verim değeri Sofular'da orta dönemde görülebileceği, WOFOST modelde ise en yüksek verim artışının Akıncılar'da orta dönemde, en düşük verim değerinin ise kısa dönemde Çövenli'de görülebileceği tahmin edilmektedir.

Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki gelecek yıllar verim tahminleri değerlendirildiğinde, AquaCrop Modelde Akıncılar ve Çövenli'de, WOFOST Modelde ise Akıncılar ile Sofular'da benzer eğilim gözlenmektedir (Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8). AquaCrop Modelde Akıncılar ve Çövenli'de aynı eğilimin görülmesi Çizelge 8 ile açıklanabilir. Her üç dönemde de yağışlar ve sıcaklıklar artmaktadır. Bununla birlikte Akıncılar ve Çövenli'de verim de artmaktadır. Çünkü bu iki bölgede de fenolojik gelişim yaklaşık olarak aynıdır. Sofular'da fenolojik gelişimden dolayı (çiçeklenme döneminin daha uzun olmasından) yağış ve sıcaklığın artmasına karşılık orta ve uzun dönemlerde verim değerleri düşmüştür. Yakın gelecekte yani kısa dönemde çok etkisi olmamasının nedeni ise yağış miktarının burada %31 oranında artış göstermesi olarak açıklanabilir. AquaCrop Modelde yağışın sıcaklığa göre daha etkili bir parametre olduğu yapılan hassasiyet analizleri sonrasında belirlenmiştir (Konukcu ve ark., 2019). Bununla beraber, Deveci (2015) bu durumu yaptığı çalışmada “verim üzerinde yağışın sıcaklıktan daha etkili olduğu gözlenmiştir” şeklinde belirtmiştir. Ayrıca Kapur ve ark. (2007), yağışın toprak neminin birincil kaynağı olup; kurak bölgelerde bitki verimine etki eden en önemli etken olduğunu vurgulamışlardır.

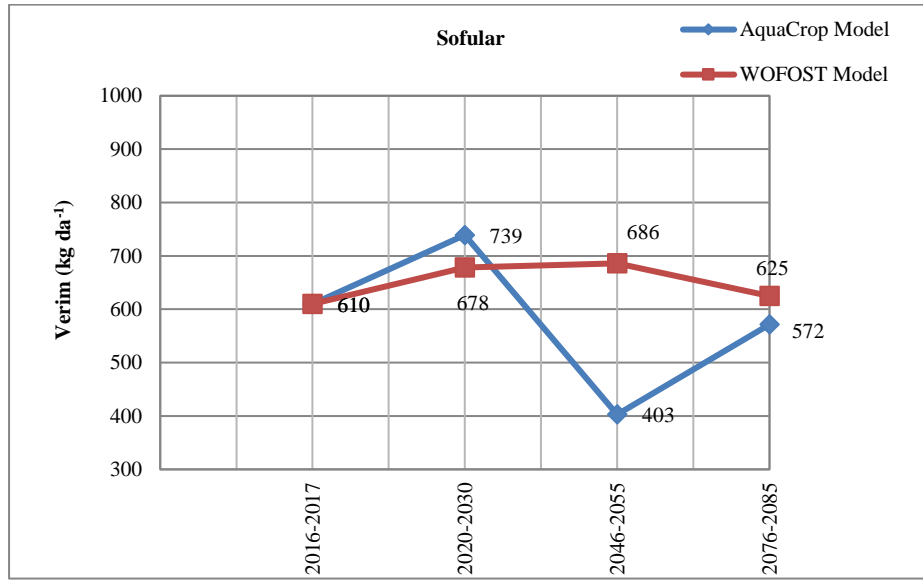
WOFOST Modelde Akıncılar ile Sofular'da benzer eğilim göstermesinin nedenini ise şu şekilde açıklamak mümkündür. Kalibrasyon aşamasında bu iki yerde kullanılan parametreler T<sub>SUM1</sub> (ilk çıkıştan çiçeklenmeye olan termal sıcaklıklar toplamı) ve T<sub>SUM2</sub> (çiçeklenmeden olgunluğa kadar olan termal sıcaklıklar toplamı)'dir. Çövenli'de ise bunlara ek olarak 3. parametre verimi yükseltebilmek için kullanılan AMAXTB (ürünün gelişme evresinin bir fonksiyonu olarak maksimum yaprak CO<sub>2</sub> asimilasyon hızı) devreye girmektedir. Bu parametrenin kullanılması ile birlikte Çövenli'de gelecek yıllarda eğilim azalma yönünde değişmektedir.

Her iki modelde oranlar değişiklik göstermekle birlikte ortak sonuç olarak Akıncılar'da üç dönemde ve Sofular'da ilk dönemde verim artışları gözlenecektir. Bu artışların AquaCrop Modelde %11 - %49 aralığında, WOFOST Modelde ise %11 - %39 aralığında olacağı tahmin edilmiştir. Deveci (2015), buğday veriminde vejetasyon dönemi kısıtlımı dikkate alınmadan AquaCrop Model ile yaptığı çalışmada Akıncılar'da %50'nin üzerinde, Çövenli'de ise yaklaşık %23 ile %41 oranlarında verim artışları gözleneceğini tahmin etmiştir. Bulunan sonuçlar çalışmada elde edilenler ile uyumludur.

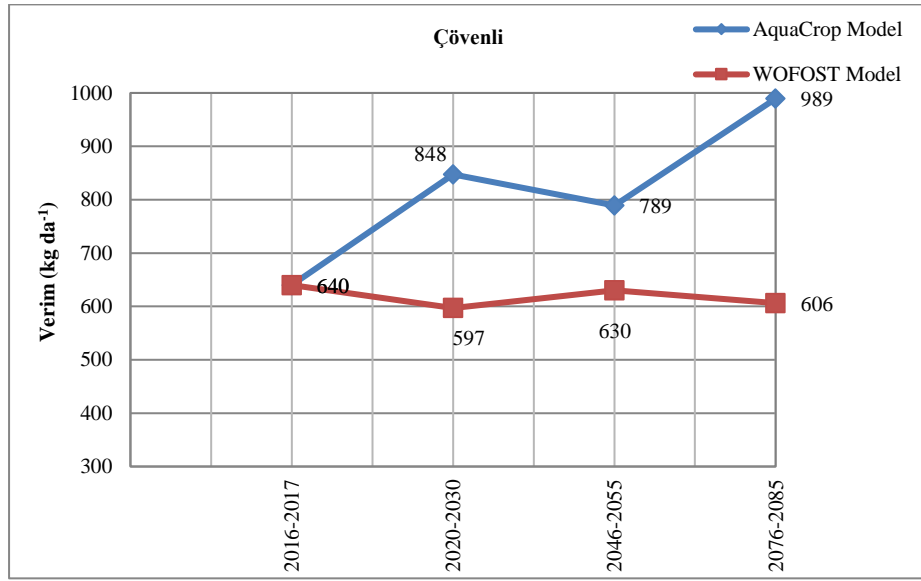
Yine her iki modelde meydana gelen verim düşüşleri yer ve dönem olarak farklılıklar göstermektedir. AquaCrop Modelde göre Sofular'da orta ve uzun dönemlerde sırası ile %34 ve %6 oranlarında, WOFOST Modelde ise Çövenli'de her üç dönemde %2 - %7 oran aralığında verim azalışları meydana geleceği tahmin edilmektedir.



Şekil 6. Akincilar alt havzası gelecek yıllar verim tahminleri  
Figure 6. Forecasted future wheat yields for Akincilar watershed



Şekil 7. Sofular alt havzası gelecek yıllar verim tahminleri  
Figure 7. Forecasted future wheat yields for Sofular watershed



Şekil 8. Çövenli alt havzası gelecek yıllar verim tahminleri

Figure 8. Forecasted future wheat yields for Çövenli watershed

Her ne kadar buğday için verim artışı yüksek gibi görünse de Trakya Bölgesi'nde buğday verimi bazı yıllarda dekara 670 kg ile 700 kg'a kadar çıkmaktadır (Çaldağ, 2009). Ayrıca Çaldağ (2009) yaptığı "Trakya Bölgesi'nin Tarımsal Meteorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi" adlı doktora tez çalışmasında öncelikle meteorolojik değişkenlerin tek başına ve ikili kombinasyonlar halinde değişimlerini incelemiştir. Buna göre örneğin Kırklareli'nde buğdayın, (Rg+ $\%30$ ; CO<sub>2</sub>x4) kombinasyonuna yani güneş radyasyonunun  $\%30$  ve CO<sub>2</sub> miktarının 4 kat arttığı durumda dane veriminin  $\%67$ 'nin üzerinde artış tepkisi vereceğini öngörmüştür. Hassasiyet analizleri, kışlık buğdayın özellikle yağış azalmasına olumsuz verim tepkileri vereceğini göstermiştir. Söz konusu azalış, başka değişkenlerle olan kombinasyonlarda şiddetini arttırmakta olup, (T+5; P- $\%40$ ) kombinasyonu yani sıcaklığın 5 derece artması ve yağışın  $\%40$  azalması durumunda Tekirdağ'da dane veriminin  $\%57$  oranında düşmesine sebebiyet vereceğini öngörmüştür. Küresel CO<sub>2</sub> artışları, birçok hassasiyet uygulamasının dikkat çekici sonuçlarına kaynak teşkil etmiştir. Edirne'de kışlık buğday verimi (T-1; CO<sub>2</sub>x4) kombinasyonu yani sıcaklığın 1 derece düşmesi ve CO<sub>2</sub> miktarının 4 kat arttığı durumda  $\%75$ 'e varan bir dane verimi artış tepkisi verdiği tahmin edilmiştir. Çizelge 8'de yıllara göre yağış dağılımı incelendiğinde baz aldığımız 2016-2017 döneme göre RegCM3'ün geleceğe yönelik yağış verilerinin AquaCrop Modele girilmesi ile kısa dönemde Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de buğdayın yetiştirme dönemi boyunca yağışlar ortalama  $\%31$  oranına varan artışlar göstermiştir. Buna göre çalışmada yağışlarda  $\%31$  oranına varan artışların olduğu ve CO<sub>2</sub> miktarının A2 senaryosuna göre 2 kat arttığı göz önüne alındığında, araştırma alanında verim artışlarının görülmesi normal olarak değerlendirilmiştir.

Çaldağ (2009), 2071-2100 yılları arasında CERES-Wheat Modelini kullanarak Kırklareli'de ve Edirne'de kışlık buğday veriminin sırasıyla ortalama  $\%9$  ve  $\%30$  artacağını, Tekirdağ'da ise  $\%13$  oranında azalacağını belirlemiştir. Bu çalışmada 1975-2005 yılına kadar uzun yılların buğday üretimi ortalamasını Kırklareli'de 274,1 kg da<sup>-1</sup>, Edirne'de 288,0 kg da<sup>-1</sup> ve Tekirdağ'da 329,0 kg da<sup>-1</sup> almış ve bu değerleri CERES-Wheat Modelinin çıktıları ile karşılaştırarak Kırklareli için (282,7 kg da<sup>-1</sup>)  $\%3,14$ , Edirne için (245,3 kg da<sup>-1</sup>)  $\%14,83$  ve Tekirdağ için (359,7 kg da<sup>-1</sup>)  $\%9,33$  oranında bağıl hata ile tahmin yapmıştır.

Çizelge 8. AquaCrop Modele göre gelecek yıllar buğday ortalama verim, yağış ve sıcaklık değerleri ile 2016-2017 döneminden sapma miktarları

Table 8. Comparison of future simulated wheat yields by AquaCrop, precipitation and temperature data with 2016-2017 data

Buğday	Referans Dönem (2016-2017)	Kısa Dönem (2020-2030)	Orta Dönem (2046-2055)	Uzun Dönem (2076-2085)	Kısa Dönem (2020-2030)	Orta Dönem (2046-2055)	Uzun Dönem (2076-2085)
				Verim (kg da <sup>-1</sup> )	2016-2017 dönemine göre sapma (%)		
Akıncılar	500	630	553	743	26	11	49
Sofular	610	739	403	572	21	-34	-6
Çövenli	640	848	789	989	32	23	55
				Yağış (mm)	2016-2017 dönemine göre sapma (%)		
Akıncılar	453	591	457	482	31	1	6
Sofular	453	591	457	482	31	1	6
Çövenli	460	601	465	490	31	1	6
				Sıcaklık (°C-gün)	2016-2017 dönemine göre sapma (%)		
Akıncılar	2558	2615	3006	3295	2	18	29
Sofular	2612	2670	3065	3357	2	17	29
Çövenli	2541	2600	3005	3303	2	18	30

Kapur 2010 yılında yaptığı çalışmada Adana-99 buğday çeşidi için sıcaklıktaki 1 °C artış için çiçeklenmeye dek geçen sürenin 5, olgunluğa dek geçen sürenin ise 9 gün kısalacağını gözlemlemiştir. Bu çalışmada gelecek dönem tahminlerinde vejetasyon dönemi kısıtlımı dikkate alınmamış ve 2016-2017 yetiştirme dönemi baz alınmıştır. Bu nedenle verim değerlerinde artışlar görülmesi beklenti dahilindedir. Ayrıca özellikle orta ve uzun dönemde olası iklim değişikliği ile sıcaklık değerinin sırasıyla 1,43 °C ile 3,05 °C arttığı göz önüne alındığında buğday için yetiştirme dönemi kısalacak ve verim değerlerinin de yüzde olarak daha az artış gösterebileceği ihtimal dahilinde olacaktır. Ayrıca Kapur ve ark. (2007), bitki verimliliği için yağışın mevsimsel dağılımının bozulmasının, toplam yağışın azalmasından daha da etkili olabileceğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda, uzun dönemde diğer yıllara göre yağış rejiminin oldukça düzensizleşmesinden dolayı en büyük verim artışlarının bu dönemde oluşması normal olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak buğday veriminde vejetasyon dönemi kısıtlımı dikkate alınmadan AquaCrop Model ile Akıncılar ve Çövenli’de %50’ye varan verim artışları, Sofular’da ise yaklaşık %6 - %34 oranlarında verim azalışları tahmin edilirken, WOFOST Modelde Akıncılar’da %40’a, Sofular’da %12’ye varan artışlar, Çövenli’de ise %2 - %7 aralığında verim azalışları olacağı modellenmiştir.

## Sonuç

Yapılan bu çalışma ile RegCM3 Bölgesel İklim Modeli kullanılarak Trakya Bölgesi’nde Meriç-Ergene Havzası’nda yer alan Çorlu Pınarbaşı Havzası’nda kısa, orta, uzun dönemlerde iklim değişimi tahmini yapılmış, olası iklim değişikliğinin buğday bitki verimine etkisi modellenmiştir.

Kısa dönemde model referans yıllarına göre ortalama 0,27 °C sıcaklık azalışı, orta dönemde ortalama 1,43 °C ve uzun dönemde ise ortalama 3,05 °C sıcaklık artışı olacağı ayrıca toplam yağışın kısa dönemde 87 mm (%13) artacağı, orta dönemde 91 mm (%14) ve uzun dönemde 78 mm (%12) azalacağı tahmin edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile araştırma alanının da iklim değişikliğinden gelecek yıllar boyunca etkileneceği öngörülmüştür. Geçmiş yıllara oranla gelecek dönemlerde sıcaklıkların artacağı ve özellikle uzak yıllarda ise yağışların azalacağı sonucuna varılmıştır. İklim değişikliğinin etkileri tüm dünyada olduğu gibi araştırma alanında da şimdiden gözlenmektedir ve gelecekte de daha etkin bir şekilde hissedileceği tahmin edilmektedir. İlgili makamlarca kısa, orta ve uzun vadede ortak stratejiler belirlenip, uygulanarak, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, iklim değişikliğine karşı hassasiyeti azaltmak ana amaç olarak belirlenmelidir.

İklim değişikliğinin tarımsal üretime etkisinin belirlenmesi kapsamında, AquaCrop Model ile verim tahminlerinin yapılabilmesi için öncelikle ETo Calculator ile ETo değerleri hesaplanmıştır. İklim değişikliği ile birlikte sıcak ve yağış değerlerinin değişmesiyle ETo değerleri ilişkili olduğundan 2016-2017 yıllarında ortalama ETo değerinin (2,4 mm) yakın gelecek için değişmeyeceği, orta dönemde 2,8 mm’ye (%16) ve uzun dönemde ise 2,9 mm’ye (%20) çıkacağı tahmin edilmektedir. Verim tahmini yapabilmek için 2016-2017 dönemi içinde Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzaları buğday çiftçi tarlalarından elde edilen verim değerleri, AquaCrop ve



WOFOST Modellerde hesaplanan verim değerleri ile karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Buna göre ölçülen ve tahmin edilen verim değerlerinin %1,87 - %8,30'luk sapma aralığı ve 11,4 - 48,4 kg da<sup>-1</sup> mutlak hata aralığı ile tahmin edildiği görülmüştür. Daha sonra ise buğday bitkisi için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri ile kısa, orta ve uzun dönemler için verim değerleri tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada olası iklim değişikliğinin buğday veriminde vejetasyon dönemi kısılamı dikkate alınmadan AquaCrop Modelde Akıncılar ve Çövenli'de %50'ye varan verim artışları, Sofular'da ise yaklaşık %6 ile %34 oranlarında verim azalışları gözleneceği, WOFOST Modelde ise Akıncılar'da %40'a ve Sofular'da %12'ye varan verim artışları, Çövenli'de ise %2 - %7 aralığında verim azalışlarının gözleneceği tahmin edilmiştir. Bu durumda günümüz koşullarında tarım arazilerinin sanayileşme, konutlaşma gibi nedenlerle gittikçe azalması ile birlikte nüfusun da ne oranda artacağı önemlidir. Çünkü nüfusun hızla artması ile birlikte su ve besin maddelerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ayrıca Trakya Bölgesi şu haliyle buğdayda potansiyele yakın verim elde edilen ender tarım arazilerine sahiptir. İklim değişikliğinden de çok fazla etkilenmeden Türkiye için stratejik bir bölge olarak önemini arttıracakı düşünülmektedir. Dolayısıyla arazi kullanım değişikliğinin engellenmesi ile birlikte tarım arazilerinin diğer sektörlere kaydırılmasına şiddetle karşı çıkılması gerekmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından NKUBAP.03.GA.16.063 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynakça/References

- Andarzian, B., Bannayan, M., Steduto, P., Mazraeh, H., Barati, M. E., Barati, M. A., Rahnama, A. (2011). Validation and testing of the AquaCrop Model under full and deficit irrigated wheat production in Iran. *Agricultural Water Management*. 100: 1-8.
- Anonim, (2012). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Tekirdağ İl Müdürlüğü veri bankası.
- Bakanogullari, F., Yesilkoy, S., Akataş, N., Saylan, L., Çaldağ, B. (2017). Modelling the adaptation capabilities of sunflower and winter wheat to crop rotation and possible climatic change in Thrace. *International Scientific*. 135.
- Boogaard, H. L., Van Diepen, C. A., Rotter, R. P., Cabrera, J. M. C. A., Van Laar, H. H. (1998). *WOFOST 7.1; user's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5* (No. 52). SC-DLO.
- Bregaglio, S., Frasso, N., Pagani, V., StellaT., Francone, C., Cappelli, G., Acutis, M., Balaghi, R., Ouabbou, H., Paleari, L., Confalonieri, R. (2015). New multi-model approach gives good estimations of wheat yield under semi-arid climate in Morocco. *Agron. Sustain. Dev*. 35: 157-167.
- Çaldağ, B. (2000). *Meteorolojik faktörlerin bitki gelişimine etkilerinin bitki iklim modelleri ile belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Çaldağ, B. (2009). *Trakya Bölgesi'nin tarımsal meteorolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Çaldağ, B., Şaylan, L., Özgür, E., Semizoğlu, E., Çaylak, O., Özkoca, Y. (2012). Comparison of two crop simulation for the estimation of winter wheat growth and yield in northwest Turkey. *BALWOIS 2012 - Ohrid, Republic of Macedonia - 28 May, 2 June 2012*.
- Dalfes, N., Karaca, M., Şen, Ö. L., Kindap, T., Önal, B., Turunçoğlu, U. U., Bozkurt, D., Fer, İ., Akın, H. S., Çankur, R., Ural, D., Kılıç, G., Coşkun, M., Demir, İ. (2008). Türkiye için iklim değişikliği senaryoları, TÜBİTAK. Proje No:105G015. <http://gaia.itu.edu.tr/>, (erişim tarihi: 19.11.2018).
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M. (2008). PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye için iklim öngörülleri: HADAMP3 SRES A2 senaryosu. *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart, 365-373, İstanbul*.
- Demir, İ., Kılıç, G., Alan, D., Tüvan, A., Demirbaş, H. (2010). Bölgesel iklim modeli projeksiyonları ve önemi, *I. Meteoroloji Sempozyumu*. Ankara. 2010. 195-208.
- Deveci, H. (2015). *Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin yüzey su kaynakları, toprak nemi ve bitki verimine etkisinin modellenmesi*. Doktora Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 210 s, Tekirdağ.
- Deveci, H., Konukcu, F. (2016). Prediction of climate change and its impact on water resources and crop yields in Ergene river basin. *Integrated land use management modeling of Black Sea estuaries (ILMM-BSE): Ergene River Basin*. Tekirdağ. 269-282.
- Deveci, H., Konukcu, F. (2019). Çorlu Pınarbaşı Havzasının bazı havza karakteristiklerinin ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) yardımı ile belirlenmesi. *Hasat Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi, Bildiriler Kitabı, 21-23 Haziran, Ankara, Türkiye, 1067-1085*.
- İklimSu, (2016). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, *Proje Nihai Raporu, Yönetici Özeti*, 67 s. [http://iklim.ormansu.gov.tr/ckfinder/userfiles/files/iklim\\_Nihai%20Rapor\\_YoneticisiOzeti.pdf](http://iklim.ormansu.gov.tr/ckfinder/userfiles/files/iklim_Nihai%20Rapor_YoneticisiOzeti.pdf), (erişim tarihi: 27.01.2019).
- Kale, S., Tarı, A. F. (2012). Sulu ve kuru koşullar altında kışlık buğday için FAO-AQUACROP modelinin performansının değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 2: 119-131.
- Kanber, R., Kapur, B., Ünlü, M., Tekin, S., Koç, L. D. (2008). İklim değişiminin tarımsal üretim sistemleri üzerine etkisinin değerlendirilmesine yönelik yeni bir yaklaşım: ICCAP projesi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi. Ankara*. 83-94.
- Kapur, B., Topaloğlu, F., Özfidaner, M., Koç, M. (2007). Çukurova Bölgesi'nde küresel iklim değişikliği ve buğday verimliliği üzerine etkilerine genel bir yaklaşım. *Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Sempozyumu*, 18-20 Ekim, Konya.
- Kapur, B. (2010). *Artan CO<sub>2</sub> ve küresel iklim değişikliğinin Çukurova Bölgesi'nde buğday verimliliği üzerine etkileri*. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Koç E. M. (2011). *İklim değişikliğinin tarıma olası etkilerinin WOFOST bitki iklim modeli ile araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Konukcu, F., Deveci, H., Altürk, B. (2017). Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin matematiksel modellerle tahmin edilmesi. *BAP projesi*. Tekirdağ. NKUBAP.03.GA.16.063. <http://hdl.handle.net/20.500.11776/2959>, (erişim tarihi: 25.01.2019).
- Konukcu, F., Deveci, H., Altürk, B. (2019). Buğday verim tahmininde AquaCrop ve WOFOST modeller ile iklim parametrelerindeki değişime karşı hassasiyetin belirlenmesi. *Hasat Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi, Bildiriler Kitabı, 21-23 Haziran, Ankara, Türkiye, 1054-1066*.
- Mishra, S. K., Shekh, A. M., Yadav, S. B., Kumar, A., Patel, G. G., Pandey, V., Patel, H. R. (2013). Simulation of growth and yield of four wheat cultivars using WOFOST Model under middle Gujarat Region. *Journal of Agrometeorology*, 15 (1): 43-50.

- Mkhabela, M. S., Bullock, P. R. (2012). Performance of the FAO AquaCrop Model for wheat grain yield and soil moisture simulation in Western Canada. *Agricultural Water Management*, 110: 16-24.
- Önol, B., Ünal, Y. S., Dalfes, H. N. (2009). İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. *İTÜ Dergisi*, 8 (5): 169-177.
- Özkul, S., Fıstıkoğlu, O., Harmancıoğlu, N. (2008). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin Büyük Menderes ve Gediz havzaları örneğinde değerlendirilmesi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*. Ankara, 309-322.
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... Dubash, N. K. (2014). Climate change 2014: synthesis report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. R. Pachauri and L. Meyer (editors). Geneva, Switzerland, IPCC, 151 p., ISBN: 978-92-9169-143-2.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. (2009). AquaCrop—the FAO crop model to simulate yield response to water. *FAO Land and Water Division*, FAO, Rome.
- Raes, D. (2012). *The ETo calculator. Reference Manual Version 3.2*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Singh, A., Saha, S., Mondal, S. (2013). Modelling irrigated wheat production using the FAO, AquaCrop Model in West Bengal India for sustainable agriculture. *Irrigation and Drainage*. 62: 50-56.
- Şaylan, L., Çaldağ, B., Bakanogulları, F., Çaylak, O., Koç, E. M., Özkoca, Y., Semizoğlu, E., Karayusufoğlu, S., Özgür, E., Gürbüz, M. A., Günay, S. (2011). Project "analysis of climate change effects on crop growth by crop simulation models". *EMS Annual Meeting Abstracts*, Vol. 8, EMS2011-744, 11th EMS / 10th ECAM.
- Şen, B., Topçu, S., Giorgi, F., Xunqiang, B., Kamt, E. G., Dalkılıç, T. (2008). Seyhan Havzasında iklim değişikliğinin tarımsal su kullanımına etkileri. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, Ankara, . 71-82.
- Şen, Ö. L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., Dündar, B., Altürk, B. (2013). Türkiye'de iklim değişikliği ve olası etkileri. 3. *Taşkın Sempozyumu*. 29-30 Nisan 2013.
- Şimşek, O., Mermer, A., Yıldız, H., Özaydın, K. A., Çakmak, B. (2007). Türkiye'de buğdayın verim tahmini. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 13 (3): 299-307.
- Tripathy, R., Chaudhari, K. N., Mukherjee, J., Ray, S. S., Patel, N. K., Panigrahy, S., Parihar, J. (2013). Forecasting wheat yield in Punjab state of India by combining crop simulation model WOFOST and remotely sensed inputs. *Remote Sensing Letters*. Vol. 4(1): 19–28.
- Wolf, J., De Wit, A. (2003). Calibration of WOFOST crop growth simulation model for use within CGMS. *Report, RIZA, SC. DLO*. Wageningen, the Netherlands.

## Determination of Plant Height for Crop and Weed Discrimination by Using Stereo Vision System

Ürün ve Yabancı Ot Ayrımı için Stereo Görme Sistemi Kullanılarak Bitki Yüksekliğinin Belirlenmesi

Ömer Barış ÖZLÜOYMAK<sup>1</sup>

### Abstract


The stereo vision experiments were conducted under the laboratory conditions by using LabVIEW programming language. An artificial crop plant and six types of artificial weed samples were used in the experiments. The information related to the plant height is a relevant feature to classify the crop plant and weed, especially in the early growth stage. A binocular stereo vision system was established by using two identical webcams with parallel optical axes and a laptop computer to discriminate the artificial crop plant and six types of weeds correctly. The calculated depth values were compared with the physical measurements for the same points. While the measurement error of the system was less than 3.50% for the artificial crop plant, it was less than 4.20% for six artificial weed samples. There were also strong, positive and significant linear correlations between the stereo vision and physical height measurements for artificial crop plant and weed samples. Calculated correlation values ( $R^2$ ) between the stereo vision and physical height measurements were 0.962 for the artificial crop plant and 0.978 for the artificial weed samples, respectively. That stereo vision system could be integrated into automatic spraying systems for intra-row spraying applications.

**Keywords:** 3D depth measurement, LabVIEW, Spraying, Stereo vision, Weed

### Öz

Stereo görme denemeleri, LabVIEW programlama dili kullanılarak laboratuvar koşullarında yapılmıştır. Denemelerde, yapay bir ürün bitkisi ile altı tür yapay yabancı ot örneği kullanılmıştır. Bitki yüksekliği ile ilgili bilgi; özellikle ilk büyüme döneminde, ürün bitkisi ile yabancı otların sınıflandırılması için önemli bir özelliktir. Yapay ürün bitkisi ile altı tür yabancı otu doğru şekilde birbirlerinden ayırt etmek için paralel optik eksenli iki özdeş web kamerası ve bir dizüstü bilgisayar kullanılarak, bir binoküler stereo görme sistemi geliştirilmiştir. Hesaplanan derinlik değerleri, aynı noktalardan alınan fiziksel ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Sistemin ölçüm hatası; yapay ürün bitkisi için %3.50'den az iken, altı tane yapay yabancı ot örneği için %4.20'den az olmuştur. Yapay ürün bitkisi ve yabancı ot örnekleri için stereo görme ile fiziksel yükseklik ölçümleri arasında; güçlü, pozitif ve anlamlı doğrusal bir korelasyon vardır. Stereo görme ve fiziksel yükseklik ölçümleri arasındaki hesaplanan korelasyon değeri ( $R^2$ ), yapay ürün bitkisi için 0.962; yapay yabancı ot örnekleri için ise 0.978'dir. Bu stereo görme sistemi, sıra üzeri ilaçlama uygulamaları için otomatik ilaçlama sistemlerine entegre edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** 3D derinlik ölçümü, LabVIEW, İlaçlama, Stereo görme, Yabancı ot

<sup>1</sup>**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ömer Barış Özlüoymak, Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, 01330 Sarıcam/Adana, Turkey. E-mail: ozluoymak@cu.edu.tr,  OrcID: 0000-0002-6721-0964

**Atıf/Citation:** Özlüoymak, Ö. B. Determination of plant height for crop and weed discrimination by using stereo vision system. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), xx-xx.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2019

Nowadays, machine vision on spraying systems has been successfully used for weed segmentation. Widespread use of smart sprayers has improved spraying efficiencies and reduced the negative impact of agrochemical inputs on the environment. Farmers and consumers tend to consume natural and organic foods with no or limited traces of toxic chemicals.

Recently herbicide usage is reduced significantly through inter-row application in weed control without damaging the environment and compromising on efficacy by using new technologies, such as optical sensors and machine vision. Real-time site-specific herbicide application systems were tested and evaluated under laboratory and field conditions with the help of agricultural robots and automation (Yang et al., 2002; Yang et al., 2003; Timmermann et al., 2003; Jafari et al., 2006a; Loghavi and Mackvandi, 2008; Tellaeche et al., 2008; Shirzadifar et al., 2013; Loni et al., 2014; Gonzalez-de-Soto et al., 2016; Özluoymak et al., 2019).

Although various studies have been introduced on inter-row weed control systems, not much research has been conducted on intra-row weed sensing applications based on robotics operated by machine vision algorithms. Both the crop and the weed are green, they cannot be separated from each other by using colour-based image processing techniques. That's why 2D imaging using a single camera is inadequate for identifying crops and weeds in automatic spraying systems.

3D imaging, which is used by electromagnetic energy for describing surfaces and spatial objects, is especially preferred to non-destructive testing and remote sensing applications. Stereo vision, structured light systems, Time-of-Flight, light-field imaging and laser scanning methods could be classified under three-dimensional imaging methods (Li et al., 2017; Xiong et al., 2017).

In order to obtain 3D imaging of greenhouse plants, Li et al. (2017) established a stereo vision system using portable low-cost cameras. And the imaging accuracy under different baseline settings was investigated. Piron et al. (2011) described a coded, structured-light method to acquire high-quality stereoscopic images of small-scale field scenes. In that study, stereoscopic data was used to differentiate weeds from the crop. While the classification accuracy was 66% without correction, it reached up to 83% with the help of the corrected plant height. Xia et al. (2009) proposed a three-dimensional leaf position measurement method by using stereo vision on the agricultural autonomous robot guidance system. But the measurement accuracy error between real and calculated depths reached up to 10% during the experiments. To reconstruct the 3D canopy structure of rape seedlings, Xiong et al. (2017) established a stereo vision system. Plant height and leaf area could be extracted by using that stereo-imaging system. While the mean absolute percentage error of automatic leaf area measurements was 3.68%, the mean absolute percentage error of plant height measurements was 6.18% compared with the manual measurements. And the squares of the correlation coefficients ( $R^2$ ) were found 0.984 and 0.845, respectively. To measure plant features from a single top-view image and a disparity map, Lin et al. (2011) developed a non-destructive stereo vision system. The three-dimensional features such as plant height and volume were estimated. While the  $R^2$  value was 0.9185 for plant volume, it was 0.9046 for plant height. The estimation errors for volume and plant height were determined as  $13.0 \pm \%8.7$  and  $10.1 \pm \%8.6$ , respectively. Andersen et al. (2005) mentioned the potential use of stereo vision system under controlled conditions for analysis of the geometric properties of wheat plants. Whereas leaf area and plant height could be correctly estimated by using this method, some parameters such as growth stages, different plant canopy geometries, etc. still needs to be proven under the actual field conditions.

In this study, stereo vision-based 3D depth measurement for differentiating the artificial crop plants from weeds was investigated and evaluated. A binocular stereo vision platform equipped with double identical top-view cameras was established and controlled by a laptop computer in an indoor laboratory. Even though various techniques have been used for weed segmentation in the robotic weed control systems, not much research has been carried out by using the stereo imaging technique as mentioned before. The stereo vision results were compared with the physical measurement results. It was observed that developed binocular stereo vision system can estimate the depth of artificial crop and weeds accurately and it looks reliable for the use of automatic spraying systems.

## Materials and Methods

### Material

The proposed stereo vision platform was established in the automation laboratory at the Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering of Çukurova University, Turkey. The whole hardware assembly of the stereo vision system is depicted in Figure 1.

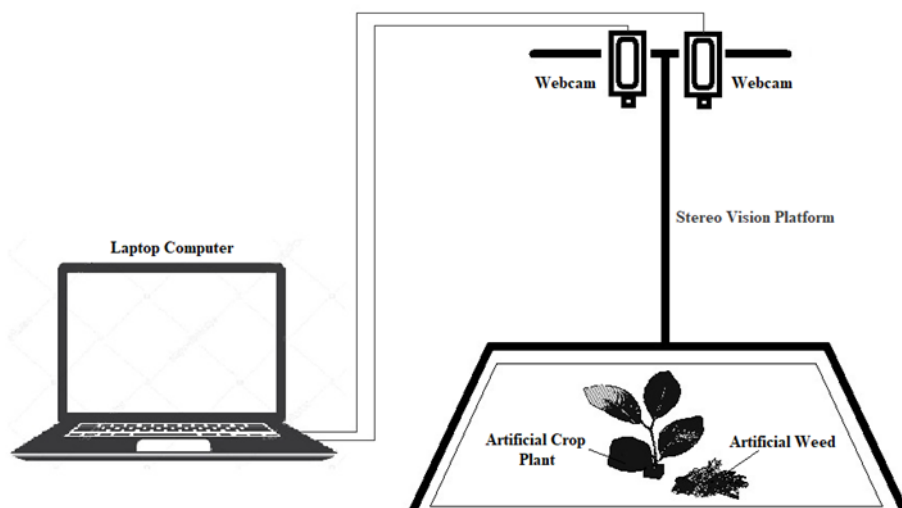


Figure 1. The binocular stereo vision system

The stereo image system was designed and set up by using two webcams (Logitech C270) located parallel to each other. While the working distance between the artificial plants and lens was 385 mm, the baseline distance between the camera lenses was 70 mm. Cameras, which had 4 mm focal length and a resolution of  $640 \times 480$  pixels, were equipped with CMOS sensors. The processing unit of the real-time stereo vision system was a laptop computer (Acer, Aspire E15) with 4 GB RAM and an Intel Core i5-5200U CPU. An image processing software for the depth measurements of both the artificial crop plant and artificial weeds was developed using the LabVIEW (National Instruments Corporation, Austin-Texas-USA) programming language.

An artificial crop plant and a total of 6 artificial weeds were used as an experiment subject to compare the actual depth measurements with the stereo vision measurements.

### Method

As mentioned before, various studies have been introduced on inter-row weed detection and the greenness method was used to distinguish green objects in the image. Many researchers used the same method on their studies (Yang et al., 2002; Yang et al., 2003; Jafari et al., 2006b; Shirzadifar et al., 2013; Loni et al., 2014; Sabancı and Aydın, 2014; Sabancı and Aydın, 2017; Özlüoymak et al., 2019). The purpose of this method is to detect the greenness of the colour. However, colour methods used to distinguish the green objects from the background (i.e. soil, etc.) doesn't work for intra-row weed management because crop plants and weeds are in the same colour.

The most important parameter for distinguishing the crop plant and weed from each other is the plant height method especially in the early stage of growth. Binocular stereo vision is more important method than the other imaging methods at the automatic plant classification for crop/weed discrimination in the intra-row site-specific spraying process applied only onto the weed. The obtained depth information would be valuable for controlling the spraying applications.



## Stereo vision

A stereo vision system was developed in order to calculate the artificial crop plant and weed heights. Real-time images were obtained with the help of two identical webcams under a constant light source. The flow diagram of three-dimensional depth map construction was shown in Figure 2.

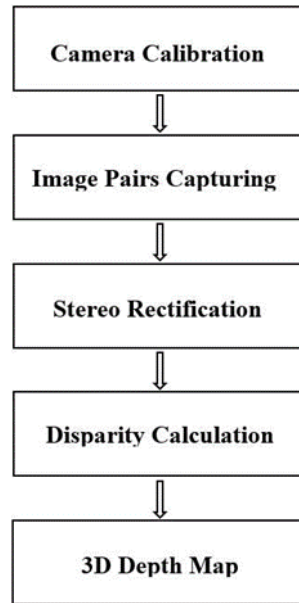


Figure 2. Software flow chart of a three-dimensional depth map

The accuracy of three-dimensional depth map reconstruction depends on the camera calibration, stereo rectification and disparity calculation. Two sets of images were taken for the calibration process, (for left and right calibrations) each containing five images. A pattern with 16x12 array of dots was used to calibrate the cameras. It was affixed to a flat board to ensure accurate camera calibration. And image pairs were acquired by changing the pattern orientation to calculate both the distortion of the image and the exact spatial relationship between two cameras as shown in Figure 3.

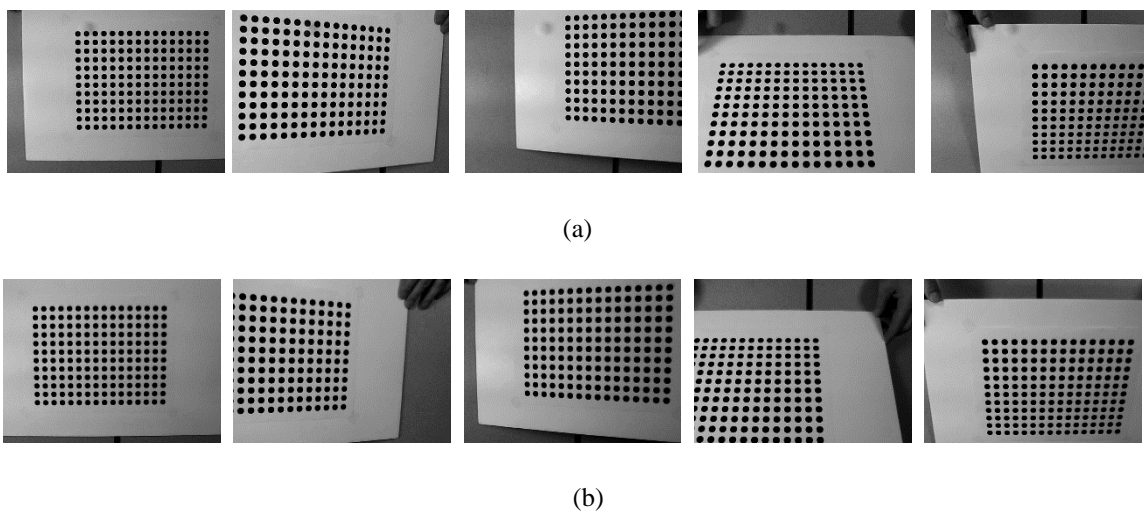


Figure 3. Stereo vision calibration process (a) Left camera calibrations, (b) Right camera calibrations



The calibrated image was used in the stereo rectification to rectify the image pairs. To remove the lens distortions and obtain the standard configuration, stereo rectification process was carried out. Especially first and last horizontal lines should be imbricated with dots on the lines to verify the stereo rectification as shown in Figure 4.

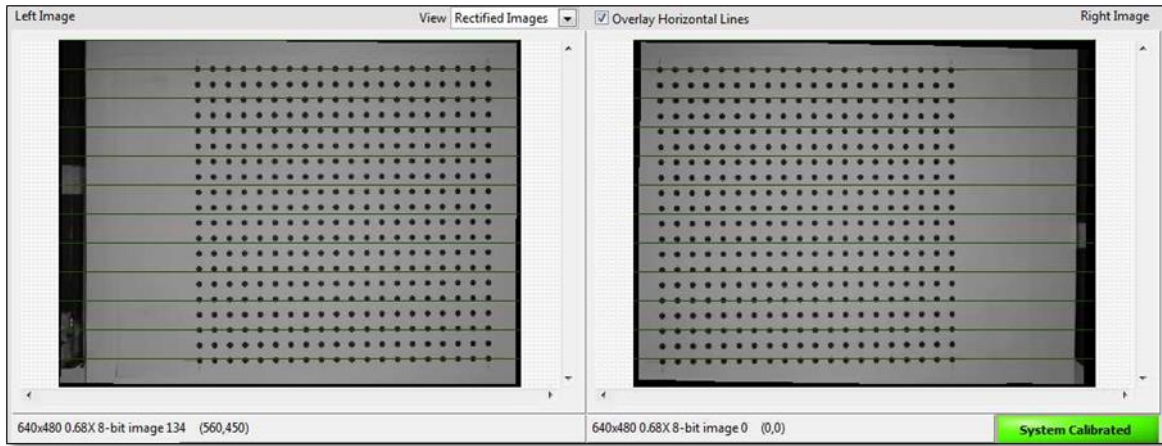


Figure 4. The rectification process on the pattern images

In the last step, disparity calculation was carried out and a 3D depth map was achieved with the help of the binocular stereo system. Holonec et al. (2014) mentioned that disparity information is a linear function of the depth information. Xia et al. (2009) stated that the triangulation method could be used for calculating the depth information (the distance between the object and camera optical centre) of an object with the help of the binocular vision system. Stereo vision system principle of a binocular stereo vision setup was illustrated as shown in Figure 5 (Holonec et al., 2014).

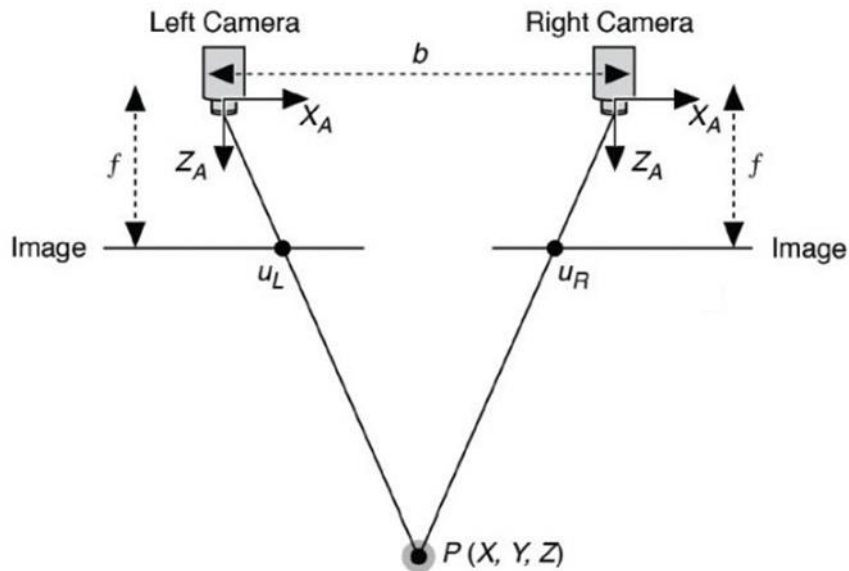


Figure 5. Stereo vision system principle

where  $f$  is the focal length of both cameras;  $b$  is the distance between the two cameras (baseline);  $X_A$  and  $Z_A$  are the X-axis and the optical axis of a camera, respectively;  $U_L$  and  $U_R$  are the projections of a scene point on the two image planes;  $P(X, Y, Z)$  is a real-world point (Xia et al., 2009; Holonec et al., 2014).

$$U_L = f \times \frac{X}{Z} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$U_R = f \times \frac{(X - b)}{Z} \quad \text{Eq. (2)}$$

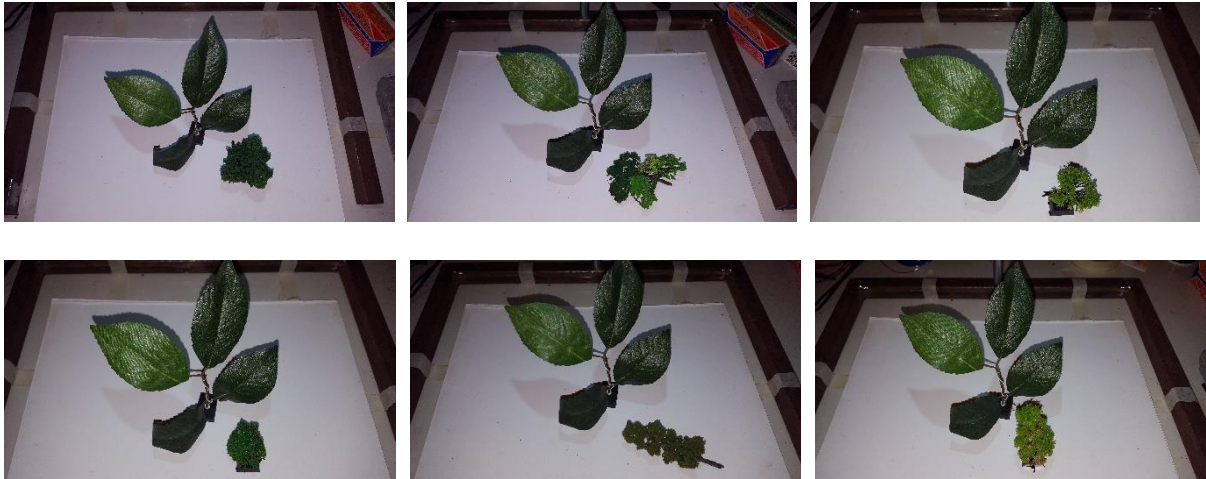
$$\text{Disparity} = U_L - U_R = f \times \frac{b}{Z} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\text{Depth} = Z = f \times \frac{b}{\text{Disparity}} \quad \text{Eq. (4)}$$

The disparity can be defined as the distance between the two projected points. By using the disparity value, the depth information (the distance between the stereo vision system and the real-world point) was calculated (Xia et al., 2009; Lin et al., 2011; Holonec et al., 2014; Li et al., 2017). In order to calculate the disparity value from the NI Vision library, Semi-Global Block-Matching algorithm was used (Birchfield and Tomasi, 1999).

### Results and Discussion

All experiments were performed in the laboratory conditions to verify the accuracy performance of the binocular stereo vision system. Two identical webcams were used for capturing image pairs and the image resolution was 640 by 480 pixels. An artificial crop plant and six artificial weed samples were chosen for the experiments as shown in Figure 6.



**Figure 6.** Locations of artificial crop plant and weeds at the stereo vision system

By using Equation 4, the depth image map was simultaneously constructed from the image pairs. The depth information was revealed by comparing the disparity and image pairs. Images acquired from two webcams and the depth map during the experiments were shown in Figure 7 and Figure 8, respectively. These image pairs and depth maps were obtained for artificial crop plant and weed samples standing next to each other to simulate intra-row weed sensing applications.



Figure 7. Captured image pairs from left and right cameras

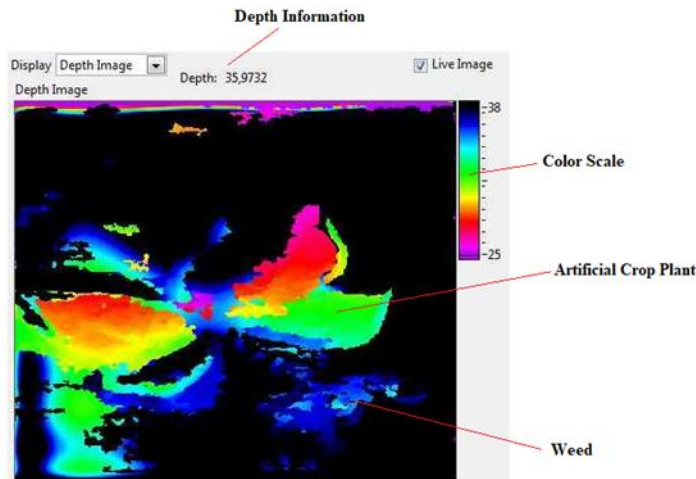


Figure 8. The depth map obtained during the experiments

Measurements were carried out both by using the depth map and physically. Some region of interest for the artificial crop plant and six artificial weed samples were determined and measurements were taken from the relevant regions. As shown in Table 1 and Table 2; while the measurement error was less than 3.50% for the artificial crop plant, the measurement error was less than 4.20% for six artificial weed samples. According to the results, the binocular stereo vision system was reliable and acceptable for the intra-row spraying applications with an extremely high degree of measurement accuracy.

Table 1. Depth comparison between stereo vision and physical measurements for artificial crop plant

Region	Stereo Vision (cm)	Physical Measurement (cm)	Error (%)
1	25.91	25.63	1.09
2	27.72	27.68	0.13
3	30.17	30.80	2.04
4	28.65	27.74	3.27
5	29.31	28.68	2.19
6	30.38	30.92	1.75
7	32.25	31.18	3.41
8	32.27	32.42	0.45
9	33.69	34.42	2.11
10	34.25	33.63	1.87
11	34.35	34.18	0.49
12	34.65	34.92	0.75

**Table 2. Depth comparison between stereo vision and physical measurements for artificial weeds**

Artificial Weed	Region	Stereo Vision (cm)	Physical Measurement (cm)	Error (%)
1	1	34.64	33.68	2.85
	2	32.77	32.18	1.83
	3	33.77	33.24	1.57
2	1	37.58	37.13	1.22
	2	34.75	34.18	1.65
	3	37.41	36.80	1.66
3	1	35.73	34.30	4.17
	2	33.81	33.13	2.07
	3	36.65	35.80	2.39
4	1	37.17	36.36	2.22
	2	35.14	34.68	1.31
	3	37.78	36.80	2.67
5	1	37.33	36.30	2.84
	2	34.78	34.24	1.58
	3	36.65	35.80	2.37
6	1	36.39	35.80	1.64
	2	32.19	31.80	1.22
	3	36.38	35.63	2.11

Bivariate correlation analysis method was applied to the obtained data according to the stereo vision and physical height measurements of the artificial crop plant and the artificial weeds. Pearson correlation analysis results were given in Table 3 for the artificial crop plant measurements and in Table 4 for the artificial weed measurements, respectively.

**Table 3. Correlation analysis results for the artificial crop plant measurements**

Correlations <sup>b</sup>			
		Stereo Vision	Physical Measurement
Stereo Vision	Pearson Correlation	1	.981**
	Sig. (2-tailed)		.000
Physical Measurement	Pearson Correlation	.981**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

b. Listwise N=36

**Table 4. Correlation analysis results for the artificial weed measurements**

Correlations <sup>b</sup>			
		Stereo Vision	Physical Measurement
Stereo Vision	Pearson Correlation	1	.989**
	Sig. (2-tailed)		.000
Physical Measurement	Pearson Correlation	.989**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

b. Listwise N=54

As shown in Table 3 and Table 4; there were very strong, positive and significant linear correlations ( $p < 0.01$ ) between the stereo vision and physical height measurements. Correlation coefficients (R) were calculated as 0.981 for the artificial crop plant and 0.989 for artificial weeds. Accordingly, it can be said that as the stereo imaging measurements increase, the physical measurements will increase. Scatter diagrams

showing the linear correlations between the stereo vision and physical height measurements for the artificial crop plant and artificial weeds were also given in Figure 9 and Figure 10, respectively. While the calculated correlation value ( $R^2$ ) between the stereo vision and physical height measurements for the artificial crop plant was 0.962, it was 0.978 for artificial weeds.

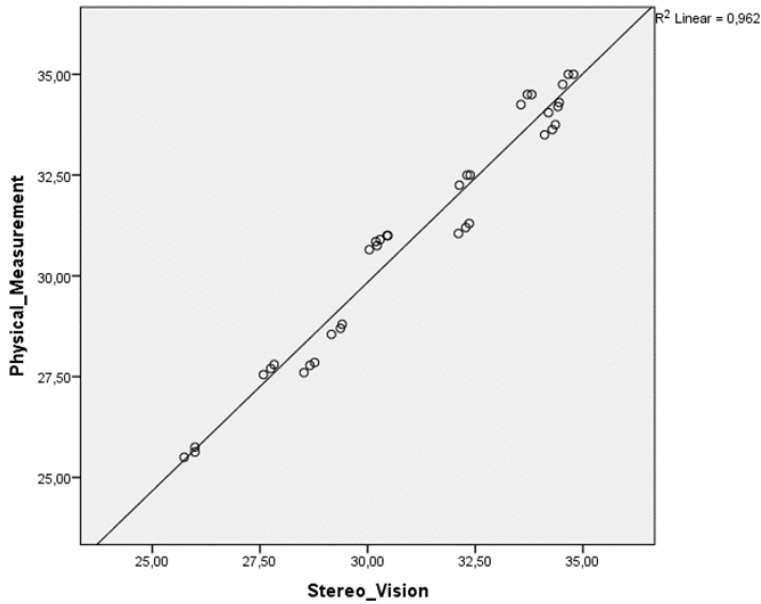


Figure 9. The correlation between the stereo vision and physical measurements for artificial crop plant

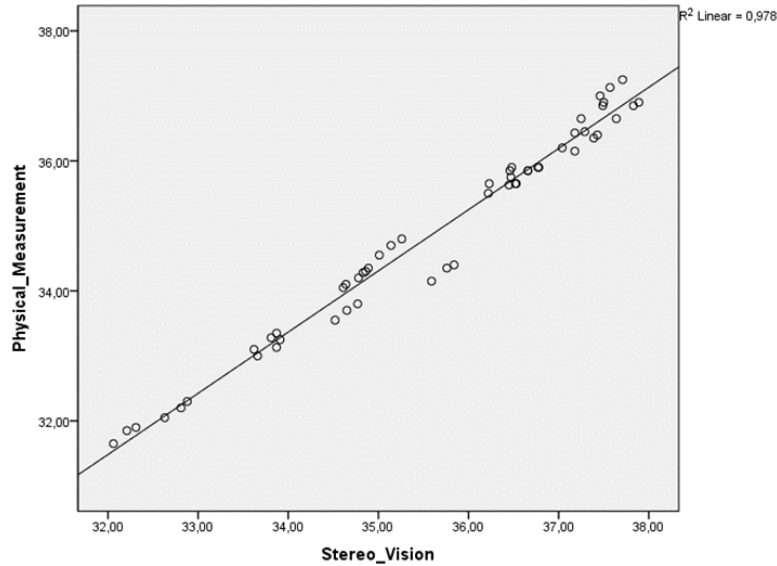


Figure 10. The correlation between the stereo vision and physical measurements for artificial weeds

### **Conclusions**

In this study; a stereo vision system consisted of two identical and parallel cameras was designed and developed for determining the plant height measurement accuracy. A LabVIEW based image processing software was developed to acquire the depth information belonging to the artificial crop plant and weeds. The acquired image pairs were used to measure the distance between the artificial plants and stereo vision system. The experimental results showed that developed stereo vision system was found to be successful at measuring the depth information and it could be used on intra-row automatic site-specific spraying systems.

This study will be a model for researchers, who aim to work on stereo vision systems, and it will have a positive effect on spraying system design in agricultural vehicles for real-time applications.

## References

- Andersen, H.J., Reng, L., Kirk, K. (2005). Geometric plant properties by relaxed stereo vision using simulated annealing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 49, 219–232.
- Birchfield, S., Tomasi, C. (1999). Depth discontinuities by pixel-to-pixel stereo. *International Journal of Computer Vision*, 35(3), 269–293.
- Gonzalez-de-Soto, M., Emmi, L., Perez-Ruiz, M., Aguera, J., Gonzalez-de-Santos, P. (2016). Autonomous systems for precise spraying-evaluation of a robotised patch sprayer. *Biosystems Engineering*, 146, 165-182.
- Holonec, R., Copindean, R., Dragan, F., Dan Zahara, V. (2014). Object tracking system using stereo vision and LabVIEW algorithms. *Acta Electrotehnica*, 55(1-2), 71-76.
- Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Jahromi, H.E., Omid, M. (2006a). Weed detection in sugar beet fields using machine vision. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8(5), 602-605.
- Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Jahromi, H.E., Omid, M. (2006b). Color segmentation scheme for classifying weeds from sugar beet using machine vision. *Iranian Journal of Information Science & Technology*, 4(1), 1-12.
- Li, D., Xu, L., Tang, X., Sun, S., Cai, X., Zhang, P. (2017). 3D imaging of greenhouse plants with an inexpensive binocular stereo vision system. *Remote Sensing*, 9, 508, 1-27.
- Lin, T., Lai, T., Liu, C., Cheng, Y. (2011). A three-dimensional imaging approach for plant feature measurement using stereo vision. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 7(2), 153-158.
- Loghavi, M., Mackvandi, B.B. (2008). Development of a target oriented weed control system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63: 112-118.
- Loni, R., Loghavi, M., Jafari, A. (2014). Design, development and evaluation of targeted discrete-flame weeding for inter-row weed control using machine vision. *American Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(1), 17-30.
- Özlüoymak, Ö.B., Bolat, A., Bayat, A., Güzel, E. (2019). Design, development, and evaluation of a target oriented weed control system using machine vision. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43, 164-173.
- Piron, A., Van der Heijden, F., Destain, M.F. (2011). Weed detection in 3D images. *Precision Agriculture*, 12, 607–622.
- Sabancı, K., Aydın, C. (2014). Image processing based precision spraying robot. *Journal of Agricultural Sciences*, 20, 406-414.
- Sabancı, K., Aydın, C. (2017). Smart robotic weed control system for sugar beet. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19, 73-83.
- Shirzadifar, A.M., Loghavi, M., Raoufat, M.H. (2013). Development and evaluation of a real time site-specific inter-row weed management system. *Iran Agricultural Research*, 32(2), 39-54.
- Tellaèche, A., Burgos-Artizzub, X.P., Pajaresa, G., Ribeiro, A. (2008). A vision-based method for weeds identification through the bayesian decision theory. *Pattern Recognition Society*, 41, 521-530.
- Timmermann, C., Gerhads, R., Kühbauch, W. (2003). The economic impact of site-specific weed control. *Precision Agriculture*, 4, 249-260.
- Xia, C., Li, Y., Chon, T., Lee, J. (2009). A stereo vision based method for autonomous spray of pesticides to plant leaves Paper presented at the IEEE *International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009)*, Seoul-Korea, 909-914.
- Xiong, X., Yu, L., Yang, W., Liu, M., Jiang, N., Wu, D., Chen, G., Xiong, L., Liu, K., Liu, Q. (2017). A high-throughput stereo-imaging system for quantifying rape leaf traits during the seedling stage. *Plant Methods*, 13(7), 1-17.
- Yang, C., Prasher, S.O., Landry, J., Kok, R. (2002). A vegetation localization algorithm for precision farming. *Biosystems Engineering*, 81(2), 137-146.
- Yang, C., Prasher, S.O., Landry, J., Ramaswamy, H.S. (2003). Development of an image processing system and a fuzzy algorithm for site-specific herbicide applications. *Precision Agriculture*, 4, 5-18.