

**TOPRAK SU DERGİSİ**

**SOIL WATER JOURNAL**

**ISSN: 2146-7072**  
**E-ISSN: 2148-5534**

CİLT  
VOLUME **9**

SAYI  
NUMBER **1**

**2020**



TUBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veri Tabanı (Tarım Bilimleri)  
Tarafından taranmaktadır.

Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agricultural Sciences  
Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik Tarafından  
Yayımlanmaktadır.

Published by TUBİTAK-ULAKBİM Turkish JournalPark  
Academic Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik EBSCO Tarafından  
taranmaktadır.

Indexed by Turkish JournalPark Academic EBSCO Database.

# TOPRAK SU DERGİSİ

## SOIL WATER JOURNAL

**Yayın Sahibinin Adı / Published by**  
**Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Adına**  
**Enstitü Müdürü**

On behalf of the Central Research Institute of Soil Fertilizer and Water Resources  
Director of Institute  
Aynur ÖZBAHÇE

**Editör / Editör-in-Chief**  
Mesut YILDIRIR

**Yardımcı Editör / Editör-in-Chief**  
Atilla POLAT

**Yayın Kurulu / Editorial Board**  
Suat AKGÜL, Pınar BAHÇECİ ALSAN, Oğuz BAŞKAN, Esin ERDOĞAN, Sevinç USLU KIRAN,  
Hesna ÖZCAN, İlknur YURDAKUL

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor**  
Fahri KAYAALP

**Yayın Türü :** Yaygın Süreli Yayın  
Type of Publication: Widely Distributed Periodical

**Yayın Dili :** Türkçe ve İngilizce  
Language: Turkish and English

**Hakemli bir dergidir**  
Peer reviewed journal

**Yılda iki kez yayınlanır**  
Published two times a year

**ISSN : 2146-7072**  
**E-ISSN : 2148-5534**

**Kapak Tasarım :** Hüseyin Oğuzhan BEŞEN  
**Grafik Tasarım :** Filiz ERYILMAZ

**Basım Tarihi (Gün/Ay/Yıl)/Yeri:** 27 Mart 2020 Tarım ve Orman Bakanlığı - Eğitim ve Yayın Dairesi  
Başkanlığı İvedik Caddesi Bankacılar Sokak No: 10 Yenimahalle, Ankara Türkiye

**Yayın İdare Merkezi Adresi (Postal Addresses) :** Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.  
İstanbul Yolu Üzeri, No : 32, 06170, Yenimahalle, Ankara - TÜRKİYE.

**Yayın İdare Merkezi Tel :** (+90 312) 315 65 60 **Belgegeçer / Fax :** (+90 312) 315 29 31

**E-posta / E-mail :** editor@topraksudergisi.gov.tr

**Dergi Web Sayfası / Journal Home Page :** http://www.topraksudergisi.gov.tr

Soil Water Journal  
toprak su.  
dergisi

**CİLT 9**  
Volume

**2020**

**SAYI 1**  
Number

**ISSN : 2146-7072**  
**E-ISSN : 2148-5534**

**DANIŞMA KURULU\* (Advisory Board)\***

Sevinç ARCAK-Ankara Üniversitesi  
Tayfun AŞKIN-Ordu Üniversitesi  
Melahat AVCI-Ankara Üniversitesi  
Köksal AYDINŞAKIR-Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü  
İhami BAYRAMİN-Ankara Üniversitesi  
Recep ÇAKIR-Onsekiz Mart Üniversitesi  
İsmail ÇAKMAK-Sabancı Üniversitesi  
Gökhan ÇAYCI-Ankara Üniversitesi  
Öner ÇETİN-Dicle Üniversitesi  
Orhan DENGİZ-Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Hatice DUMANOĞLU-Ankara Üniversitesi  
Günay ERPUL-Ankara Üniversitesi  
Fikret EYÜPOĞLU-Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Emekli)  
Sait GEZGİN-Selçuk Üniversitesi  
Coşkun GÜLSER- Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Aydın GÜNEŞ-Ankara Üniversitesi  
İbrahim GÜRER-Yakın Doğu Üniversitesi  
Sema KALE ÇELİK-Süleyman Demirel Üniversitesi  
Rıza KANBER-Çukurova Üniversitesi (Emekli)  
Mehmet Rüştü KARAMAN- Ankara Yüksek İhtisas Üniversitesi Kurucu Rektörü  
Vahap KATKAT-Uludağ Üniversitesi (Emekli)  
Şeref KILIÇ-Ardahan Üniversitesi  
Rıdvan KIZILKAYA-Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Süleyman KODAL-Ankara Üniversitesi  
Eyüp Selim KÖKSAL-Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Yusuf KURUCU-Ege Üniversitesi  
Ahmet MERMUT-Harran Üniversitesi (Emekli)  
Ayten NAMLI-Ankara Üniversitesi  
Nejat ÖZEN-Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü  
Taşkın ÖZTAŞ-Atatürk Üniversitesi  
Osman SÖNMEZ-Harran Üniversitesi  
Süleyman TABAN-Ankara Üniversitesi  
Bülent TOPÇUOĞLU-Akdeniz Üniversitesi  
Metin TURAN-Yeditepe Üniversitesi  
Önder TÜRKMEN-Selçuk Üniversitesi  
Sadık USTA-Ankara Üniversitesi  
İlhami ÜNVER-Ankara Üniversitesi (Emekli)  
Ruhsar YANMAZ-Ankara Üniversitesi  
Engin YURTSEVEN-Ankara Üniversitesi

\*Bilim danışmanları soyadına göre dizilmiştir.

Soil Water Journal  
toprak su.  
dergisi

## İÇİNDEKİLER (Contents)

## Araştırma Makaleleri (Research Articles)

- 1- SPEI ve SPI İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi**  
*Analysis of Drought Intensity Using SPEI and SPI Indices in Damllca Watershed-İstanbul, Turkey*  
**Fatih BAKANOĞULLARI**..... 1-10
- 2- Effects of Nitrogen Fertilization and Plant Density on Leaf Mineral Element Contents, Capsule Yield, Seed Yield and Morphine Ratio of Poppy (*Papaver somniferum* L.) Genotypes**  
*Haşhaş (*Papaver Somniferum* L.) Genotiplerinde Ekim Sıklığı ile Azotlu Gübrelemenin Haşhaş Yapraklarının Mineral Madde İçerikleri, Kapsül Verimi, Tohum Verimi ve Morfin Oranı Üzerine Etkisi*  
**Birsen KARABÜK, Kudret KEVSEROĞLU, Zeynep DEMİR**..... 11-24
- 3- Mısır Bitkisinin Verim Parametreleri ile Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon Modellerin Belirlenmesi**  
*Applicability of Regression Models Between Yield Parameters and Some Soil Properties of Maize Plant*  
**Nalan KARS, İmanverdi EKBERLİ**..... 25-36
- 4- Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi Bitki Örtüsü Parametresinin Belirlenmesi**  
*Determination of National Dynamic Wind Erosion Model and Monitoring System Vegetation Parameter*  
**Reşat AKGÖZ, Kenan İNCE, Günay ERPUL**.....37-44
- 5- Pamuk Bitkisinde Yüze ve Yüzealtı Damla Sulamanın Toprak Sıcaklığı ve Toplam Kuru Madde (Biomass) Miktarına Etkisi**  
*Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation on Soil Temperature and Total Biomass For Cotton Production*  
**Öner ÇETİN**.....45-54
- 6- The Effects of High Voltage Lines on the Vitality of *Escherichia coli* and Coliform Bacteria in Fresh Water Sources**  
*Yüksek Gerilim Hatlarının Tatlı Su Kaynaklarındaki *Escherichia coli* ve Koliform Bakterilerinin Canlılığına Etkisi*  
**Kurtça Emin KAYA, Evrim SÖNMEZ**.....55-59

Soil Water Journal  
toprak su.  
dergisi



# SPEI ve SPI İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi

Fatih BAKANOĞULLARI\*

Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü, Kırklareli

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): fbakanogullari@gmail.com

Geliş tarihi (Received) : 16.05.2019

Kabul tarihi (Accepted): 20.08.2019

DOI: 10.21657/topraksu.566693

## Öz

Klimatolojik kaynaklı afetlerin içinde kuraklık en karmaşık ve hasar veren bir olaydır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış, tarımsal üretimi kontrol eden en önemli faktördür. Türkiye'de de bazı bölgelerde kuraklık sorunu kendini özellikle tarım sektöründe ve ekosisteme yaptığı etkiler ile göstermektedir. Bu çalışmanın amacı İstanbul-Büyükçekmece içme suyu havzasında yer alan Damlıca deresi havzasında 1982-2006 yılları arası havzada ölçülmüş meteorolojik veriler kullanılarak kuraklığın sıklığı ve şiddetinin Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile belirlenmesi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) ile karşılaştırılmasıdır. SPEI kuraklık indisi evapotranspirasyonu Thornthwaite eşitliği ile tahmin etmektedir. 25 yıllık veri seti ile yıllık SPEI ve SPI İndeksleri arasındaki regresyon analizinde, ikinci derece polinoma göre yıllık SPI ve SPEI kuraklık indeksleri arasında determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) 0.977 olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak aylık, mevsimlik ve 6 aylık kuraklık değerlendirmelerinde kuraklık şiddetleri arasında farklar görülmüştür. Yıllık değerlendirme sonuçlarına göre; SPEI indisi ile havzada 4 yıl orta kurak (1983, 1989, 2004, 2006), 7 yıl hafif kurak (1982, 1992, 1993, 1994, 1999, 2000, 2003), SPI indisi ile ise 2 yıl şiddetli kurak (1983, 1989), 3 yıl orta kurak (1982, 2004, 2006) ve 2 yıl hafif kurak (1992, 1993) yıl olarak tespit edilmiştir. Tarımsal üretim açısından yağış, sıcaklık ve evapotranspirasyon verileri ile hesaplanan SPEI kuraklık indisi tarımsal üretim ve kuraklık değerlendirmelerinde daha hassas sonuçlar verdiği için kuraklığın azaltılması politikalarında karar vericilere daha sağlıklı sonuçlar verebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Damlıca deresi havzası, kuraklık, standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI), standartlaştırılmış yağış indisi (SPI), İstanbul

## Analysis of Drought Intensity Using SPEI and SPI Indices in Damlica Watershed-Istanbul, Turkey

### Abstract

Drought is the most complex and damaging event in climatic disasters. Precipitation is the most important factor to control agricultural production in arid and semi-arid regions. The problem of drought in some regions in Turkey shows itself especially effect on the ecosystem and agriculture. The aim of this study is to determine the frequency and severity of drought with Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) and compare with Standardized Precipitation Index (SPI) using meteorological data measured between 1982 and 2006 in Damlica creek basin located in

Istanbul-Buyukcekmece drinking water basin. The SPEI drought index estimates evapotranspiration with Thornthwaite equation. In the regression analysis between the 25-year data set and the annual SPEI and SPI indices, the coefficient of determination ( $R^2$ ) between the annual SPI and SPEI drought indices according to the second order polynomial was found to be 0.977 and found to be statistically significant. However, there were differences between drought severities in monthly, seasonal and 6-month drought periods. According to the annual evaluation results; SPEI Index was determined as 4 years of moderate drought (1983, 1989, 2004, 2006), 7 years of mild drought (1982, 1992, 1993, 1994, 1999, 2000, 2003), and SPI index was found as 2 years of severe drought (1983, 1989), 3 years of moderate drought (1982, 2004, 2006) and 2 years of mild drought (1992, 1993). The SPEI drought index calculated by precipitation, temperature and evapotranspiration data may give healthier results to policy makers in drought mitigation policies in terms of giving more accurate results in agricultural production and drought assessments.

**Keywords:** Damlıca creek watershed, drought, İstanbul, standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI), standardized precipitation index (SPI)

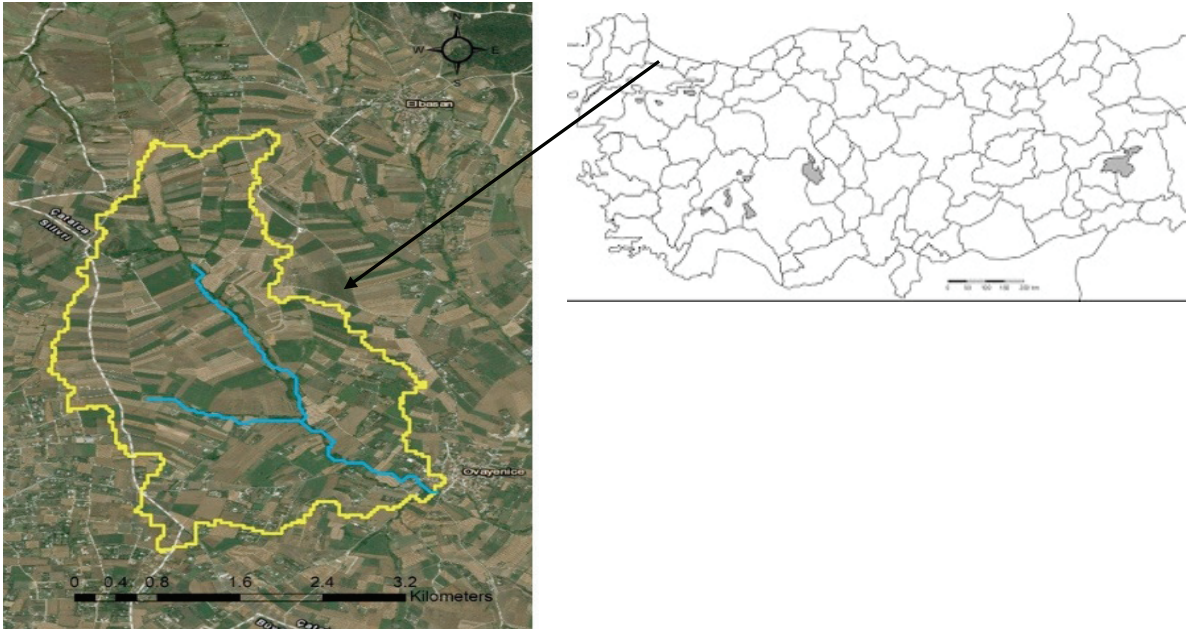
## GİRİŞ

Çevre koşullarından özellikle yağış miktarı ve yetiştirme mevsimi içindeki dağılışında yıldan yıla görülen değişimler Trakya Bölgesi'nde bitkisel üretimde ve verimlerinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Toplam yağış yeterli olsa bile yağış dağılımının düzensiz olması verim potansiyeli yüksek genotiplerin de performanslarının düşmesine neden olabilmektedir. Mevcut su kaynaklarının yetersizliği ve küresel ısınmanın gözlenen ve beklenen olumsuz etkileri Trakya Bölgesi'nde tarımı yapılacak genotiplerin seçiminde kurağa dayanıklılık ve etkin su kullanım yeteneğinin temel özellikler olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Kuraklık etkisi nedeniyle kalite ve verimde ortaya çıkacak azalma ve bozulmalar özelde bölge ve genelde ülke ekonomisini olumsuz etkileyecektir. Bitkisel üretimde birim alandan elde edilecek gelirin azalması Trakya topraklarının tarım dışı amaçlarla kullanılmasını daha da hızlandıracaktır. Böylece, var olan çevre sorununun boyutu daha da genişleyecektir. Kuraklık her yıl dünyada fazla sayıda insanı etkileyen ve dünyanın en maliyetli afetlerindedir (Wilhite, 2000). Aynı zamanda, Kuraklıklar çevresel bir felaket olarak belirtilmektedir. Bazı çalışmalarda yağışlardaki eksikliklerin elverişli su kullanım kapasitesinde de azalmalara sebep olduğundan bahsedilmektedir (Rossi, 2000; Wilhite, 2000; Koustroulis, vd., 2011). Kuraklığın yağışa, toprak nemine ya da potansiyel evapotranspirasyona dayalı değişik tanımları vardır (Wilhite, 1985; Heim, 2002; Svoboda vd., 2002; Türkeş, 2014; Türkeş, 2017; Türkeş, 2019).

Genel olarak kuraklık, bir yörede yağışın, yer altı veya yüzey sularının, iklim olarak beklenen miktardan (ortalamadan) daha az olduğu süreler olarak

tanımlanmaktadır. Kuraklıksıcaklık artışı ile doğru, yağış artışı ile ters orantılıdır (Çaldağ vd., 2004). Kuraklık; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik olarak sınıflandırılmaktadır. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) meteorolojik kuraklığın şiddetini belirlemek için genel olarak kullanılmaktadır. SPI, uzun dönem yağış kayıtlarının normal dağılıma dönüştürülmesi ve uygulanması temeline dayanmakta ve bu indeks ile farklı zaman dilimlerinde kurak ve nemli süreler hesaplanmaktadır (Dai, 2011). Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) bitkinin bulunduğu ortamdaki evapotranspirasyonu ve meteorolojik kuraklığı dikkate alarak tarımsal kuraklık şiddetinin değerlendirilmesi için geliştirilmiştir (Vicente-Serrano, 2010). Meteorolojik ve Tarımsal kuraklığın belirlenmesinde SPI ve SPEI indeksleri kullanılarak farklı araştırmacılar tarafından kuraklığın yersel ve zamansal dağılımının analizi, izlenmesi, indekslerin karşılaştırılması gibi konularda çalışmalar yürütülmüştür (Wilhite vd., 2007; Türkeş ve Tatlı, 2009; Kwak vd., 2013; Yürekli ve Ünlükara, 2013; Nedealcov vd., 2015; Stagge vd., 2015; Gümüş vd., 2016; Keskiner vd., 2016; Çamalan vd., 2017; Tong vd., 2017; Aksoy vd., 2018; Bae vd., 2018; Chen vd., 2018; Çetin vd., 2018, Keskiner vd., 2019).

Bu çalışmada; İstanbul-Büyükçekmece gölü su toplama havzasında yer alan uzun yıllar (1982-2006) hidrolojik ve meteorolojik ölçümlerin yapıldığı Damlıca deresi araştırma havzasında (Şekil 1) iki kuraklık İndeksi ile meteorolojik ve tarımsal kuraklığın farklı zaman dilimlerinde (aylık, mevsimlik, 6 aylık ve yıllık) kuraklık şiddetlerini belirlenmiş ve analizi yapılmıştır.



**Şekil 1.** Damlıca deresi havzası haritası ve ülkesel konumu  
**Figure 1.** Damlıca creek watershed map and location of country

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma havzası, Çatalca ile Kumburgaz yolu üzerinde, Kumburgaz'a 9 km, İstanbul'a ise 51 km mesafededir. Havza alanı 8.26 km<sup>2</sup> dir. Havzanın

topoğrafik haritası incelendiğinde, suyolları açısından, iki tane 2. dereceden kolun Damlıca Deresine bağlandığı ve Damlıca Deresinin 3

**Çizelge 1.** Damlıca deresi havzası aylık ortalama yağış (mm) verileri.

**Table 1.** Monthly average rainfall (mm) data of Damlıca creek watershed.

Yıl	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
1982	84.8	24.4	59.7	85.7	36.6	11.5	48.8	21.5	5.9	31.6	35.7	112.3
1983	77.9	49.5	5.5	21.5	33.8	82.1	47.5	53.8	9.0	38.7	60.7	39.5
1984	99.2	62.1	96.0	80.3	21.9	47.5	38.8	74.9	2.1	58.4	38.3	44.5
1985	189.9	83.4	52.0	39.5	1.3	24.7	11.3	1.1	13.5	109.4	137.2	64.1
1986	158.9	69.8	21.2	51.6	0.4	45.6	6.6	0.0	25.3	116.4	43.6	96.7
1987	159.7	34.6	241.2	74.0	33.8	25.3	54.0	35.0	21.4	37.7	107.3	182.0
1988	33.7	53.8	61.0	76.3	15.0	65.1	52.6	0.0	23.8	75.6	194.6	184.9
1989	25.7	5.4	72.1	10.4	77.4	30.4	0.0	15.0	8.7	38.3	107.9	115.6
1990	13.6	44.2	12.4	53.3	58.4	47.1	0.0	6.7	60.3	58.7	117.3	203.5
1991	23.4	42.0	51.3	105.8	109.2	18.7	44.6	27.6	99.8	206.7	47.3	46.7
1992	14.6	12.3	80.3	53.0	18.4	46.3	69.4	3.7	11.6	72.5	72.2	137.0
1993	66.8	77.7	47.5	40.4	77.3	2.1	3.4	32.6	26.3	3.7	140.1	98.2
1994	47.5	37.4	37.9	31.4	48.6	66.3	86.1	4.2	0.0	65.4	92.9	119.6
1995	154.7	59.5	94.0	43.2	12.5	33.6	106.7	12.9	72.1	32.3	111.8	85.7
1996	35.3	116.0	133.4	81.4	12.0	4.0	0.0	97.6	105.3	38.5	47.3	148.0
1997	34.3	75.0	67.4	94.1	16.6	51.5	73.8	31.6	5.8	144.5	47.9	187.7
1998	46.1	82.5	156.0	39.2	119.7	28.3	9.6	0.0	69.8	158.5	134.6	104.0
1999	81.3	103.2	97.7	26.0	8.8	37.6	1.1	32.3	14.6	23.6	105.6	120.3
2000	70.5	98.8	79.4	76.9	58.0	18.6	11.2	6.7	22.5	105.2	36.9	62.9
2001	102.6	75.1	39.1	98.3	53.9	13.6	1.1	9.2	45.1	7.8	180.9	141.1
2002	29.2	43.8	54.6	46.9	47.5	38.6	0.0	142.1	115.3	64.4	122.5	92.2
2003	117.5	92.4	34.1	82.2	1.1	0.8	7.4	1.0	1.0	137.1	79.6	93.5
2004	105.5	41.8	76.6	14.1	40.7	74.0	3.0	24.7	0.9	71.0	53.3	69.7
2005	93.2	78.5	39.9	21.9	131.1	28.8	24.3	10.4	45.6	56.7	56.8	183.8
2006	83.2	87.2	104.3	6.7	14.8	20.9	0.0	17.5	52.2	64.9	72.4	44.8

numara olarak Tepecik Deresine (4) katıldığı, bu derenin de Büyükçekmece Gölüne dökülmeğe olduğu görülür. Havza çıkışı, 41° 06' 04'' Kuzey enlem, 28° 25' 00'' Doğu boylamlarında olup, denizden yüksekliği 110 m'dir. Havza içinde ve havzaya çok yakın olmak üzere 3 adet yağış istasyonu, havza çıkışında da akımı ölçmek üzere 1 adet akım ölçme savağı tesis edilmiştir. Havzaya ait 3 yağış istasyonunun 25 yıllık (1982-2006) yağış verileri Thiessen Poligon yöntemi hesaplanarak, havzaya ait ortalama aylık yağışlar Çizelge 1. de, aylık ortalama sıcaklık verileri de Çizelge 2. de verilmiştir (Bakanoğulları, 2008).

### Standartlaştırılmış yağış indisi (SPI)

SPI, McKee vd. (1993) tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. Sadece yağış değerlerine bağlı olarak hesaplanan

indis yardımıyla kurak dönemin yanı sıra nemli dönemler de izlenebilir. SPI belirlenen bir zaman dilimi içinde, yağışın ortalama olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

$$SPI_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{ort}}{Q_j} \quad \text{Eşitlik 1}$$

Eşitlik 1'de,  $X_{i,j}$ , i yılının j ayındaki yağış (mm) ,  $X_j^{ort}$  j ayındaki ortalama yağış (mm) ve  $Q_j$  ise yine j ayındaki yağışın standart sapmasını göstermektedir. SPI değerleri farklı periyodlar (1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 ay gibi) için hesaplanabilir. Ancak yağış verileri 12 ay ve daha kısa dilimlerde normal dağılıma uymayabilir. Bu nedenle her bir veri seti Gamma fonksiyonuna uydurulur (Türkeş ve Tatlı, 2008, Tatlı ve Türkeş, 2011 a.b., Aksoy vd., 2018).

**Çizelge 2.** Damlıca deresi havzası aylık ortalama sıcaklık (°C) verileri.

**Table 2.** Monthly average temperature (°C) data of Damlıca creek watershed.

Yıl	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
1982	5.4	3.8	6.2	9.9	14.6	20.6	21.7	22.4	21.4	16.4	10.9	9.7
1983	5.2	4.9	7.7	12.5	17.5	19.5	23.4	21.5	19.7	14.2	9.7	8.4
1984	7.1	6.1	6.9	9.5	18.1	20.0	21.8	21.4	21.0	17.3	11.9	7.3
1985	6.3	1.3	5.8	12.0	17.7	20.7	22.1	23.5	19.0	13.7	12.2	9.0
1986	7.7	5.9	6.2	12.8	15.1	22.1	23.2	24.5	20.5	14.6	8.7	6.4
1987	5.2	6.5	3.5	9.5	15.2	20.7	23.7	22.1	20.4	14.1	11.9	7.0
1988	6.9	5.9	8.3	10.6	15.8	21.4	25.3	24.2	19.8	14.3	7.4	6.8
1989	4.4	6.2	8.9	14.7	16.0	20.4	23.4	24.1	20.3	14.6	9.6	7.1
1990	4.8	6.5	9.0	13.1	15.6	20.8	24.1	23.8	19.2	16.0	14.1	9.6
1991	6.2	5.2	6.6	10.8	15.5	21.0	24.3	24.8	20.5	17.1	13.2	5.8
1992	5.7	3.8	6.9	11.7	14.3	21.2	21.9	24.8	19.2	17.9	11.3	4.6
1993	4.1	3.0	6.3	11.2	15.5	21.1	22.5	23.6	19.9	17.6	9.2	8.7
1994	7.8	5.9	8.2	14.1	18.0	20.9	24.4	24.7	23.7	17.9	10.1	6.8
1995	6.3	7.4	8.7	11.7	17.0	22.8	24.3	24.2	20.6	14.8	8.8	7.5
1996	4.3	4.9	4.9	9.7	18.5	21.2	24.0	23.7	19.2	14.4	12.3	9.7
1997	6.5	5.4	6.1	8.8	16.3	21.5	24.0	22.0	18.1	14.7	12.1	8.6
1998	6.7	6.4	5.6	13.6	16.3	22.2	23.9	25.1	20.2	16.4	11.0	5.7
1999	6.2	5.8	8.6	13.6	17.1	22.0	25.4	24.7	21.0	16.3	11.4	10.4
2000	3.4	5.9	7.2	13.9	16.3	20.8	24.9	24.4	20.7	15.2	13.3	9.3
2001	8.2	7.6	11.7	13.2	17.1	21.7	26.9	25.9	22.1	17.3	10.4	4.7
2002	4.5	8.1	9.1	10.8	16.9	22.6	26.5	24.2	20.4	16.6	12.9	6.4
2003	7.6	2.1	4.6	9.5	17.9	23.2	25.0	25.6	19.8	16.2	10.8	7.5
2004	4.8	5.4	8.2	11.9	16.3	21.2	23.8	23.5	20.8	17.0	12.0	8.7
2005	6.7	5.7	7.0	12.1	16.6	20.8	24.5	25.3	21.0	14.8	10.0	8.1
2006	4.1	5.3	8.0	12.4	17.0	22.0	24.3	26.0	20.5	16.7	10.5	7.7

### Standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI)

SPEI ilk olarak Vicente Serrano vd. (2010) tarafından bitki evapotranspirasyonu ve meteorolojik kuraklığı dikkate alarak tarımsal kuraklık şiddetinin değerlendirilmesi için geliştirilmiştir, hesaplanması kolaydır ve standart yağış indisi (SPI) hesaplama temeline dayanır. SPEI aylık veya haftalık potansiyel evapotranspirasyon (PET) ile yağış (P) arasındaki fark (D) olarak ifade edilir. Bu fark (D) analiz edilen ay (i) için su fazlası veya eksikliğidir ve Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanır.

$$D_i = P_i - PET_i \quad \text{Eşitlik 2}$$

Thorntwaite (1948) yöntemine göre potansiyel ve gerçek evapotranspirasyonu hesaplamak için aşağıdaki adımlar izlenmelidir

a) Her ayın ortalama sıcaklığına göre aylık sıcaklık indeksleri belirlenir.

$$i = \left(\frac{t}{5}\right) 1.514 \quad \text{Eşitlik 3}$$

Eşitlik 3`de; i, aylık sıcaklık indisi, t; ortalama aylık sıcaklık (°C) `dır.

b) Her aya ait sıcaklık indeksleri toplanarak yıllık sıcaklık indisi bulunur.

$$I = \sum_{k=1}^{12} i_k \quad k = 1-12 \quad \text{Eşitlik 4}$$

Eşitlik 4`de; I, yıllık sıcaklık indisi; i, aylık sıcaklık indisi k, işlem yapılan aydır.

c) Potansiyel Evapotranspirasyon,

$$PET = 16 * (10 * I / I)^a \quad \text{Eşitlik 5}$$

Eşitlik 5`de; PET, potansiyel evapotranspirasyon (mm/ay); t, ortalama aylık sıcaklık (°C); I, yıllık sıcaklık İndeksi; a, katsayı`dır ve Eşitlik (6) da hesaplama yöntemi verilmiştir.

$$a = (0.000000675 * I^3) - (0.000077$$

$$* I^2) + (0.01792 * I) + 0.49239 \quad \text{Eşitlik 6}$$

d) Düzeltmiş Potansiyel Evapotranspirasyon (DPET, mm/ay), bulmak için, her aya ait evapotranspirasyon ile enlem düzeltme katsayısını çarpmak yeterli olmaktadır. Enlem düzeltme katsayısı (G), ortalama güneşlenme sürelerine göre değişen bir değerdir ve çizelge biçiminde Thorntwaite tarafından hazırlanmıştır.

$$DPET = (PET * G) \quad \text{Eşitlik 7}$$

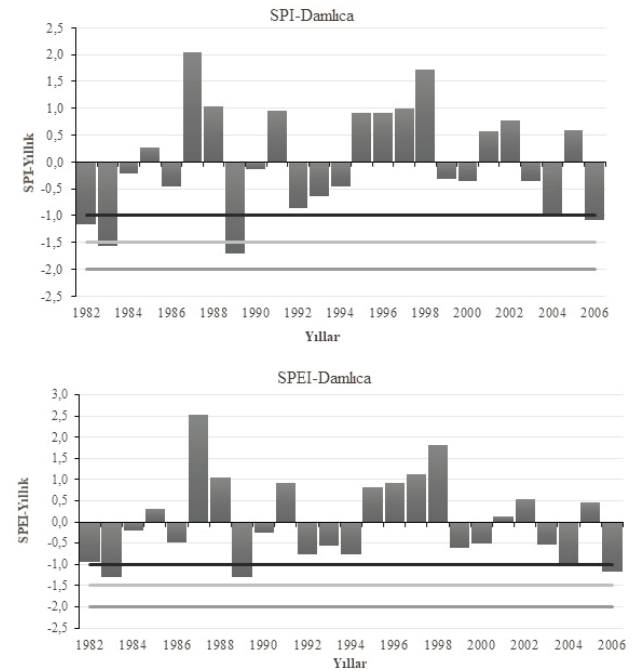
Araştırma havzasında her iki yöntem (SPEI ve SPI) ile bulunan sonuçlar Çizelge 3. de verilen kuraklık kategorilerine göre sınıflandırmıştır.

**Çizelge 3.** SPEI ve SPI kuraklık kategorisi  
**Table 3.** Drought categories of SPEI and SPI

SPEI & SPI Değerleri	Kuraklık Kategorisi	Sembol
$\geq -2.00$	Aşırı Nemli	AN
1.50 - 1.99	Çok Nemli	ÇN
1.00 - 1.49	Orta Nemli	ON
0.50 - 0.99	Hafif Nemli	HN
-0.49 - 0.49	Normale Yakın	NY
-0.99 - -0.50	Hafif Kurak	HK
-1.49 - -1.00	Orta Kurak	OK
-1.99 - 1.50	Şiddetli Kurak	ŞK
$\leq -2.00$	Aşırı Kurak	AK

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; Damlıca deresi havzasında 25 yıllık (1982-2006) iklimsel veriler ile SPI ve SPEI indisi ile yapılan kuraklık çalışmasında yıllık kuraklık analizleri yapılmıştır (Şekil 2). Her iki indeks ile üç ve altı aylık kuraklık analiz sonuçları Şekil 4 ve 5 de verilmiştir. Her iki yöntem ile aylık kuraklık analizleri kuraklık şiddet kategorisine göre renk dağılımı ile Çizelge 4 ve 5 de ayrıntılı olarak verilmiştir.

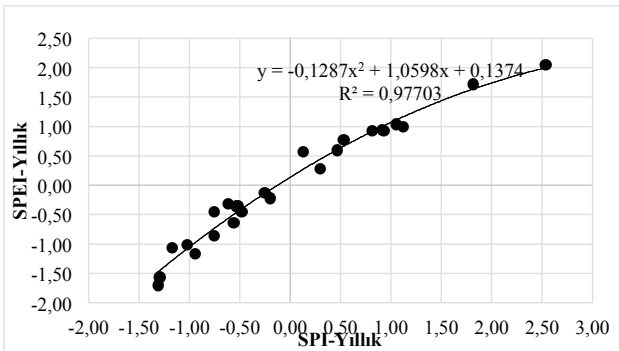


**Şekil 2.** Damlıca deresi havzası SPI ve SPEI yıllık zamansal değişkenlikler

**Figure 2.** SPI and SPEI annual temporal variability of Damlıca Watershed

SPI indisi yıllık kuraklık analizinde (Şekil 2) Damlıca deresi havzasında 7 yıl kurak 10 yıl ıslak 8 yıl yıl normal yıl olarak belirlenmiştir. Kurak yılların açılımı şöyledir; 1992 ve 93 yılları hafif kurak, 1982, 2004 ve 2006 yılları orta kurak, 1983 ve 1989 yılları şiddetli kurak yıl kategorisinde yer almıştır. SPEI indisine göre ise yıllık tarımsal kuraklık yönünden incelendiğinde; 11 yıl kurak, 8 yıl nemli ve 6 yıl normal yıl olarak belirlenmiştir. Kurak yılların açılımı şöyledir; 1982, 1992, 1993, 1994, 1999, 2000 ve 2003 yılları hafif kurak, 1983, 1989, 2004 ve 2006 yılları orta kurak, yıl kategorisinde yer almıştır. Çamalan vd. (2017) Ülkesel ölçekte 123 meteoroloji istasyonuna ait (1971-2015) veri seti ile SPEI indisi kullanılarak 1, 3 ve 12 aylık dönemde kuraklık analiz yapmış ve bu veriler ile küresel ölçekteki HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 senaryosunun 2016 – 2098 periyodu bölgesel iklim kuraklık çıktıları ile ileriye dönük projeksiyonlar yapmıştır. Damlıca havzası gibi küçük ölçekte yapılan bu çalışmalar yaygınlaştırılarak bölgesel tarımsal kuraklık projeksiyonları yapılabilir.

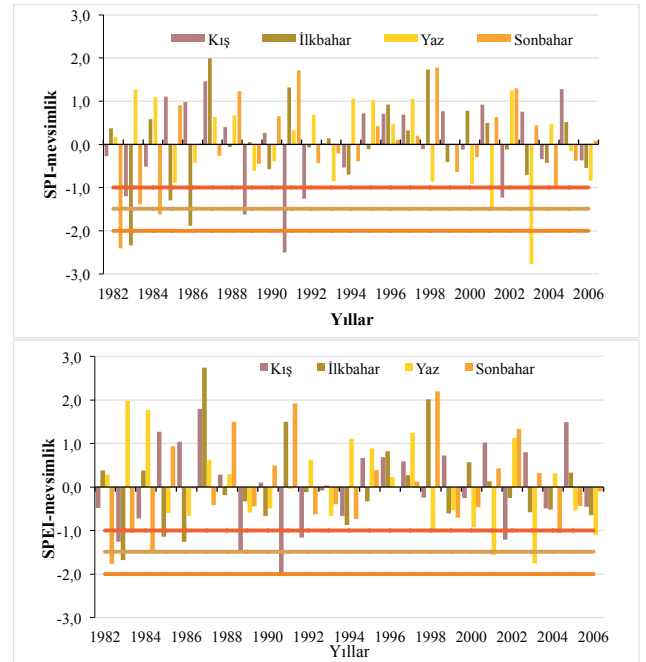
Havzanın 25 yıllık meteorolojik verileri ile yapılan yıllık SPI ve SPEI kuraklık verileri arasında yapılan değerlendirmede eğrisel korelasyon analiz sonuçları Şekil 3 de verilmiş, ikinci derece polinoma göre yıllık SPI ve SPEI kuraklık indeksleri arasında determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) 0.98 olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tong vd. (2017) Çin'in kuzey bölgesindeki Xilingol otlaklarında 1961-2015 zaman periyodunda SPEI ve NDVI (Bitki vejetasyon indisi) ile aylık, mevsimlik, altı aylık ve yıllık kuraklık analizleri yapmışlar yıllık SPEI ile NDVI arasında %98 pozitif korelasyon bulmuşlar kurak ve yarı kurak bölgelerde meteorolojik kuraklığın bitki vejetasyonu gelişimine olumsuz etki yaptığının belirtmişlerdir.



Şekil 3. Damlıca deresi havzası yıllık SPI-SPEI regresyon eğrisi ve denklemi

Figure 3. Regression plot of annual SPI versus annual SPEI for Damlıca watershed

Mevsimsel kuraklık değerlendirmelerinde SPI indisine göre (Şekil 4); 1987,1988, 1995, 1996, 1997 ve 2005 yıllarında dört mevsimin hiç birinde kuraklık görülmemişken gözlem yapılan diğer yılların hepsinde en az bir mevsim kurak geçmiştir. Kurak yıllarda 7 yıl kış, 7 yıl ilkbahar, 8 yıl yaz ve 5 yıl sonbahar mevsiminde kuraklık belirlenmiştir. SPEI indisine göre (Şekil 4); 1987,1988, 1995, 1996 ve 1997 yıllarında dört mevsimin hiç birinde kuraklık görülmemişken gözlem yapılan diğer yılların hepsinde en az bir mevsim kurak geçmiştir. Kurak yıllarda 7 yıl kış, 7 yıl ilkbahar, 8 yıl yaz ve 5 yıl sonbahar mevsiminde kuraklık belirlenmiştir. Nedealcov vd. (2015) 1980-2014 ölçüm periyodu için SPEI ve SPI indeksleri ile Moldova için kuraklığın 3 ve 6 aylık dilimlerde zamansal ve mekânsal dağılımlarını karşılaştırmışlardır. Zamansal dağılımlarda her iki indisinde benzer şekiller verdiği, fakat kuraklık süre ve şiddetleri açısından SPEI değerlerinin sadece yağış değil evapotranspirasyonu da kullanması sebebiyle farklar olduğunu belirtmişlerdir. Keskiner vd. (2019) Seyhan havzasında 63 meteoroloji istasyonuna ait uzun dönem (1950-2006) aylık ve yıllık yağış verileri ile SPI ve Normalin Yüzdesi İndisi (PNI) kuraklık indeksleri ile 5 ve 10 tekrarlıma sürelerinde meteorolojik kuraklık haritaları oluşturmuşlardır. Böyle havza bazında kuraklık analizi çalışmalarına SPEI indisinin eklenmesi, meteorolojik kuraklığın



Şekil 4. Damlıca deresi havzası mevsimlik SPI ve SPEI zamansal değişkenlikler

Figure 4. Seasonal SPI and SPEI temporal variability of Damlıca Watershed

**Çizelge 4.** Damlıca deresi havzası SPI aylık kuraklık şiddetleri  
**Table 4.** SPI monthly intensity of drought in Damlıca watershed

Yıl	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
1982	0.43	-1.11	0.06	0.90	0.32	-0.67	0.83	0.44	-0.55	-0.61	-1.54	0.24
1983	0.31	-0.09	-2.97	-0.98	0.27	1.10	0.82	0.88	-0.31	-0.38	-0.52	-1.89
1984	0.63	0.24	0.66	0.81	-0.03	0.61	0.74	1.04	-1.16	0.07	-1.41	-1.64
1985	1.50	0.66	-0.12	-0.15	-1.95	0.02	0.24	-0.99	-0.07	0.77	1.06	-0.90
1986	1.26	0.41	-1.25	0.21	-2.76	0.57	0.02	-2.15	0.30	0.84	-1.16	-0.06
1987	1.27	-0.61	1.83	0.70	0.27	0.04	0.87	0.68	0.20	-0.41	0.59	1.22
1988	-0.81	0.03	0.09	0.74	-0.28	0.89	0.86	-2.15	0.26	0.36	1.74	1.25
1989	-1.17	-3.29	0.30	-1.97	0.84	0.21	-1.68	0.27	-0.33	-0.39	0.60	0.30
1990	-2.02	-0.25	-1.93	0.26	0.64	0.60	-1.68	-0.12	0.81	0.08	0.76	1.45
1991	-1.30	-0.33	-0.13	1.19	1.07	-0.23	0.79	0.56	1.10	1.48	-1.00	-1.54
1992	-1.93	-2.10	0.43	0.25	-0.15	0.59	0.97	-0.41	-0.16	0.32	-0.18	0.64
1993	0.11	0.56	-0.23	-0.12	0.83	-2.20	-0.25	0.64	0.32	-3.00	1.10	-0.03
1994	-0.35	-0.50	-0.52	-0.47	0.52	0.91	1.06	-0.35	-2.94	0.20	0.31	0.37
1995	1.23	0.18	0.63	-0.03	-0.41	0.30	1.14	0.20	0.91	-0.58	0.67	-0.31
1996	-0.75	1.14	1.08	0.83	-0.44	-1.62	-1.68	1.17	1.13	-0.39	-1.00	0.80
1997	-0.79	0.51	0.21	1.03	-0.22	0.68	1.00	0.63	-0.56	1.08	-0.98	1.28
1998	-0.39	0.65	1.28	-0.16	1.13	0.14	0.17	-2.15	0.89	1.19	1.03	0.08
1999	0.37	0.97	0.68	-0.72	-0.65	0.40	-0.71	0.64	-0.02	-0.93	0.56	0.38
2000	0.18	0.91	0.42	0.76	0.64	-0.23	0.23	-0.12	0.23	0.73	-1.48	-0.94
2001	0.68	0.51	-0.48	1.09	0.59	-0.52	-0.70	0.03	0.64	-2.17	1.60	0.70
2002	-1.00	-0.27	-0.05	0.08	0.50	0.42	-1.68	1.35	1.19	0.18	0.84	-0.16
2003	0.86	0.81	-0.65	0.85	-2.05	-3.07	0.06	-1.04	-1.57	1.02	0.01	-0.13
2004	0.72	-0.33	0.37	-1.56	0.40	1.01	-0.30	0.51	-1.68	0.29	-0.77	-0.73
2005	0.55	0.58	-0.45	-0.96	1.20	0.16	0.55	0.09	0.64	0.04	-0.65	1.24
2006	0.40	0.73	0.76	-2.58	-0.30	-0.13	-1.68	0.34	0.72	0.19	-0.18	-1.63

yanı sıra tarımsal kuraklığın da izlenmesine katkı sağlayacaktır.

Havzanın her iki kuraklık indisi yapılan 6 aylık kuraklık analizinde (Şekil 5); her iki yöntemde de yaz-sonbahar dönemlerinde kurak geçen yıl sayısı fazla olmuştur. Kış-ilkbahar dönemleri daha az kurak geçmiştir.

Damlıca deresi havzasında aylar bazında SPI indisine göre (Çizelge 2) kuraklık değerlendirilmesinde; en şiddetli kurak ay 1989 yılı şubat ayı olmuştur. Bu ayı 2003 yılı haziran ve 1993 yılı ekim ayı takip etmiştir. Gözlem periyodunda kasım ayı 10 (1982, 1983, 1984, 1986, 1991, 1996, 1997, 2000, 2004, 2005) kez olmak üzere en fazla kurak geçen ay olmuştur. Bu ayı 8 kez kuraklık tekrarı ile ocak ayı, 7 şer kez temmuz ve aralık ayları takip etmiştir. Nisan ve mayıs ayları ise en az kuraklık belirlenen aylar olmuştur. SPEI indisine göre (Çizelge 3) aylık kuraklık değerlendirilmesinde; en şiddetli kurak ay, Şubat 1989, bu ayı 2003 yılı haziran ve 1989 yılı nisan



**Şekil 5.** Damlıca deresi havzası SPI-6 ve SPEI-6 zamansal değişkenlikler  
**Figure 5.** SPI-6 and SPEI-6 temporal variability of Damlıca Watershed

**Çizelge 5.** Damlıca deresi havzası SPEI aylık kuraklık şiddetleri  
**Table 5.** SPEI monthly intensity of drought in Damlıca watershed

Yıl	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
1982	0.14	-1.21	-0.21	1.11	0.06	-0.85	0.98	0.10	-0.95	-0.89	-1.16	-0.10
1983	0.01	-0.42	-1.34	-1.12	-0.39	2.35	0.65	1.09	-0.65	-0.59	-0.57	-1.49
1984	0.37	-0.05	0.46	1.01	-0.76	0.82	0.70	1.69	-0.99	-0.41	-1.15	-1.33
1985	2.26	0.93	-0.33	-0.51	-1.25	-0.32	-0.17	-0.61	-0.43	0.87	0.91	-1.03
1986	1.56	0.23	-0.94	-0.21	-0.90	0.25	-0.49	-0.79	-0.28	0.96	-0.86	-0.24
1987	1.68	-1.05	3.41	0.78	-0.11	-0.32	0.77	0.49	-0.40	-0.61	0.29	1.44
1988	-0.96	-0.32	-0.29	0.77	-0.62	1.23	0.47	-0.74	-0.23	0.16	2.41	1.52
1989	-1.01	-2.00	-0.11	-1.68	0.96	0.04	-0.70	-0.32	-0.70	-0.60	0.46	0.11
1990	-1.26	-0.66	-1.25	-0.16	0.56	0.68	-0.82	-0.48	0.89	-0.28	0.41	1.78
1991	-1.13	-0.67	-0.37	1.67	1.86	-0.58	0.43	-0.09	1.81	2.59	-1.03	-1.21
1992	-1.30	-1.62	0.15	-0.07	-0.36	0.47	1.56	-0.74	-0.51	-0.19	-0.41	0.64
1993	-0.17	0.66	-0.45	-0.39	1.00	-1.35	-0.46	0.21	-0.19	-1.55	1.15	-0.33
1994	-0.68	-0.83	-0.68	-0.89	0.03	1.51	1.64	-0.68	-1.37	-0.27	0.16	0.24
1995	1.56	-0.20	0.34	-0.31	-0.81	-0.38	2.24	-0.38	1.03	-0.71	0.60	-0.49
1996	-0.81	1.88	1.28	1.03	-1.06	-1.27	-0.82	1.94	2.11	-0.58	-0.98	0.64
1997	-0.94	0.43	-0.06	1.48	-0.67	0.61	1.31	0.43	-0.54	1.50	-0.98	1.48
1998	-0.68	0.65	1.70	-0.65	2.04	-0.46	-0.50	-0.87	1.02	1.69	0.96	-0.05
1999	0.08	1.43	0.44	-0.99	-0.87	0.03	-1.02	0.07	-0.58	-0.98	0.35	0.08
2000	-0.05	1.25	0.15	0.46	0.47	-0.50	-0.64	-0.57	-0.35	0.72	-1.24	-1.03
2001	0.44	0.37	-0.86	1.26	0.32	-0.86	-1.33	-0.75	0.13	-1.35	2.02	0.75
2002	-0.93	-0.77	-0.42	-0.05	0.14	-0.10	-1.29	3.08	2.28	-0.19	0.61	-0.30
2003	0.74	1.22	-0.60	1.11	-1.22	-1.87	-0.78	-0.93	-0.83	1.27	-0.19	-0.34
2004	0.61	-0.68	0.03	-1.20	0.01	1.68	-0.68	0.05	-0.97	-0.12	-0.82	-0.87
2005	0.28	0.56	-0.61	-1.00	2.28	-0.10	-0.19	-0.63	0.24	-0.23	-0.63	1.45
2006	0.18	0.89	0.58	-1.47	-0.73	-0.70	-0.85	-0.56	0.50	-0.21	-0.32	-1.32

ayı takip etmiştir. Gözlem periyodunda temmuz ayı 12 kez, 1986, 1989, 1990, 1996, 1998, 1999, 2000, 2001, 2003, 2005, 2006 yıllarında olmak üzere en fazla kurak geçen ay olmuştur. Bu ayı 11 kez kuraklık ile ağustos ayı, 10 kez kuraklık tekrarı ile ocak, mayıs, eylül ve kasım ayları takip etmiştir. SPEI indisine göre tarımsal kuraklığın gözleendiği ay sayısı, SPI indisindeki meteorolojik kuraklık ay sayılarından oldukça fazla belirlenmiştir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, İstanbul Büyükçekmece içme suyu havzasında yer alan Çatalca- Damlıca deresi havzasında 1982-2006 yılı arası 25 yıllık meteorolojik veriler kullanılarak havzada meteorolojik ve tarımsal kuraklık indekslerinde olan SPI ve SPEI indeksleri ile aylık, mevsimlik, 6 aylık ve yıllık kuraklık analizleri yapılmış ve iki indeks değerleri karşılaştırılmıştır. 25 yıllık veri seti ile yıllık SPEI ve SPI İndeksleri arasındaki önemli bir korelasyon ( $r=0.977$ ) bulunmuştur. Yıllık değerlendirme sonuçlarına göre; SPEI indisi

ile havzada 4 yıl orta kurak, 7 yıl hafif kurak. SPI indisi ile ise 2 yıl şiddetli, 3 yıl orta kurak ve 2 yıl hafif kurak yıl olarak tespit edilmiştir. SPEI indisine göre yıllık on yıllık süreler dikkate alındığında yıllık kuraklıklar daha ziyade 1990'lı yıllarda görülürken, aylık kuraklıkların 2000'li yıllarda daha sıklıkla oluştuğu görülmüştür. Bu iklimsel döngülerdeki değişimin bir göstergesi olabilir.

SPEI indisi aylık, 3 aylık, 6 aylık analizlerinde kuraklık kategori şiddetlerinde SPI indisi şiddet verilerine göre azalma görülmüştür. Ancak, bu indekste, sıcaklık ve evapotranspirasyon verilerinin de kullanılması ile daha hassas sonuçlar elde edilmiştir. Kuraklığın tarımsal yönden incelenmesi ve azaltılması açısından SPEI indisinin aylık, mevsimlik ve altı aylık kuraklık analizleri ile bölgede ekimi yapılan bitkilerin vejetasyon dönemlerine göre kuraklık analizlerinin yapılması daha gerçekçi ve sağlıklı sonuçlar verecektir. Her iki yöntemde de en az kuraklık görülen ay mart ayı olmuştur.



SPEI indisi sonuçları ile SPI indisinin zayıf yönü olan toprak su bütçesi ile buharlaşma / potansiyel buharlaşma ısı (ET/PET) sorunu giderilmeye çalışılmıştır. Bu sayede havza bazında tarımsal kuraklıkların belirlenmesi ve gelecek kuraklık projeksiyonları için, bölgesel karar vericilerin daha doğru politikalar oluşturulmasında bu yöntemin kullanılması yerinde olacaktır.

## KAYNAKLAR

Aksoy H, Eriş E, Çetin M, Önöz B, Yüce Mİ, Selek B, Aksu H, Burgan Hİ, Eşit M (2018). Gediz havzasında kuraklık analizi. Uluslararası Katılımlı "Türkiye Ulusal Jeodezi Jeofizik Birliği (TUJJB) Bilimsel Kongresi", p. 28-31, 30 Mayıs-02 Haziran, İzmir-Türkiye.

Bae S, Lee SH, Yoo SH, Kim T (2018). Analysis of drought intensity and trends using the modified SPEI in South Korea from 1981 to 2010. *Water*: 10, 327, doi:10.3390/w10030327.

Bakanoğulları F (2008). Çatalca-Damlıca deresi havzası yağış ve akım karakteristikleri. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, No: Tagem-BB-Topraksu-2008/64, Kırklareli.

Chen S, Zhang L, Liu X, Guo M, She D (2018). The use of SPEI and TVDI to assess temporal-spatial variations in drought conditions in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin, China. *Hindawi, Advances in Meteorology*, Article ID 9362041, p.11, <https://doi.org/10.1155/2018/9362041>.

Çaldağ B, Şaylan L, Toros H, Bakanoğulları F (2004). Drought analysis in northwest Turkey. *Agroenvironment*, p.169-179, 20-24 October, Udine-Italy.

Çamalan G, Akgündüz AS, Ayvacı H, Çetin S, Arabacı H, Coşkun M (2017). SPEI indisine göre Türkiye geneli kuraklık değişim ve eğilim projeksiyonları. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 5-7 Temmuz, İstanbul.

Çetin M, Aksoy H, Önöz B, Eriş E, Yüce Mİ, Selek B, Aksu H, Burgan Hİ, Eşit M, Çavuş Y, Orta S (2018). Deriving accumulated precipitation deficits from drought severity-duration frequency curves: A case study in Adana province, Turkey. 1st International Congress on Agricultural Structures and Irrigation, Proceedings and Abstracts Book, ISBN 978-605-81136-0-2: 39-48, 26-28 September 2018, Antalya-Turkey.

Dai A (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 2: 45-65.

Gümüş V, Başak A, Oruç N (2016). Standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklık analizi. *Harran University Journal of Engineering* 01: p.36-44.

Heim RR (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83: 1149-1165.

Keskiner AD, Çetin M, Uçan M, Şimşek M (2016). Coğrafi bilgi sistemleri ortamında standardize yağış indisi yöntemiyle olasılıklı meteorolojik kuraklık analizi: Seyhan Havzası Örneği.

Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31: 79-90.

Keskiner AD, Cetin M, Simsek M, Akin S, Cetiner I, (2019). Probabilistic regional meteorological drought analysis with standardized precipitation index and normal precipitation index methods in geographic information systems environment: A case study in Seyhan basin. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (7): 5675-5688.

Koutroulis AG, Vrochidou AEK, Tsanis IK (2011). Spatiotemporal characteristics of meteorological drought for the island of Crete. *J. Hydrometeorol.*, 12: 206-226.

Kwak JW, Lee, S.D., Kim, Y.S., Kim, H.S. (2013). Return period estimation of droughts using drought variables from standardized precipitation index. *J. Korean Water Resour. Assoc.* 46: 795-805. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Boston, MA: 179-184.

Nedealcov M, Raileanu V, Sirbu R, Cojocari R (2015). The use of standardized indicators (SPI and SPEI) in predicting droughts over the Republic of Moldova Territory. doi 10.1515/pesd-2015-0032 *Pesd*, Vol. 9 (2): 149-157.

Rossi G (2000). Drought mitigation measures: A comprehensive framework. In *drought and drought mitigation in Europe*; Voght, J., Somma, F., Eds.; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, the Netherlands, p.233-246.

Stagge JH, Tallaksen LM, Gudmundsson L, Loonc AFV, Stahl K (2015). Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI). *International Journal of Climatology*. 35: 4027-4040, doi: 10.1002/joc.4267.

Svoboda MD, LeComte D, Hayes M, Heim R, Gleason K, Angel J, Miskus D (2002). The drought monitor. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83: 1181-1190.

Tatlı H, Türkeş M (2011a). Palmer kuraklık şiddeti ve standartlaştırılmış yağış indislerinin Türkiye üzerinde karşılaştırılması. In: *5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book*, p.231-239, 27-29 April 2011, İstanbul.

Tatlı H, Türkeş M (2011b). Türkiye'nin kurak ve nemli koşullarının model çıktı istatistiği (MOS) ile incelenmesi. In: *5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book*, p.219-229, 27-29 April 2011, İstanbul.

Thornthwaite CW (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38: 55-94.

Tong S, Bao Y, Te R, Ma Q, Ha, Lusi A (2017). Analysis of drought characteristics in Xilingol grassland of Northern China based on SPEI and Its Impact on vegetation. *Hindawi, Mathematical Problems in Engineering*, p. 11, <https://doi.org/10.1155/2017/5209173>.

Türkeş M, Tatlı H (2008). Türkiye'de kuraklık olasılıklarının standartlaştırılmış yağış indisi (SPI) kullanılarak saptanması ve iklimsel değişkenlik açısından değerlendirilmesi. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (Ed. Ünal Akkemik), p.55-62. Türkiye Ormanlıklar Derneği Marmara Şubesi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 13-14 Aralık 2007, Bahçeköy - İstanbul.

Türkeş M, Tatlı H (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 2270–2282. DOI: 10.1002/joc.1862.

Türkeş M (2014). Türkiye'deki 2013-2014 kuraklığının ve klimatolojik/meteorolojik nedenlerinin çözümlenmesi. *Konya Toprak Su Dergisi* 2: 20-34.

Türkeş M (2017). Türkiye'nin iklimsel değişkenlik ve sosyo-ekolojik göstergeler açısından kuraklıktan etkilenebilirlik ve risk çözümlemesi. *Ege Coğrafya Dergisi* 26 (2): 47-70.

Türkeş M (2019). Climate and drought in Turkey, Chapter 4. In Harmancioglu N B, Altınbilek D (Ed), *Water Resources of Turkey*. World Water Resources, 2. Springer, Cham, p.85-125. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11729-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11729-0_4).

Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI (2010). A multiscale drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *J. Clim.* 23: 1696-1718.

Wilhite DA, Glantz MH (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water Int.*, 10: 111-120.

Wilhite DA (2000). Drought as a natural hazard: Concept and definitions. In *Drought: A Global Assessment*; Wilhite, D. A., Ed.; Routledge: London, UK, pp: 3-18.

Wilhite DA, Svoboda MD, Hayes MJ (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resour. Manag.* 21: 763-774.

Yürekli K, Ünlükara A (2013). Standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI) ile Tokat ilinin kuraklık analizi, III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, p.511-515, 1-4 Eylül, Tokat-Türkiye.

# Effects of Nitrogen Fertilization and Plant Density on Leaf Mineral Element Contents, Capsule Yield, Seed Yield and Morphine Ratio of Poppy (*Papaver somniferum* L.) Genotypes

Birsen KARABÜK<sup>1</sup>,

Kudret KEVSEROĞLU<sup>2</sup>,

Zeynep DEMİR<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Samsun Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, Samsun, Turkey

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Samsun, Turkey

<sup>3</sup>Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, Ankara, Turkey

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): zeynep.demir@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 24.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 18.09.2019

DOI: 10.21657/topraksu.595974

## Abstract

Plant density for poppy (*Papaver Somniferum* L.) and impacts of genotype and nitrogen fertilizer dose applications on total ash, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu contents on poppy leaves, capsule yield, seed yield and morphine ratio were investigated. Two plant density ( $SD_1$ : 25 plants per  $m^2$ ,  $SD_2$ : 16 plants per  $m^2$ ), four poppy genotypes (Zaferyolu, Tinaztepe, Ofis 3 and Local line) and four nitrogen fertilizer dose (0, 6, 12 and 18  $kg\ da^{-1}$ ) were used. Experiments were conducted in randomized complete block, split-split plots design with 3 replications for 2 years (2009/10 and 2010/11). While the effect of plant density x nitrogen dose x genotype interaction was statistically significant in terms of the total ash ( $p<0.01$ ), mineral elements of poppy leaves, capsule yield and seed yield, it was not significant for morphine ratio. The highest capsule yield and seed yield (134.30  $kg\ da^{-1}$  and 161.11  $kg\ da^{-1}$ ) were obtained in 12  $kg\ da^{-1}$  N treatment of local line genotype at  $SD_1$  plant density and the lowest capsule yield and seed yield (67.22  $kg\ da^{-1}$  and 76.53  $kg\ da^{-1}$ ) were observed in the without nitrogen of Tinaztepe genotype at  $SD_2$  plant density, respectively. Morphine ratios were determined as 0.445%, 0.508%, 0.570% and 0.597% according to N doses (0, 6, 12 ve 18  $kg\ da^{-1}$ ), respectively. With regard to plant density,  $SD_1$  (25 plants per  $m^2$ ) was prominent for majority of investigated parameters. As compared to other genotypes, Ofis 3 genotype can be recommended 12  $kg\ da^{-1}$  N treatment in terms of mineral nutrient contents of poppy leaves and morphine ratio at  $SD_1$  plant density.

**Keywords:** Genotype, mineral elements, morphine ratio, nitrogen, poppy, plant density, yield

## Haşhaş (*Papaver Somniferum* L.) Genotiplerinde Ekim Sıklığı ile Azotlu Gübrelemenin Haşhaş Yapraklarının Mineral Madde İçerikleri, Kapsül Verimi, Tohum Verimi ve Morfin Oranı Üzerine Etkisi

### Öz

Haşhaşta (*Papaver Somniferum* L.) ekim sıklığı, genotip ve azotlu gübre dozu uygulamalarının haşhaş yapraklarında toplam kül, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu içerikleri, kapsül verimi, tohum verimi ve morfin oranı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışmada iki ekim sıklığı ( $SD_1$ : serpmek ekim,  $m^2$ 'de yaklaşık 25 bitki,  $SD_2$ : sıraya ekim,  $m^2$ 'de 16 bitki), dört haşhaş genotipi (Zaferyolu, Tinaztepe, Ofis 3 ve Yerel hat) ve dört azotlu gübre dozu (0, 6, 12 ve 18  $kg\ da^{-1}$ ) kullanılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekim sıklığı x azot dozu x genotip etkileşimi haşhaş yapraklarının toplam kül, mineral elementler, kapsül ve tohum verimi

bakımından istatistiksel olarak önemli iken ( $p < 0.01$ ), morfin oranı bakımından önemsiz bulunmuştur. En yüksek kapsül verimi ve tohum verimi ( $134.30 \text{ kg da}^{-1}$  and  $161.11 \text{ kg da}^{-1}$ )  $SD_1$  ekim sıklığında  $12 \text{ kg N da}^{-1}$  uygulanan yerel hat genotipinde ve en düşük kapsül verimi ve tohum verimi ( $67.22 \text{ kg da}^{-1}$  and  $76.53 \text{ kg da}^{-1}$ )  $SD_2$  ekim sıklığında N uygulanmayan Tınaztepe genotipinden elde edilmiştir. Bu uygulamadan elde edilen morfin oranları N dozlarına ( $0, 6, 12$  ve  $18 \text{ kg da}^{-1}$ ) göre sırası ile %0.445, %0.508, %0.570 ve %0.597 olarak belirlenmiştir. Diğer genotip çeşitleriyle (Zaferyolu, Tınaztepe ve Yerel hat) karşılaştırıldığında, Toprak Mahsülleri Ofisinin tavsiye ettiği Ofis 3 çeşidine ait haşhaş bitki yaprağının makro ve mikro besin içeriklerinin ve morfin oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Azot dozları, ekim metotları, haşhaş, genotip, mineral elementler, morfin oranı, verim

## INTRODUCTION

Poppy (*Papaver somniferum* L.) is a plant which has been traditionally cultured since ancient times in Anatolia, and today half of the legal production areas of the world under the control of the United Nations is located in Turkey. The other common poppy producer countries include India, Japan, China, France and Spain. In Turkey, Afyon, Kütahya, Isparta, Burdur, Konya, Balıkesir, Çorum, Amasya, Manisa, Tokat, Denizli, Uşak and Eskişehir provinces are main opium poppy production areas. Turkey and India are the leading producer countries. Poppy is cultivated over 101 874 hectares worldwide (FAOSTAT, 2015). In Turkey, poppy is cultivated over 61 591 hectares with an annual production of 30 730 tons and an average poppy yield of  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  (TURKSTAT, 2015). More than 50% of the total sowing areas in the world is located in Turkey according to the data of the year 2015 year (FAOSTAT, 2015).

Sowing is performed either manually or with sowing machines. Manual seeding has already been vanished in developed countries of the world, but still is practiced for some economic crops and poppy in Turkey. Such seeding methods are usually practiced because of small land sizes and insufficient machinery opportunities. The optimum plant density should be reached in order to get optimal yields. Plant density is highly effective on yield and yield components (Yılmaz, 1999).

Nitrogen (N) nutrition is crucial for poppy; thus, it is necessary to select a suitable dose, form and date of application (Ehsanipour et al., 2012). Among the fertilizers, nitrogen is the most significant one. Nitrogen positively influences plant growth and development, improves capsule and seed yield, promotes synthesis of nitrogenous

substances and regulates some quality and pharmacological parameters (Katar and Yılmaz, 1997). Therefore, sufficient nitrogen should be supplied to plants. N uptake by plants from the soil solution in the form of  $\text{NO}_3^-$  anion and  $\text{NH}_4^+$  cation is associated with the mutual effects of other nutrients on inorganic N bonds. The nitrogen use efficiency is affected by the availability of other plant nutrients and the maximum benefits from N application can only be achieved when adequate supply of other macronutrients as well as micronutrients is assured keeping in view their synergistic or antagonistic effects in different crops (Manchanda and Aulakh, 2007). One of the essential conditions for good utilisation of soil N is good phosphorous (P) and potassium (K) availability in the soil. The N x P interaction can, thus, be termed the single most important nutrient interaction of practical significance. This interaction is often synergistic, occasionally additive, and, in rare cases, may be antagonistic (Biswas and Prasad, 1991). The synergistic interactions between N and P help explain the effect, when applied as a banding beneath seed, on root growth and proliferation (Biswas and Prasad, 1991). Increased N application generally increases production and the content of nitrogen and proteins in plants (Ehsanipour et al., 2012). Disturbances of N metabolism, resulting from K deficiency, are manifested in changes in the proportions of N fractions and in the accumulation of harmful amino substances in plants (Nurzyńska and Wierdak, 2006). The significance of N x K interaction and its optimum management is increasing due to increasing cropping intensity, higher crop yield and greater depletion of soil K (Singh, 1992).

Ecological factors play a great role in seed yield and capsule yield of the poppy genotypes. Besides, genotype, cultural practices and growing conditions also play an important role in capsule yield and seed yield. Poppy genotypes are sometimes broadly classified as culinary, industrial or dual purpose. There are differences among the operational procedures (i.e. fertilization, plant density) adopted by poppy growing areas across the world (Bernáth and Németh, 2010). Since varietal development is an essential prerequisite for achieving success in the commercial cultivation of any medicinal plant species, over the years, many genotypes of poppy have also been developed for different beneficial purposes. Among the cultural practices, fertilization and irrigation may improve the capsule and seed yields significantly. However, fertilization plays more significant role in improving capsule yield, seed yield and morphine ratio. Poppy nutrition largely depends on soil macro and micro element contents (Yadav et al. 1984).

The main component of the poppy's alkaloids was morphine, and its ratio varied between 0.45% and 1.00% depending on the genotypes (Skalicky et al., 2014). Skalicky et al. (2014) reported that the morphine ratio of the industrial poppies was approximately 1%. Morphine ratio of the capsule is low in Turkey when compared to other poppy producer countries. The morphine contents of the poppy populations in Turkey varied with 0.25-0.89% (Arslan et al., 2000). The morphine ratio of the poppy capsules obtained from the different provinces in Turkey varied with 0.093- 0.263% (Erdemoglu et al., 2002). Recently, the ten poppy genotypes with high morphine ratio were registered by the Soil Products Office. The poppy quality is mostly evaluated with its morphine ratio. Prajapati et al. (2002) reported that poppy varieties with high morphine ratio are used for medicinal purpose and varieties with low morphine ratio are used for food production. The capsule yield, seed yield and morphine ratio of the poppy genotypes varied between 0.30-6.48 g plant<sup>-1</sup>, 0.26-11.66 g plant<sup>-1</sup> and 0.22-1.225%, respectively (Karadavut and Arslan, 2006).

In this study, effects of genotypes, plant density and nitrogen doses on total ash, N, P, K,

Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu contents of poppy leaves, capsule yield, seed yield and morphine ratio were investigated.

## MATERIALS AND METHODS

### Experimental site

Experiments were conducted over the farmer's field within Yalnız village of Merzifon town of Amasya province as winter sowing in 2009/10 and 2010/11 growing seasons. Amasya is located in the middle of Black Sea region between 35°00'-36° 30' east longitudes and 40°15'-41°03' north latitudes. Soil characteristics of the research site are given in Table 1. Experimental soils were clay in texture with slight alkaline soil reaction. Soils were unsaline, poor in organic matter and rich in available phosphorus and potassium (Soil Survey Staff, 2014).

**Table 1.** Some chemical and physical properties of the experimental site

**Çizelge 1.** Deneme alanine ait bazı kimyasal ve fiziksel özellikler

Properties	Amount	Properties	Amount
Sand (%)	15.58	P (ppm)	19.059
Silt (%)	20.12	K (meq 100 g <sup>-1</sup> )	1.533
Clay (%)	64.30	Ca (meq 100 g <sup>-1</sup> )	23.171
pH (1:1)	7.90	Mg (meq 100 g <sup>-1</sup> )	13.851
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.689	Na (meq 100 g <sup>-1</sup> )	0.954
OM (%)	1.708		

### Climate characteristics of the research site

Some climate data for two growing seasons (2009/10 and 2010/11) are provided in Table 2. Amasya province generally had dominant Black Sea climate, but exhibits terrestrial climate characteristics since there is no sea coast of the province. Annual average precipitation is below 500 mm with the greatest precipitations in winter. Precipitations decrease in spring, there is drastic decline in July, the least precipitation was observed in August and precipitations increased again in September and so on. Long-term (40 years) vegetation period average temperature is 9.82 °C with the greatest temperatures in June and July and the least in January. Long-term vegetation period relative humidity is 69.26%. Total precipitation of the experimental years was 360.4 and 404.5 mm.

**Table 2.** Some climate data of the experiment area in the poppy growing seasons (Amasya Meteorology Office Records)

**Çizelge 2.** Haşhaş gelişme sezonunda deneme alanının bazı iklim verileri

Climatic factors	Years	Months										Total or Average
		October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	
Average	2009-10	12.9	7.0	2.6	0.8	2.3	6.1	11.3	15.3	18.7	21.2	9.82
Temperature (°C)	2010-11	15.9	7.2	6.2	3.5	6.6	6.9	10.6	16.3	20.1	23.1	11.64
	Long terms	11.8	10.3	5.4	1.7	2.5	5.4	8.7	13.9	17.9	22.7	10.03
Precipitation (mm)	2009-10	37.4	34.8	45.8	37.1	28.0	36.1	55.7	58.4	48.5	20.6	402.4
	2010-11	19.2	57.6	47	16.8	36.2	9.4	45.2	28.8	99.8	0.4	360.4
Relative humidity (%)	Long terms	40.0	26.3	118.4	35.6	9.8	21.8	26.6	59.8	48.2	18.0	404.5
	2009-10	68.5	72.9	77.4	76.5	72.7	68.0	64.8	65.4	64.3	62.1	69.26
Relative humidity (%)	2010-11	57.5	76.5	75.9	76.2	72.3	66.7	64.5	57.3	66.5	60.3	61.94
	Long terms	73.1	65.6	79.7	78.0	69.2	67.6	69.2	68.8	64.6	58.2	69.40

### Plant material

In present experiments, seeds of 4 opium (*Papaver somniferum* L.) genotypes (Ofis 3 genotype supplied from Soil Products Office; Zaferyolu and Tinaztepe genotypes supplied from Eskişehir Agricultural Research Institute and a local opium line used in Merzifon town of Amasya province) were used as the plant materials.

### Field experiments

Experimental factors included 4 poppy materials (3 genotypes and 1 line), 2 plant densities ( $SD_1$ : 25 plants per  $m^2$ ;  $SD_2$ : 16 plants per  $m^2$  with 60 cm row spacing and 10 cm on-row plant spacing) and 4 different N doses (0, 6, 12 and 18  $kg\ da^{-1}$ ). Experiments were conducted in randomized blocks split-split plots design with 3 replications for 2 years (2009/10 and 2010/11). Plant density was sown on the 25 October in the both growing years. Harvest was carried out on 1 July 2010 in the first year and 3 July 2011 in the second year. The capsules in the center of each plot in the full ripeness period according to the maturity stage of the cultivars were manually harvested.

Seeds were sown in 3x3 m plots as to have 300 g seed per decare in  $SD_1$  and thinning was performed at the first hoeing as to have 25 plants per  $m^2$ . In  $SD_2$ , manual seeding was performed at 60 cm row spacing, then thinning was performed as to have 16 plants per  $m^2$  with 10 cm on-row plant spacing. Total experimental area was 1519  $m^2$ , main plot size 465  $m^2$ , sub-plot size was 225  $m^2$  and sub-sub plot size was 9  $m^2$ . Harvest was

performed from inner rows. Side rows and 50 cm sections from the top and bottom of each plot were omitted as to consider side effects.

### Cultural practices

Following the harvest of preceding plants, fields were tilled with moldboard plows, then made ready for sowing through sweeps and harrows. Ammonium sulphate (21% N) was used as the N source and half of 0, 6, 12 and 18  $kg\ da^{-1}$  N doses were applied after sowing and remaining half was applied after hoeing and thinning processes at around bolting period. Irrigation was not practiced in both years. Representative leaf samples were taken from each plot following the flowering period.

### Leaf analyses

Collected opium leaves were brought to laboratory in paper bags, washed through distilled water, a portion was separated for analyses to be conducted on fresh leaves and the rest was dried at 65 °C in an air-circulating drying cabin until a constant weight. Dried leaf samples were ground and stored in labeled polyethylene bags. Dried samples were dry-ashed in accordance with Kacar and Inal (2008) to get ash content. Leaf total nitrogen (N) content was determined in a Leco TruSpec-CHN device in accordance with Dumas method (Kacar and Inal, 2008). Samples (0.25 g) were subjected to wet digestion with nitric acid ( $HNO_3$ ) in a microwave device for P, K, Ca, Fe, Cu and Zn analyses. These

samples were transferred to 50 ml cups and final volume was completed with deionized water and filtered through blue-band filter paper. Total K was determined in wet-digestion solution with a Jenway PFP 7 Flamephotometer (Kacar and Inal, 2008). Total phosphorus of wet-digestion solution was determined in accordance with yellow-color method in a Shimadzu UV-160 Spectrophotometer (Kacar and Inal, 2008). Wet-digestion filtrates were subjected to Ca, Fe, Cu and Zn analyses with a Varian 720-ES ICP-OES device (Kacar and Inal, 2008).

### Capsule and seed yields

The capsule yield (kg da<sup>-1</sup>) and seed yield (kg da<sup>-1</sup>) were determined as described by Karabuk (2012).

### Morphine ratio

The capsule of the poppy was dried for 24 hours at 70 °C, and the capsules were powdered by grinding. The morphine ratio was analyzed according to the spectrophotometric method of the Afyonkarahisar- Bolvadin Poppy and Alkaloid Office (Karabuk, 2012).

### Data assessment

Experimental results were subjected to statistical analyses with SPSS Version 16.0 statistics software. Data were subjected to ANOVA. Treatment means were compared with Duncan's multiple range test at 0.01 significance level and correlation analyses were performed to express the relationships between experimental parameters (Yurtsever, 2011).

## RESULTS AND DISCUSSION

Plant density x nitrogen doses x genotype interactions had significant effects on leaf total ash, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn and Cu contents ( $p < 0.01$ ; Table 3 and 4). The difference between the mineral element contents of poppy leaf, seed yield and morphine ratio was not significant between years.

### Effects of plant density, nitrogen doses and genotypes on macronutrients contents of poppy leaves

#### Total nitrogen (N)

The greatest total N value (3.73%) was obtained in 18 kg da<sup>-1</sup> N treatment of Ofis 3 genotype at SD<sub>1</sub> plant density and the lowest

total N value (2.25%) was obtained in the control (without N) of Zaferyolu genotype at SD<sub>2</sub> plant density. In general, total N values of poppy leaves increased as nitrogen dose increased in all poppy genotypes at both plant density. The majority of soils around the globe are deficient in available N and are either low or medium in available P (IFA, 2003). These two nutrients account for a major share of the current annual fertilizer consumption (IFA, 2003). Nitrogen nutrition is crucial for poppy; it is necessary to select a suitable dose, form and date of application (Ehsanipour et al., 2012). Total N is responsible for the development of leaf area (Escalante, 1999) and is a major mineral element (Sedano-Castro et al., 2011) used in agricultural fertilization. Total N is the element most absorbed from soil by plants growing under normal conditions. Within the plant, N serves in the same ways as it does in other organisms as a component of amino acids and nucleic acids. N also plays a critical role in the structure of chlorophyll, the primary light harvesting compound of photosynthesis. This, along with its structural role in amino acids, explains why plants require large amounts of N, and thus why it is often the limiting nutrient for plant growth. In this study, increasing the N levels significantly increased the N content in the plant leaves.

#### Phosphorus (P)

P values of poppy leaves varied between 0.15-0.35% with a mean value of 0.23%. The greatest value (0.35%) was obtained in 18 kg da<sup>-1</sup> N treatment of Ofis 3 genotype at SD<sub>1</sub> plant density, while the lowest value (0.15%) was obtained in the control treatment (without N) of Zaferyolu genotype at SD<sub>1</sub> plant density. In general, P values of poppy leaves increased as nitrogen dose increased in all poppy genotypes at both plant density. N can increase P uptake in plants by increasing root growth, by increasing the ability of roots to absorb and translocate P, and by decreasing soil pH as a result of absorption of NH<sub>4</sub><sup>-</sup> and thus increasing solubility of fertilizer P (Wilkinson et al., 1999). The interaction between P and N has been found to be synergistic (Wilkinson et al., 1999). P is a necessary component of the photosynthetic processes which are systematically implicated in creation of oils, sugars and starches. It also improves the rapid growth of plants as well as root systems (Brown and Weselby, 2010).

**Table 3.** Plant density x nitrogen dose x genotype interaction on total ash, N, P, K, Ca, Mg and Na contents of poppy leaves  
**Çizelge 3.** Haşhaş yapraklarının toplam kül, N, P, K, Ca, Mg ve Na içerikleri üzerine ekim sıklığı x azot dozu x genotip interaksyonu

Plant density	N doses	Genotypes	Total ash, %	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	Na, %
SD <sub>1</sub>	N <sub>0</sub>	Zaferyolu	20.2 b-e	2.32 m	0.15 f	3.66 g-j	1.03 d-g	0.52 b-f	0.028 gh
		Ofis 3	19.8 b-g	2.93 g-j	0.25 b-e	4.01 b-f	1.04 c-g	0.51 b-g	0.023 h
		Tinaztepe	20.0 b-f	2.86 h-j	0.21 c-f	3.56 j	1.05 c-g	0.53 b-f	0.023 h
		Local line	19.3 c-j	2.72 h-l	0.20 def	4.02 b-f	1.07 c-f	0.52 b-f	0.021 h
	N <sub>6</sub>	Zaferyolu	19.8 b-g	2.36 lm	0.17 ef	3.91 d-h	1.07 c-f	0.50 c-h	0.027 gh
		Ofis 3	18.1 ijk	3.43 a-e	0.24 b-e	4.03 b-f	1.18 c	0.53 b-f	0.022 h
		Tinaztepe	19.0 d-j	3.23 b-h	0.26 bcd	3.95 c-h	1.09 c-f	0.52 b-f	0.025 h
		Local line	19.7 b-h	3.20 b-h	0.22 b-f	4.21 a-d	1.09 c-f	0.51 b-g	0.044 f
	N <sub>12</sub>	Zaferyolu	18.4 g-k	2.98 f-j	0.27 bcd	3.94 c-h	1.00 efg	0.48 e-h	0.078 d
		Ofis 3	14.3 l	3.39 a-f	0.29 abc	4.31 ab	1.18 c	0.58 abc	0.075 d
		Tinaztepe	17.2 k	3.38 a-f	0.23 b-f	3.82 e-l	0.99 fg	0.48 e-h	0.060 e
		Local line	18.3 h-k	3.11 d-l	0.23 b-f	4.22 a-d	1.14 cde	0.51 b-g	0.040 fg
N <sub>18</sub>	Zaferyolu	19.6 b-l	3.25 b-h	0.34 a	3.91 d-h	1.14 cde	0.49 d-h	0.026 h	
	Ofis 3	17.8 jk	3.73 a	0.35 a	4.38 a	1.32 b	0.65 a	0.022 h	
	Tinaztepe	17.9 jk	3.19 c-h	0.26 bcd	4.28 abc	1.01 d-g	0.42 h	0.017 h	
	Local line	19.7 b-h	3.59 abc	0.26 bcd	4.00 b-g	1.15 cd	0.43 gh	0.022 h	
SD <sub>2</sub>	N <sub>0</sub>	Zaferyolu	21.9 a	2.25 m	0.19 def	3.40 j	1.09 c-f	0.55 b-e	0.026 h
		Ofis 3	20.2 b-e	3.05 e-l	0.23 b-f	3.87 d-l	1.09 c-f	0.57 bcd	0.023 h
		Tinaztepe	20.4 bcd	2.30 m	0.17 ef	3.61 hij	1.10 c-f	0.53 b-f	0.024 h
		Local line	20.8 abc	2.27 m	0.17 ef	4.13 a-e	0.97 fg	0.47 e-h	0.021 h
	N <sub>6</sub>	Zaferyolu	21.1 ab	2.46 klm	0.19 def	3.75 f-l	0.92 g	0.53 b-f	0.042 f
		Ofis 3	19.1 d-j	3.03 e-l	0.23 b-f	4.28 abc	1.06 c-g	0.48 e-h	0.048 f
		Tinaztepe	20.0 b-f	2.91 g-j	0.17 ef	3.76 f-l	1.06 c-g	0.47 e-h	0.040 fg
		Local line	20.1 b-f	2.85 h-k	0.17 ef	4.08 a-f	1.03 d-g	0.55 b-e	0.029 gh
	N <sub>12</sub>	Zaferyolu	18.6 f-k	2.60 j-m	0.17 ef	4.04 a-f	1.02 d-g	0.59 ab	0.159 a
		Ofis 3	18.6 f-k	3.49 a-d	0.25 b-e	4.09 a-f	1.01 d-g	0.57 bcd	0.124 b
		Tinaztepe	19.6 b-h	3.05 e-l	0.22 b-f	4.17 a-e	1.01 d-g	0.55 b-e	0.112 c
		Local line	20.6 abc	3.15 d-h	0.23 b-f	4.03 b-f	1.11 c-f	0.50 c-h	0.063 e
N <sub>18</sub>	Zaferyolu	20.5 a-d	2.84 h-k	0.30 ab	3.95 c-h	1.09 c-f	0.49 d-h	0.020 h	
	Ofis 3	18.8 e-j	3.61 ab	0.29 abc	4.02 b-f	1.45 a	0.49 d-h	0.020 h	
	Tinaztepe	20.2 b-e	3.33 a-g	0.30 ab	4.08 a-f	1.00 efg	0.45 fgh	0.023 h	
	Local line	20.1 b-f	3.12 d-l	0.22 b-f	4.10 a-f	1.18 c	0.47 e-h	0.028 gh	

Different letters between plant density x nitrogen dose x genotype interaction denote significant differences (Duncan test,  $p < 0.01$ )

### Potassium (K)

K values of poppy leaves varied between 3.40-4.38% with a mean value of 3.99%. The greatest value (4.38%) was obtained in 18 kg da<sup>-1</sup> N

treatment of Ofis 3 genotype at SD<sub>1</sub> plant density and the lowest value (3.40%) was obtained in the control treatment (without N) of Zaferyolu



**Table 4.** Plant density x nitrogen dose x genotype interaction on Fe, Mn, Zn and Cu contents of poppy leaves

**Çizelge 4.** Haşhaş yapraklarının Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri üzerine ekim sıklığı x azot dozu x genotip interaksiyonu

Plant density	N doses	Genotypes	Fe. ppm	Mn. ppm	Zn. ppm	Cu. ppm
SD <sub>1</sub>	N <sub>0</sub>	Zaferyolu	36.37 lm	36.19 ghi	20.56 cde	5.19 e
		Ofis 3	43.63 cd	36.43 ghi	18.44 cde	5.82 cde
		Tınaztepe	40.00 e-j	39.83 cde	18.95 cde	5.78 cde
		Local line	36.86 klm	37.55 fgh	18.62 cde	6.09 cde
	N <sub>6</sub>	Zaferyolu	35.14 m	33.32 jk	20.91 cde	6.22 cde
		Ofis 3	50.95 b	36.32 ghi	23.56 cde	7.17 a-e
		Tınaztepe	38.35 ı-l	36.88 ghi	17.53 de	8.17 abc
		Local line	45.78 c	35.06 ij	19.78 cde	9.22 ab
	N <sub>12</sub>	Zaferyolu	39.74 f-k	36.78 ghi	16.08 e	7.61 a-e
		Ofis 3	55.80 a	39.20 def	20.18 cde	6.83 b-e
		Tınaztepe	45.85 c	35.91 hı	20.00 cde	8.18 abc
		Local line	50.35 b	45.38 a	20.36 cde	8.18 abc
	N <sub>18</sub>	Zaferyolu	41.77 d-h	35.92 hı	32.80 c	9.75 a
		Ofis 3	51.22 b	45.38 a	56.24 ab	8.96 ab
		Tınaztepe	42.84 de	31.56 kl	46.31 b	8.96 ab
		Local line	43.11 cd	39.80 cde	31.53 cd	7.93 a-d
SD <sub>2</sub>	N <sub>0</sub>	Zaferyolu	34.52 m	30.11 l	16.21 e	5.78 cde
		Ofis 3	39.01 g-l	35.19 ij	17.99 cde	5.49 De
		Tınaztepe	36.43 lm	35.65 hı	15.05 e	5.18 e
		Local line	39.02 g-l	35.02 ij	20.15 cde	6.09 cde
	N <sub>6</sub>	Zaferyolu	40.73 d-ı	33.32 jk	21.71 cde	7.61 a-e
		Ofis 3	41.97 d-g	39.79 cde	24.69 cde	8.33 abc
		Tınaztepe	42.82 de	32.10 k	15.34 e	7.64 a-e
		Local line	40.69 d-ı	35.03 ij	26.34 cde	7.37 a-e
	N <sub>12</sub>	Zaferyolu	37.17 j-m	36.28 ghi	18.29 cde	9.75 a
		Ofis 3	50.37 b	43.00 b	28.71 cde	8.96 a-d
		Tınaztepe	36.14 lm	36.53 ghi	26.43 cde	8.16 abc
		Local line	45.80 c	41.41 bc	25.66 cde	7.93 a-d
	N <sub>18</sub>	Zaferyolu	38.83 h-l	35.60 hı	62.41 a	6.96 b-e
		Ofis 3	42.06 def	40.84 cd	56.98 ab	7.11 b-e
		Tınaztepe	41.95 d-g	37.62 fgh	65.08 a	8.11 a-d
		Local line	41.73 d-h	37.98 efg	65.47 a	9.22 ab

Different letters between sowing density x nitrogen dose x genotype interaction denote significant differences (Duncan test, p<0.01).

genotype at SD<sub>2</sub> plant density. Domino effects of K are very common in the plant system due to the complex relationship between K and other nutrients. Synergistic interactions are well known for N x K and N x P interactions (Aulakh and Malhi 2005; Manchanda and Aulakh, 2007). In addition to N, K is the major plant nutrient absorbed and removed by crops in the largest amounts among all essential nutrients (Zlatev and Lidon, 2012). After N x P interactions, N x K interactions are

the second most significant interaction in crop production (Manchanda and Aulakh, 2007). The importance of N x K interaction and its optimum management is increasing due to increasing cropping intensity, higher crop yield and greater depletion of soil K (Singh, 1992; Manchanda and Aulakh, 2007). K is extremely important in many ways to the productivity of plant. It not only performs the important physiological functions, but it improves nitrogen use efficiency.

In conclusion, nitrogen is directly related to yield. In this study, increasing the nitrogen levels significantly increased the K content, and thus capsule and seed yield.

### **Effects of plant density, nitrogen doses and genotypes on micronutrients contents of poppy leaves**

#### **Iron (Fe)**

Fe contents of poppy leaves varied between 34.52-55.80 ppm with a mean value of 42.09 ppm. The greatest value (55.80 ppm) was obtained in 12 kg da<sup>-1</sup> N treatment of Ofis 3 genotype at SD<sub>1</sub> plant density and the lowest value (34.52 ppm) was obtained in the control treatment (without N) of Zaferyolu genotype at SD<sub>2</sub> plant density. Iron has direct synergistic relationships with N, P and K. Optimum supply of N ensures optimum uptake of iron as well as K, P, Mg, Mn and Zn from the soils. Excessive amounts of N decrease the uptake of P, K, Fe and almost all secondary and micronutrients like Ca and Mg, Fe, Zn, Mn and Cu (Malvi, 2011). Fe is an importance element in crops, because it is essential for many significant enzymes, including cytochrome that is involved in synthesize chlorophyll, electron transport chain, enzyme activity and maintain the structure of chloroplasts. In general, solubility of trivalent Fe reduces by increasing pH (Rubio et al., 2005). It is a component of ferredoxin which is responsible for oxidation/reduction reactions in the plant system like-nitrate and sulphate reduction and N fixation (Malvi, 2011). Fe deficiency has a powerful effect on chloroplast protein, so that chloroplast protein is decreased importantly by Fe deficiency. In conditions of severe Fe deficiency, cell division stops and therefore leaf growth reduces. Fe solution concentrations in flooding soils can be increased several-folds due to low redox potential. In these conditions, large amounts of Fe may be available for plant, and can be toxic to plants. Brown plant tissues, black and soft roots are the Fe toxicity symptoms.

#### **Manganese (Mn)**

Mn contents of poppy leaves varied between 30.11-45.38 ppm with a mean value of 37.09 ppm. The greatest value (43.58 ppm) was obtained in 12 kg da<sup>-1</sup> treatment of the local line and 18 kg da<sup>-1</sup> treatment of Ofis 3 genotype at SD<sub>1</sub> plant density, the lowest value (30.11%) was obtained in the control treatment (without

N) of Zaferyolu genotype at SD<sub>2</sub> plant density. Mn concentration tended to increase with N fertilization. The highest concentration of Mn was observed in leaves indicating that N fertilizer might promote the absorption of Mn by roots and its translocation from roots to shoot (Hu-Lin et al., 2007). Mn has direct synergistic relationships with K (Manchanda and Aulakh, 2007). Mn is a very significant component of photosynthesis, N metabolism and N assimilation; it activates decarboxylase, dehydrogenase and oxidase enzymes. Fe plays a very significant part in chlorophyll formation. It is a component of ferredoxin which is responsible for oxidation/reduction reactions in the plant system like-nitrate and sulphate reduction and N fixation. Each essential element may perform its role in plant nutrition properly only when the other necessary elements are available in balanced ratios for plant. Divalent Mn<sup>2+</sup> are converted into Mn<sup>3+</sup> or Mn<sup>4+</sup> easily, thus Mn plays a significant role in oxidation and reduction processes and in electron transport in photosynthesis. Moreover, Mn acts as an activator of many enzymes (Sharifianpour et al., 2013). Mn has an effective role in lipids metabolism. Moreover, amount of lignin in the plant will decrease due to Mn deficiency, such a reduction is more severe in roots. Mn deficiency symptoms first appear on younger leaves and then seen in older leaves (Mousavi et al., 2013).

#### **Zinc (Zn)**

Zn contents of poppy leaves varied between 15.05-65.47 ppm with a mean value of 28.39 ppm. The greatest value (65.47 ppm) was obtained in 18 kg da<sup>-1</sup> N treatment of Local Line at SD<sub>2</sub> plant density and the lowest value (15.05 ppm) was obtained in the control treatment (without N) of Tinaztepe genotype at SD<sub>2</sub> plant density. N treatment has been determined to effect Zn absorption by plants and vice versa. N x Zn interaction is an important factor in nutrient management for all field crops that require moderate to high amounts of N. The synergistic N x Zn interaction has also been determined to increase the N concentration in different crops as Zn helps to accelerate protein synthesis and the biological N<sub>2</sub> fixation (Verma and Bhagat, 1990). Zn uptake of soil solution is generally in divalent cation form (Zn<sup>2+</sup>), but in calcareous soils with high pH zinc uptake may be in valence ion form. The main function of Zn is tendency to make up

tetragonal complexes with N, sulfur and oxygen, thus Zn have a catalytic, activating and building role in the enzymes. Zn deficiency symptoms appear on young leaves of the plants first; because Zn cannot be transferred to younger tissues from older tissue (Mousavi et al., 2013).

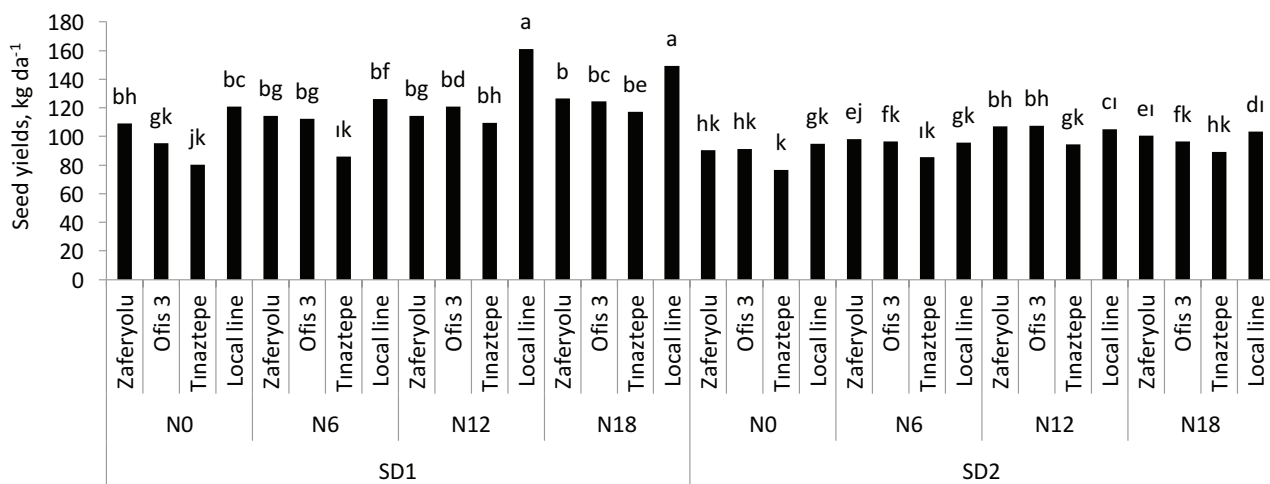
### Copper (Cu)

Cu contents of poppy leaves varied between 5.18-9.75 ppm with a mean value of 7.49 ppm. The greatest value (9.75 ppm) was obtained in 12 kg da<sup>-1</sup> N treatment of Zaferyolu genotype at SD<sub>2</sub> plant density and the lowest value (5.18 ppm) was obtained in the control treatment of Tinaztepe genotype at SD<sub>2</sub> plant density. Nutrient interaction in crops is probably one of the most significant factors affecting yields of annual crops. Optimal levels of copper and Zn increase uptake of N and P (Fageria 2014). An increase in Cu uptake by wheat due to N application has also been reported (Singh and Swarup, 1982). However, antagonistic N x Cu interaction was observed only when both were in excess supply. At lower levels of Cu, the effects of N on Cu uptake were synergistic (Antil et al., 1988). Cu is contained in cell wall formation, several enzyme systems, oxidation reactions and electron transport. Cu is not readily transferred from older to younger leaves. Cu deficiencies will most likely show up first in barley, wheat, canary or oats seed, as these crops are highly sensitive to Cu deficiency (Ask Saskatchewan Agriculture, 2012). Crop genotypes may differ widely in sensitivity to Cu deficiency (Ask Saskatchewan Agriculture, 2012).

## Effects of plant density, genotypes and nitrogen doses on capsule yield, seed yield and morphine ratio of poppy

### Capsule yield

Plant density x nitrogen doses x genotypes interactions had significant effects on capsule yield ( $p < 0.05$ , Figure 1). The greatest capsule yield and seed yield (134.30 kg da<sup>-1</sup>) was obtained in 12 kg da<sup>-1</sup> N treatment of local line genotype at SD<sub>1</sub> plant density and the lowest capsule yield and seed yield (67.22 kg da<sup>-1</sup>) was obtained in the control (without N) of Tinaztepe genotype at SD<sub>2</sub> plant density. In general, capsule yield increased as nitrogen dose increased in all poppy genotypes (Zaferyolu, Ofis 3, Tinaztepe and Local line) at both plant density (SD<sub>1</sub> and SD<sub>2</sub>). Jain et al. (1990) determined after a change of N dose from 30 to 90 kg N ha<sup>-1</sup>, an increase in the volume of capsules by as much as 58%. Turkhede et al (1981) and Camcı (1983) determined that increased capsule and seed yield of poppy by nitrogen fertilization. Camcı (1983) determined that the capsule yield varied between 68.6 kg da<sup>-1</sup> in the control plots and 130 kg da<sup>-1</sup> in the 15 kg N da<sup>-1</sup> treatment. Kara (2017) reported that the capsule yield and seed yield of the poppy genotypes in the autumn sowing varied between 416.7-1043.3 kg ha<sup>-1</sup> and 523.5-1276.3 kg ha<sup>-1</sup> in the first year, between 465.3-1375.6 kg ha<sup>-1</sup> and 596.7-1520.4 kg ha<sup>-1</sup> in the second year, respectively. The highest capsule yield, seed yield and morphine ratio of Afyon Kalesi-95 genotype were determined as 141.0%, 180.7% and 0.74% in Afyonkarahisar condition, respectively (Aytekin and Önder, 2006). The



**Figure 1.** Plant density x nitrogen doses x genotype interaction on capsule yields of poppy

**Şekil 1.** Haşhaşın kapsül verimi üzerine ekim sıklığı x azot dozu x genotip interaksyonunu

previous researchers determined that the capsule yield of poppy genotypes varied between 114.5 kg da<sup>-1</sup> (Sülümenli) and 150.7 kg da<sup>-1</sup> (Şuhut) in the 20 kg N da<sup>-1</sup> treatment (Camcı and Arslan, 1984), 73.54-173.56 kg da<sup>-1</sup> (Erdurmuş, 1989), 113.3 kg da<sup>-1</sup> (Eyüpoğlu, 1995), 145.5-255.8 kg da<sup>-1</sup> (Katar and Yılmaz, 1997), 141.0 kg da<sup>-1</sup> (Aytekin and Önder, 2006). In this study, increasing the nitrogen levels significantly increased the capsule yield. The marked effect of nitrogen on capsule and seed yields might be due to the cumulative stimulating effect of nitrogen. In addition, Nasto et al. (2009) and Khasmakhi-Sabet et al. (2009) reported that the greatest plant yield were obtained from plants grown at high density. In this study, the capsule yield increased with higher planting densities. This was probably due to increase in the number of plants per unit area, which might contribute to the production of yield per unit area leading to high yield (Law and Egharevba, 2009).

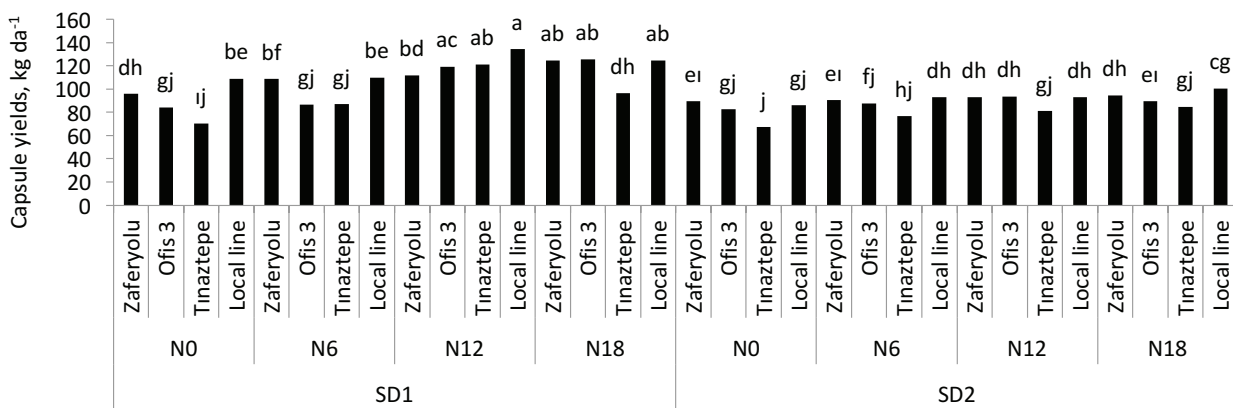
### Seed yield

Plant density x nitrogen doses x genotypes interactions had significant effects on seed yield ( $p < 0.05$ , Figure 2). The greatest seed yield (161.11 kg da<sup>-1</sup>) was obtained in 12 kg da<sup>-1</sup> N treatment of local line genotype at SD<sub>1</sub> plant density and the lowest seed yield (76.53 kg da<sup>-1</sup>) was observed in the control (without N) of Tinaztepe genotype at SD<sub>2</sub> plant density. In general, seed yield increased as nitrogen dose increased in all poppy genotypes at SD<sub>1</sub> plant density. These results correspond with findings of Yadav et al. (1984) where doses of nitrogen increasing 50, 100, 150 and 200 kg N ha<sup>-1</sup> increased seed yields compared to the control. In addition, Jain et al. (1990) detected yields increased by 37.5% when nitrogen doses

increased from 30 to 90 kg N ha<sup>-1</sup>. Kharwara et al. (1988) noted a significant stimulation in seed yields when the nitrogen dose was increased from 75 kg N ha<sup>-1</sup> to 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Bahandari et al. (1989) reported that seed yield increased from 64.7 kg da<sup>-1</sup> to 98.0 kg da<sup>-1</sup> when the nitrogen dose was increased from 3 kg N da<sup>-1</sup> to 9 kg N da<sup>-1</sup> in field experiments in which they examined the effects of plant density and nitrogen levels on yields of poppy genotypes, respectively. Eyüpoğlu (1995) reported that seed yield with increasing nitrogen doses increased from 164.8 kg da<sup>-1</sup> to 215.4 kg da<sup>-1</sup> under irrigated conditions. Rahimi et al. (2011) reported that the seed yields of the lines varied between 93.96-131.46 kg da<sup>-1</sup>. Kadar and Földesi (2001) determined that the seed yield varied between 200 kg ha<sup>-1</sup> in the control plots and 800 kg ha<sup>-1</sup> in the NPK treatment. The previous researchers determined that the capsule yield and seed yield of the poppy genotypes varied between 92.9-140.5 kg ha<sup>-1</sup> and 577.4-1046.4 kg ha<sup>-1</sup> (Boydak and Kavurmacı, 2015), 450.3-1331.0 and 512.0-1511.0 kg ha<sup>-1</sup> (Gumuscu and Arslan, 2008), 1200.0 kg ha<sup>-1</sup> and 1500.0 kg ha<sup>-1</sup> (Kosar et al., 2012), 61.4-697.2 kg ha<sup>-1</sup> and 82.2-767.5 kg ha<sup>-1</sup> (Gumuscu and Arslan, 1999), 2029.7-2781.5 kg ha<sup>-1</sup> and 1088.0-1550.0 kg ha<sup>-1</sup> (Ipek, 2011). Koc et al. (2014) reported that the capsule yield and seed yield of the autumn poppy genotypes varied with 420- 980 kg ha<sup>-1</sup> and 720-1170 kg ha<sup>-1</sup>, respectively.

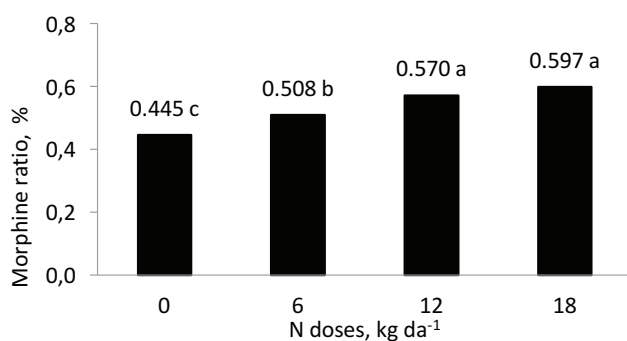
### Morphine ratio

The effect of N doses on morphine ratio was found statistically important at  $p < 0.05$  level and the effect of genotypes at  $p < 0.01$  level. On the other hand, plant density and plant density x



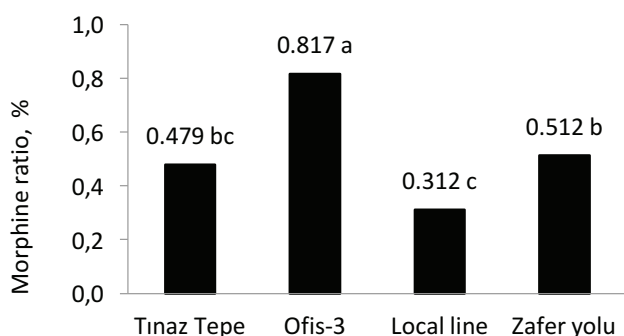
**Figure 2.** Plant density x nitrogen doses x genotype interaction on capsule yields of poppy

**Şekil 2.** Haşhaşın kapsül verimi üzerine ekim sıklığı x azot dozu x genotip interaksyonunu



**Figure 3.** Effects of nitrogen doses on the morphine ratio of poppy

**Şekil 3.** Haşhaşın morfin oranı üzerine azot dozlarının etkileri



**Figure 4.** Effects of poppy genotypes on the morphine ratio

**Şekil 4.** Morfin oranı üzerine haşhaş genotiplerinin etkileri

nitrogen dose and genotype interaction on the morphine ratio were not statistically significant ( $p < 0.01$ ). Morphine ratio of the poppy capsules increased with nitrogen fertilization (Figure 3). Losak and Richter (2004) reported that the increasing dose of nitrogen increased morphine content. The highest morphine ratio (0.597%) was observed in 18 kg da<sup>-1</sup> N treatment and the lowest value (0.445%) was obtained in the control (without N). There was no difference between 12 kg da<sup>-1</sup> N and 18 kg da<sup>-1</sup> N treatments in terms of morphine content. This is in accordance with a number of literary sources, which indicated that the increasing content of morphine is dependent on the increasing level of N fertilization (Engin, 1995). The morphine ratio in the poppy can be affected by the genetic capabilities of the nitrogen nutrition, the genotype, diseases, the water regime and pests (Harvest et al., 2009; Jaszberenyi and Nemeth, 2012; Skalicky et al., 2014).

In this study, there were large variations in the morphine ratio of the poppy genotypes ( $p < 0.01$ ). The greatest morphine ratio (0.817%) was obtained in the Ofis 3 genotype and the lowest morphine ratio

(0.312%) was obtained in the local line genotype (Figure 4). The differences in morphine ratio could be the result of soil and climatic conditions, agronomic practices, genotypes and sowing times. The previous researchers reported that these differences among the poppy genotype are due to the root structures, the plant characteristics, genetic potential and the nutrient uptake capacities of the varieties (Karadavut and Arslan, 2006; Gumuscu et al., 2008; Ipek, 2011). Skalicky et al. (2014) reported that the morphine content of the industrial poppies was approximately 1%. Kara (2017) reported that the morphine ratio of Ofis-3, TMO-3, TMO-T, Bolvadin-95 and Ofis-8 genotypes in the spring sowing were determined as 0.95%, 0.97%, 0.95%, 0.90%, and 0.95%, respectively. The morphine content of the poppy genotypes varied between 0.22-1.225% (Karadavut and Arslan, 2006), 0.110-1.140% (Gumuscu et al., 2008), 0.45-1.30% (Koc et al., 2014), 0.23- 0.83% (Boydak and Kavurmaci, 2015), 0.45%-1.00% depending on the genotypes (Skalicky et al., 2014). The results of this study are in accordance with the results of the researchers mentioned above.

## CONCLUSION

While the effect of plant density x nitrogen dose x genotype interaction was statistically significant in terms of the total ash, mineral elements of poppy leaves, capsule yield and seed yield ( $p < 0.01$ ), it was found insignificant for morphine ratio. As compared to the control treatments without N, higher N doses increased macro-micro nutrients of poppy leaves. Genotypes had also significant effects on nutrient contents. The greatest capsule and seed yield were obtained in 12 kg da<sup>-1</sup> N treatment of local line genotype at SD<sub>1</sub> plant density and the lowest capsule and seed yield was observed in the control (without N) of Tınaztepe genotype at SD<sub>2</sub> plant density. In generally, capsule yield, seed yield and morphine ratio of the poppy in the all genotypes at both plant density increased due to increased nitrogen fertilization. There were not any studies in literature about the effects of plant density, genotypes and nitrogen doses on macro and micro nutrients of poppy leaves. Therefore, present study will fill up a significant gap in literature and will have significant contributions to further studies on poppy. With regard to plant density, SD<sub>1</sub> (25 plants per m<sup>2</sup>) was prominent for majority of investigated parameters.

As compared to other genotypes, Ofis 3 genotype can be recommended 12 kg da<sup>-1</sup> N treatment in terms of mineral nutrient contents of poppy leaves and morphine ratio at SD<sub>1</sub> plant density.

## REFERENCES

- Acosta-Durán CM, Ocampo D, Cedillo E, Nava LM (2007). Effect of calcium sulphate and biosolids in crop yield peanut (*Arachis hypogaea* L.), *Agricultural Research*, 4(1):31-38.
- Antil RS, Yadav DS, Yadav VK, Singh M (1988). Nitrogen-copper relationship in Raya (*Brassica juncea* Coss). *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 36:704-708.
- Arslan N, Buyukgocmen R, Gumuscu A (2000). Oil and morphine contents of Turkish poppy populations. *Journal of Field Crops Research Institute*. 9:56-60 (Turkey).
- Ask Saskatchewan Agriculture (2012). Micronutrients in crop production. *Soils, Fertility and Nutrients*. ASK Saskatchewan Agriculture. <http://www.agriculture.gov.sk.ca/>.
- Aulakh MS, Malhi SS (2005). Interactions of nitrogen with other nutrients and water: Effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration, and environmental pollution. *Advances in Agronomy* 86:341-409.
- Aytekin M, Önder M (2006). Azot ve Fosfor Dozlarının Haşhaşa (*Papaver Somniferum* L.) Verim ve Bazı Verim Unsurları İle Kalite Üzerine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(38):68-75.
- Bernáth J, Németh E (2010). Poppy. p.449-468.: In: J. Vollmann and I. Rajcan (eds.), *Oil Crops, Handbook of Plant Breeding*, Vol. 4. Springer Science, Business Media, LLC, New York.
- Bahandari M, Sharma M, Dashi PP (1989). Effect of plant population and nitrogen fertilization on yield and yield attributes in *Papaver somniferum* L., Comparative physiology and ecology. Department of Plant Breeding College of Agriculture. Udaipur 313001, India.
- Biswas BC, Prasad N (1991). Importance of nutrient interactions in crop production. *Fertilization News*, 36(7):43-57.
- Boydak E, Kavurmacı Z (2015). Adaptation of some of poppy (*Papaver somniferum* L.) types in the Eastern Gateway Region. *Turk Journal of Nature and Science*. 4:44-47.
- Brown D, Weselby C (2010). NASA-funded research discovers life built with toxic chemical. *NASA Feature*, posted on NASA December, 2. <http://www.nasa.gov/>.
- Camcı H (1983). Başlıca haşhaş çeşitlerinin afyon yöresindeki adaptasyonu ile uygulanan bazı değişik yetiştirme tekniklerinin verim ve kalite üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi İhtisas Tezi*.
- Camcı H, Arslan N (1984). Sulu susuz şartlarda gübrelemenin haşhaşın kapsül ve tohum verimine etkisi. IV. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı Bildiri Kitabı. S:164-166. Ankara.
- Ehsanipour A, Razmjoo J, Zeinali H (2012). Effect of nitrogen rate on yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions. *Industrial Crops and Products*, 35:121-125.
- Engin D (1995). Azot dozları ve hasat zamanının haşhaşda verim ve kalite üzerine etkisi. PhD Thesis in Turkish.
- Erdemoglu N, Ozilhan S, Oztop F, Sener B (2002). Analysis with HPLC of alkaloids in poppy capsules sown in Turkey. 14th Herbal Pharmaceutical Raw Materials Conference, May-2002, pp:224-227 (Turkey).
- Erdurmuş A (1989). Haşhaş hatlarında fenolojik ve morfolojik karakterlerin morfin ve tohum verimiyle ilişkileri, PhD Thesis, Ankara, Turkey.
- Escalante EJA (1999) Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual enfunción del nitrógeno. *Terra* 17(2):149-157.
- Eyüpoğlu F (1995). Göller bölgesinde yetiştirilen haşhaşın azotlu ve fosforlu gübre isteği. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınlar*. Genel Yayın No:205.
- Fageria NK (2014). Nitrogen management in crop production. Boca Raton, FL: CRC Press.
- FAOSTAT (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Erişim Tarihi: 15.10.2017). [www.fao.org/faostat/en/](http://www.fao.org/faostat/en/).
- Gumuscu A, Arslan N (1999). Comparing yield and yield components of some selected poppy (*Papaver somniferum* L.) lines. *Turk J. of Agric. and Forestry*. 23:991-997 (additional number 4) (in Turkish).
- Gumuşcu A, Arslan N (2008). Bazı haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Melez hatlarının verim ve verim öğelerinde heterosis üzerine araştırmalar. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 14:365-373.
- Gumuşcu A, Arslan N, Sarıhan EO (2008). Evaluation of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) lines by their morphine and other alkaloids contents. *The Journal European Food Research and Technology*, 226:1213-1220.
- Harvest T, Brown PH, Fist A, Gracie A, Gregory D, Koutoulis A (2009). The latex capacity of opium poppy capsules is fixed early in capsule development and is not a major determinant in morphine yield. *Annual Applied Biology*. 154:251-258.
- Hermans C, Vuylsteke M, Coppens F, Cristescu SM, Harren FJ, Inzé D, Verbruggen N (2010). Systems analysis of the responses to long-term magnesium deficiency and restoration in *Ara-bidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 187(1):132-144.
- Hu-lin H, Wei YZ, Yang XE, Feng Y, Wu CY (2007). Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryzasativa*). *Rice Science*, 14(4): 289-294.
- IFA (2003). International fertilizer industry association IFADATA STATISTICS. (<http://www.fertilize.org>) International fertilizer industry association, Paris, France.
- İpek G (2011). The researches on some botanical and agricultural characteristics of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) lines with high morphine. *Ankara University Master Thesis*, 104p (Turkey).

- Jain PM (1990). Effects of Phosphorus and Potassium on Yield of Opium Poppy. *Indian Journal of Agronomy*, 35:(3),235-238.
- Jaszberenyi C, Nemeth E (2012). Connection of frost tolerance and alkaloid accumulation potential in poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal Applied Food Quality Botany*, 85:116-119.
- Kacar B, Inal A (2008). Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın No:1241-477, Ankara, Turkey.
- Kadar I, Földesi D (2001). Mineral fertilisation of poppy (*Papaver somniferum* L.) on calcareous loamy chernozem soil. Növénytermeles 50 84) Budapest: Agroinform Kiadohaz, 453-465.
- Kara N (2017). The effects of autumn and spring sowing on yield, oil and morphine contents in the Turkish poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1):39-46.
- Karabuk B (2012). The effects of nitrogen fertilization and sowing methods on agricultural and quality of poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties. Ondokuz Mayıs Uni. PhD Thesis, 120p (Turkey).
- Karadavut U, Arslan N (2006). Some plants characteristics of poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars and populations with foreign origin. *J. of Plants Research*, 1: 1-5 (Turkey).
- Katar D, Yılmaz G (1997). The effects on yield and yield components of poppy of nitrogen application times and doses. Turkey 2nd Field Crops Cong. 22-25 September 1997 (Turkey).
- Kharwara PC, Awasthi OP, Sing CM (1988). Effect of sowing dates, nitrogen and phosphorus levels on yield and quality of opium poppy. *Indian Journal of Agronomy*, 33 (2):159-163.
- Khasmakhi-Sabet A, Sedaghatthoor SH, Mohammady J, Olfati A (2009). Effect of plant density on Bell pepper yield and quality. *Int. J. Veg. Sci.*, 15: 264-271.
- Koc H, Gunes A, Gunduz O, Ulker R, Gumuscu G, Aksoyak S (2014). Evaluation of certain opium poppy genotypes for seed and capsule yields and morphine content under Konya province conditions. *Medicinal and Aromatic Plants Symposium 23-25 September 2014*, pp: 348-341 (Turkey).
- Kosar FC, Camci H, Kose A, Bilir O (2012). Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarafından Geliştirilen Yeni Haşhaş Çeşitleri. *Medicinal and Aromatic Plants Symposium 13-15 September 2012*, pp:324-328 (Turkey).
- Losak T, Richter R (2004). Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant Soil and Environment*, 50(1):484-488.
- Malvi U (2011). Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka The Journal of Agricultural Science*, 24(1):106-109.
- Manchanda JS, Aulakh MS (2007). Importance of interactions of nitrogen with primary and secondary micronutrients in crop production and environmental safety-Indian perspectives. IK International Publishing House, New Delhi, India, pp:227-248.
- Mousavi SR, Galavi M, Rezaei M (2013). Zinc (Zn) Importance for crop production—A review. *International journal of Agronomy and Plant Production*, 4(1):64-68.
- Nasto TH, Balliu A, Zeka N (2009). The influence of planting density on growth characteristics and fruit yield of peppers (*Capsicum annuum* L.). *Acta Hort.*, 830: 906-912.
- Nurzyńska-Wierdak R (2006). Plon oraz skąd chemiczny liści rokiety i kalarepy w zależności od nawożenia azotowo-potasowego. *Rozp. Nauk., WAR Lublin*.
- Prajapati S, Bajpai S, Singh D, Luthra R, Gupta MM, Kumar S (2002). Alkaloid profiles of the Indian land races of the opium poppy (*Papaver somniferum* L.), *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49:183-188.
- Rahimi A, Arslan N, İpek A (2011). Düşük morfinli haşhaş (*Papaver somniferum* L.) hatlarından çeşit geliştirilmesi yönünde yapılan çalışmalar. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi. 2011. Samsun.
- Rahman M, Punja Z (2007). Mineral nutrition and plant diseases, L.E. Datnoff, W.H. Elmer, D.M. Huber (Eds.), *The American Phytopathological Society*, Minnesota, USA.
- Rubio OA, Grünwald NJ, Cadena MA (2005). Influence of nitrogen on late blight infection in potato cultivation in Toluca, Mexico, *American TERRA*, 23(4):487-493.
- Sedano-Castro G, González VA, Saucedo C, Soto M, Sandoval M, Carrillo JA (2011). Yield and fruit quality of zucchini with high doses of N and K, *American TERRA* 29 (2):133-142.
- Sharifianpour G, Zaharah AR, Ishak CF, Hanafi MM, Nejat N, Sahebi M, Sharifkhan A, Azizi P (2013). Elucidating the expression of zinc transporters involved in zinc uptake by upland rice landraces in Malaysia. *Advances in Environmental Biology*, 7(14):4854-4857.
- Singh DV, Swarup C (1982). Copper nutrition of wheat in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. *Plant Soil*, 65:433-436.
- Singh M (1992). The nitrogen-potassium interaction and its management. In *Management of nutrient interactions in agriculture* (H.L.S. Tandon, Ed), pp.21-37, New Delhi, India.
- Skalicky M, Hejnak V, Novak J, Hejtmankova A, Stranska I (2014). Evaluation of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Industrial aspect. Turkish Journal of Field Crops*, 19:189-196.
- Soil Survey Staff (2014). Kellogg soil survey laboratory methods manual. *Soil Survey Investigations Report No. 42*, version 5.0. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 279-281.
- Tambe SS, Kadam VB (2010). Determination of ash values of two endangered medicinal taxa of Marathwada Region. *Journal of Ecobiotechnology*, 2(8):25-28.
- Turkhede BB, Mathur VS, Ram S (1981). Effects of rates, timing and methods of nitrogen application opium seed yield and quality of opium poppy. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 51(2):102-107.
- TURKSTAT (2015). Turkey Statistically Office. (Erişim Tarihi: 09.11.2016). [www.turkstat.gov.tr](http://www.turkstat.gov.tr).

Verma TS, Bhagat RM (1990). Zinc and nitrogen interaction in wheat grown in limed and unlimed acid alfisol. *Fertility Research*, 2:29-35.

Wilkinson SR, Grunes DL, Sumner ME (2000). Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In *Handbook of soil science* (M.E.Sumner, Ed.), pp.D89-D104.CRC Press, New York.

Yadav RL, Mohan R, Singh R, Verma RK (1984). The effect of application of nitrogen fertilizer on the growth of opium poppy in north central India. *The Journal of Agricultural Science*, 102:361–366.

Yılmaz HA (1999). Farklı Ekim Sıklıklarının İki Yerfistiği (*Archis hypogea* L.) Genotipinde Verim, Verim Unsurları, Yağ ve Protein İçeriklerine Etkisi. *TÜBİTAK, Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 23(3):299-308.

Yurtsever N (2011). *Experimental statistical methods*. Soil, Fertilizer and Water Research Institute, Technical Pub. No.: 56, Pub. No.: 121, Ankara, (Turkey).

Zlatev Z, Lidon FC (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(1).



# Mısır Bitkisinin Verim Parametreleri ile Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon Modellerin Belirlenmesi

Nalan KARS<sup>1</sup>,

İmanverdi EKBERLİ<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): iman@omu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 10.09.2019

Kabul tarihi (Accepted): 12.12.2019

DOI: 10.21657/topraksu.618118

## Öz

Bu çalışmanın amacı, Çarşamba Ovası'nda yetiştirilen mısır bitkisinin verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında regresyon modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, ovanın çiftçiler tarafından mısır tarımı yapılan arazilerinden toprak ve bitki örnekleri alınmıştır. Araştırma alanındaki mısır bitki boyu değerlerinin %65'i 250 cm ile 300 cm, bin tane ağırlığı değerlerinin %60'ı 300 g ile 460 g, tane verimi değerlerinin %57.5'i ise 1000-1400 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği saptanmıştır. Bitki boyu ile Ca+Mg, kireç (CaCO<sub>3</sub>), hacim ağırlığı (HA), tarla kapasitesi (TK), organik madde (OM), (EC)<sup>2</sup>, (OM)<sup>2</sup>, (CaCO<sub>3</sub>)<sup>2</sup>, √Kum, √N parametreleri arasındaki regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmayıp, belirleme katsayısı (R = 0.543) orta; bin dane ağırlığı ile EC, OM, Kum, (HA)<sub>2</sub>, (KumxHA), √CaCO<sub>3</sub>, √EC, solma noktası (SN) parametreleri arasındaki model istatistiksel olarak anlamlı (p = 0.012), belirleme katsayısı (R = 0.819) çok yüksek; tane verimi ile OM, N, fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na), çinko (Zn), Ca+Mg, Silt, (SNxHA), HA, SN parametreleri arasındaki modelin performansı çok yüksek (R = 0.894; p = 0.001) olarak belirlenmiştir. Verim parametreleri ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde belirleme katsayısı (R), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen regresyon modellerin, ova topraklarında yetiştirilen mısır bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki boyu, bin tane ağırlığı, fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri, regresyon modeller, verim

## Applicability of Regression Models Between Yield Parameters and Some Soil Properties of Maize Plant

### Abstract

The aim of this study was to set regression models between yield parameters of maize plant grown in Çarşamba Plain (plant height, thousand seed weight and grain yield) and some physical and chemical properties of soils and to determine applicability of obtained models in estimation of yield in plain soils. For this purpose, soil and plant samples were taken from root zone of cultivated farms. In the research area, 65% of the maize plant height values were determined as between 250 cm and 300

cm, 60% of thousand seed weight values were between 300 g and 460 g, and 57.5% of the yield values were between 1000-1400 kg da<sup>-1</sup>. In the regression model between maize plant height and electrical conductivity (EC), Ca+Mg, lime (CaCO<sub>3</sub>), bulk density (BD), field capacity (FC), organic matter (OM), (EC)<sup>2</sup>, √Sand, nitrogen (√N) content wasn't statistically significant (R=0.543, p>005); in the model between 1000 seed weight of maize and (EC), (OM), Sand, (BD)<sup>2</sup>, (Sand×BD), √(CaCO<sub>3</sub>), √EC, wilting point (WP) parameters, the high determination coefficient R = 0.819 was determined at statistical significance level of p = 0.012; the performance of the model between maize grain yield and OM, N, phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), zinc (Zn), Ca+Mg, Silt, Sand, (BD×WP), BD, WP parameters was very high (R = 0.840; p = 0.001). Determination coefficient (R), root mean square error (RMSE), index of agreement (d), model efficiency (ME) were evaluated together to determine the validity of regression models between the yield components and physical and chemical properties of soils. In general, statistical parameters were within validity limits. It can be seen that the regression models obtained can be applied in the estimation of yield parameters of maize plant grown in plain soils.

**Keywords:** Plant height, physical and chemical properties of soils, regression models, thousand seed weight, yield

## GİRİŞ

Medeniyetlerin başlangıcından beri artan nüfusa bağlı olarak birim alandan daha fazla ürün elde etmek amacıyla yapılan yoğun tarım uygulamaları (gübreleme, ilaçlama, sulama, toprak işleme vb.) sonucunda, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden birinin veya birkaçının yetişme ortamında yüksek veya eksik bulunması, bitki gelişimini ve bitkilerin toprakta bulunan besin maddelerinden yeteri kadar yararlanmasını sınırlandırmakta ve böylece yüksek ve kaliteli ürün alınmasını da olumsuz yönde etkilemektedir. Toprak verimliliğinin artırılması için gerekli yöntemlerinin belirlenmesinde, verim parametreleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi önemlidir. Bu nedenle, araştırmacılar (Taban vd., 2004; Ekberli ve Kerimova, 2005; Özdemir vd., 2014; Ekberli ve Dengiz, 2016; 2017; Kars ve Ekberli, 2019b) tarafından toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin ve bu özelliklerle çeşitli bitkilerin verim parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi; verimliliğin korunması, tahmin edilmesi ve artırılmasına yönelik yöntemlerin oluşturulmasında gerekliliği vurgulanmıştır.

Mısır bitkisi diğer tahıl ürünleri ile beraber, ülkemizin ekonomi bağımsızlığında önemli olup, mısırın ekiliş alanı 6.8 x 105 ha, üretimi 6.4 x 106 ton, verimi ise 941 kg da<sup>-1</sup> olmaktadır. Karadeniz bölgesinde en önemli tarımsal potansiyele sahip olan Çarşamba Ovası'nda, mısır bitkisinin ekiliş alanı 4038 ha, üretimi 27021 ton, verimi 750 kg da<sup>-1</sup>'dir (Anonim, 2016). Mısır diğer kültür bitkilerine oranla (pamuk, buğday, çeltik gibi) güneş ışığından daha

yüksek oranda yararlanmaktadır. Bu ise, daha fazla miktarda kuru madde oluşumuna neden olmakta ve mısır bitkisi toprakta mevcut olan besin maddelerinin daha iyi değerlendirerek birim alandan yüksek verim alınmasını sağlamaktadır (Çolakoğlu, 1985). Birçok araştırmada (Tosun ve Yurtman, 1973; Park vd., 1986; Gençtan ve Sağlam, 1987; Korkut vd., 1993) mısır bitkisinin bin tane ağırlığının verimle pozitif yönde ilişkisinin olduğu, verim azaldığında bin tane ağırlığının da azaldığı bildirilmiştir. Özgentürk (2001)'e göre, bin tane ağırlığı, diğer agronomik faktörlerle beraber, tane verimine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Yalçın ve Usta (1992), farklı tekstürlü 5 adet toprak üzerinde yaptıkları bir araştırmada, organik madde miktarının %0.6-1.27 arasında değişiminin, mısır bitkisinin gelişimine negatif etki yapmadığını belirlemişlerdir. Sönmez (2001), 1998-1999 yıllarında Tokat Erbaa ilçesi ekolojik koşullarında farklı azot dozlarının mısır çeşitlerinde tane verimi ve verim parametrelerine etkisini incelemiş; azot dozlarının bitki boyu, koçan uzunluğu, koçan tane sayısı, koçan tane ağırlığı, bin tane ağırlığı ve tane verimi üzerine çok önemli etkisinin olduğunu belirlemiştir.

Regresyon modellerin ekoloji, hidroloji, çeşitli mühendislik dallarında olduğu gibi, tarım alanında da geniş uygulamaları vardır. Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde değerlerin birikimine paralel olarak, regresyon modellerin amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır. Toprak ve bitki ekosisteminde regresyon modellerin

yapılması ve kullanılması (Bayraklı vd., 1999; Korkmaz vd., 2000; Overman ve Scholtz, 2002; Gülser, 2004; Guber vd., 2009; Huang vd., 2014; Dorsey ve Hardy, 2018; Özdemir vd., 2018; Thiery vd., 2018; Kars ve Ekberli, 2019a); basit diferansiyel, cebirsel ve kısmi türevli diferansiyel denklemlerle ifade edilen teorik modellerden daha kolay ve pratik olmaktadır. Deneysel (regresyon) ve teorik modellerin yapılmasında, birçok varsayımlar kabul edilmekte, benzer etkilere sahip parametrelerin bazılarının kullanılması söz konusu olmaktadır (Bouma ve van Lanen, 1987; Bouma, 1989; Pachepsky ve Rawls, 2004). Regresyon modellerin yardımıyla, çeşitli bitkilerin verim parametreleri (bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane verimi gibi) ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki nicel ilişkiler açıklanabilmektedir. Araştırmacılar tarafından yapılan regresyon modellerinde bağımsız parametreler olarak; deneysel olarak daha kolay belirlenebilen kimyasal ve fiziksel toprak özellikleri tercih edilmektedir (Campbell ve Shiozawa, 1992; Vereecken vd., 2010; Gülser vd., 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017). Regresyon modellerinin geçerliliğinin belirlenmesinde farklı istatistiksel parametrelerin kullanılması, model oluşturulmasında önemli ve gerekli aşamalardan biridir. Birçok araştırmacı tarafından regresyon modellerinin uygulanabilirliğini belirlemek için; hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), maksimum nisbi hata (MNH), mutlak hata (MH), belirleme katsayısı (R) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Budka vd., 2015; Patil ve Singh, 2016; Aydoğan ve Soylu, 2017). Karadeniz bölgesinin en önemli tarımsal potansiyele sahip olan Çarşamba ovasında çeşitli bitkisel ürünler (buğday, soya, mısır, çeltik, fındık vb.) yetiştirilmektedir. Bu bitkisel ürünlerin yetiştirildiği alanlarda toprak özelliklerinin ve bitkilerin agronomik özelliklerinin belirlenmesi, toprakların sürdürülebilirliğinin korunmasında ve ürün tahmininde önemlidir.

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

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma; 2013-2014 yıllarında Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde, çiftçiler tarafından tarım yapılan arazilerden 0-20 cm derinlikten rastgele örnekleme metodu ile Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde her yıl için 20 toprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Aynı alanlardan bitki örneklerinin alınmasında ise Anonim (2013)'de gösterilen yöntem kullanılmıştır. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar  
Figure 1. Locations where soil samples are taken

Samsun ili sınırları içerisinde yer alan Çarşamba Ovası, güneyde Canik dağları ile kuzeyde ise Karadeniz ile sınırı bulunan Yeşilirmak'ın oluşturduğu bir delta ovasıdır. Ova 0-50 m kotları arasında, 103 766 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Çarşamba Ovası doğu-batı istikametinde 65 km, güney-kuzey istikametinde ise 35 km uzunluğa sahiptir. Ova taban arazilerinin genel eğimleri güney-kuzey istikametinde olup ortalama eğim %0.1'dir. Bu eğim, deniz kenarına yaklaştıkça %0-0.02'ye kadar düşmektedir. Yamaç arazilerde ise eğim, %2-40 arasında değişmektedir. Ova; bitki örtüsü yönünden çok zengin olup, 58 921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ovada mısır bitkisinin ekiliş alanı 4 038 ha, üretimi 270 21 ton, verimi 750 kg da<sup>-1</sup>'dir (Anonim, 2016). Ova toprakları alüvyal ve kısmen de kolüvyal (kestane rengi topraklar, gri-kestane podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları) karakterdedir (Anonim, 1984). Ovada yıllık toplam yağış miktarı 985.9 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması ise 15-17 °C'dir (Turan vd., 2018).

Alınan toprak örneklerinde tekstür hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993); hacim ağırlığı Demiralay (1993)'a göre; toprak reaksiyonu (pH), 1:1 oranında hazırlanan toprak-süsüspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile (Bayraklı, 1987); elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); kireç (CaCO<sub>3</sub>), Scheibler kalsimetresiyle volümetrik olarak (Kacar, 1994); organik madde (OM), Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994); toplam azot (N) Kjeldahl yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994) belirlenmiştir. Toprakların yarayışlı fosfor (P) içeriği, mavi renk yöntemine göre (Olsen vd., 1954); değişebilir potasyum (K) ve sodyum (Na), toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH= 7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA titrasyonu ile (Sağlam, 1997); katyon değişim kapasitesi (KDK), Bower yöntemine göre (Anonymous, 1954); alınabilir demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) içerikleri ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekli ile (0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl<sub>2</sub> + 0.1 M TEA, pH= 7.3) tespit edilmiştir. Tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) değeri, basınçlı tabla aletinde sırasıyla 1/3 atm ve 15 atm basınç altında toprak örneklerinin hidrolik denge durumuna gelmesinden sonra ağırlık esasına göre (Black, 1965); bitkiye yarayışlı su miktarı (BYS), TK ve SN arasındaki farktan hareketle hesap yolu ile belirlenmiştir. Mısır bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

### İstatistiksel analizler

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

Hata kareler ortalamasını karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) sırasıyla aşağıdaki ifadeler kullanılarak hesaplanmıştır:

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

Burada, n-verilerin sayısı ve ise , ise m=n; - ölçülen; - hesaplanan değerlerdir.

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

Burada, ve sırasıyla hesaplanan ve ölçülen değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

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

Hata kareler ortalamasını karekökü (HKOK), tahmin hatalarının standart sapmasını ifade etmektedir. Uygunluk indeksi (d) modelin geçerliliğinin bir göstergesi olup, d'nin 1'e yakın olması modelin uygulanabilirliğini göstermektedir. Krause vd., (2005) tarafından, deneysel hidrolojik modele yönelik bir araştırmada, ME değerlerinin 1 (mükemmel uyum) ile arasında değiştiği gösterilmiş; ME'nin sıfırdan küçük olması durumunda ise ölçülen ortalama değerin, hesaplanan değerden daha etkin olduğu belirtilmiştir. d ve ME'nin analitik ifadelerinin karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi, genel olarak d değeri ME'den büyük olmaktadır (Willmott ve Matsuura, 2005; Willmott vd., 2012; Kumar vd., 2015; Wang vd., 2016).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Mısır bitkisinin agronomik özelliklerinin dağılımı

Araştırma alanında yetiştirilen mısır bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

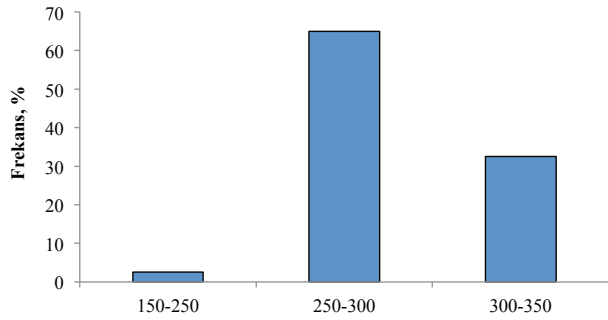
Tablo 1'den görüldüğü gibi, mısır bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 172.33-351.22 cm, 167.54-450.75 g ve 833.58-1584.37 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 294.16 cm, 345.19 g ve 1293.37 kg da<sup>-1</sup> olmaktadır. Görüldüğü gibi, istatistiksel göstergeler geçerli sınırlar dahilinde değişmektedir. Bitki boyu ve bin tane ağırlığına ait standart sapma değerleriyle karşılaştırıldığında tane veriminin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni, tane veriminin geniş aralıkta değişimi olabilir. Çarpıklık değerleri ise, soldan sifıra yakın olmakta, dolayısıyla dağılımın normale yakın olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 1.** Mısır bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)**Table 1.** Some descriptive statistics of some agronomic characteristics of maize plant (n=40)

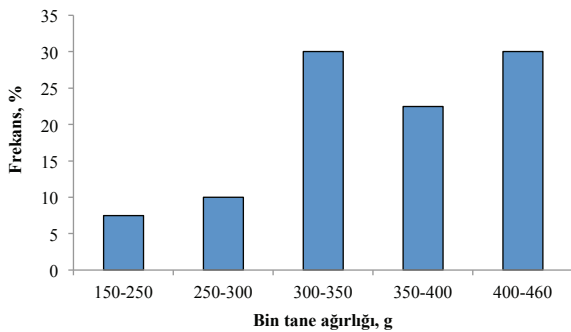
Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	St. Sapma	VK, %	Çarpıklık
BB, cm	172.33	351.22	294.16	32.85	11.16	-1.639
BTA, g	167.54	450.75	345.19	63.59	18.42	-0.274
TV, kg da <sup>-1</sup>	833.58	1584.37	1293.53	173.05	13.37	-0.621

BB: Bitki boyu; BTA: Bin tane ağırlık; TV: Tane verim; VK: Varyasyon katsayısı.

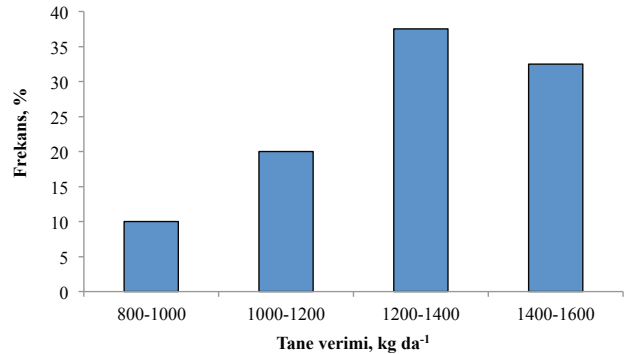
Mısır bitkisi örneklerinin BB, BTA ve TV değerlerine ait frekans dağılımları Şekil 2'de gösterilmiştir.

**Şekil 2.** Mısır bitki örneklerinin bitki boyu değerlerinin dağılımı (n=40)**Figure 2.** Distribution of plant height values of maize plant samples (n=40)

Şekil 2'de görüldüğü gibi; mısır bitkisinin BB değerlerinin %2.5'i 150 cm ile 250 cm; %65'i 250 cm ile 300 cm; %32.5'i ise 300 cm ile 350 cm arasında değişmektedir. Ergül (2008) tarafından, silajlık mısır çeşitlerinin önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada; mısır çeşitlerinde bitki boylarının 298.0 cm ile 341.0 cm arasında değiştiği, ortalama bitki boyunun ise 322.2 cm olduğu belirtilmiştir. Yapılan araştırmaların birçoğunda bitki boyunun, genotiplere ve çevre şartlarına bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Whitman vd., 1985; Öktem ve Toprak, 2013).

**Şekil 3.** Mısır bitki örneklerinin bin tane ağırlığı değerlerinin dağılımı (n=40)**Figure 3.** Distribution of thousand seed weight values of maize plant samples (n=40)

Mısır bitkisinin BTA değerleri; %7.5'i 150 g ile 250 g, %10'u 250 g ile 300 g, %30'u 300 g ile 350 g, %22.5'i 350 g ile 400 g, %30'u ise 400 g ile 460 g arasında olduğu saptanmıştır (Şekil 3). Mısır bitkisinin bin tane ağırlığı, çeşit ve çevre şartlarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Işık, su, bitki besin maddelerinin elverişli olduğu ortamlarda; bin tane ağırlık, çeşit genetik kapasitesi ile sınırlı olarak artmakta ve en yüksek ağırlığa erişmektedir (Watson, 1987). Öner vd. (2012) tarafından, farklı lokasyonlarda yetiştirilen atdışi mısır çeşit ve hatlarının agronomik özellikler yönünden karşılaştırılan bir çalışmada, Samsun lokasyonunda; en yüksek bin tane ağırlık değeri 379.3 g olarak saptanmıştır.

**Şekil 4.** Mısır bitki örneklerinin tane verim değerlerinin dağılımı (n=40)**Figure 4.** Distribution of grain yield values of maize plant samples (n=40)

Şekil 4'ten görüldüğü gibi; mısır bitkisinin TV değerlerinin %10'u 800-1000 kg da<sup>-1</sup>; %20'si 1000-1200 kg da<sup>-1</sup>; %37.5'i 1200-1400 kg da<sup>-1</sup>; %32.5'i ise 1400-1600 kg da<sup>-1</sup> arasında saptanmıştır. Öktem (1993), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırdaki 14 farklı çeşit ile yaptığı bir çalışmada; tane veriminin 827 kg da<sup>-1</sup> ile 1456 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Öz ve Kapar (2003) tarafından, Samsun koşullarına uygun tanelik hibrit mısır genotipleri geliştirmek amacı ile yapılan bir çalışmada; tane veriminin 916 kg da<sup>-1</sup> ile 1349 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bitkide tane verim farklılıkları çeşitlerin genetik özellikleri, bakım işlemleri ve toprak özelliklerinden kaynaklanabilir (Pamukçu vd., 2011; Özata vd., 2013).

**Çizelge 2.** Mısır bitkisinin bazı agronomik özellikleri ile toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi (n=40)  
**Table 2.** Correlation matrix for some agronomic properties of maize plant and chemical and physical properties of soil (n=40)

Özellikler	BB, cm	BTA, g	TV, kg da <sup>-1</sup>
BB, cm	1		
BTA, g	-0.137	1	
TV, kg da <sup>-1</sup>	-0.053	0.542**	1
Kil, %	-0.235	0.085	0.006
Silt, %	0.123	-0.225	-0.197
Kum, %	0.147	0.055	0.112
Db, g cm <sup>-3</sup>	0.207	0.032	-0.116
TK, %	-0.332	0.344	0.212
SN, %	-0.322	0.361	0.287
BYS, %	-0.276	0.247	0.051
pH, (1:1)	0.020	0.255	0.117
EC, dS m <sup>-1</sup> (1:1)	-0.112	0.431*	0.384*
CaCO <sub>3</sub> , %	0.068	-0.029	0.236
OM, %	-0.135	0.378*	0.518**
N, %	-0.236	0.637**	0.655**
P, ppm	-0.051	0.024	0.377*
K, cmol kg <sup>-1</sup>	-0.198	0.233	0.421*
Ca+Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	-0.148	0.284	0.192
Na, cmol kg <sup>-1</sup>	0.095	-0.006	0.403*
KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	-0.146	0.285	0.221
Fe, ppm	-0.125	-0.152	-0.104
Mn, ppm	-0.010	-0.231	-0.168
Cu, ppm	-0.194	0.403*	0.556**
Zn, ppm	-0.074	0.220	0.409*

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

### Mısır bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler

Mısır bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerine ait korelasyon katsayıları (r) Tablo 2’de verilmiştir. BTA ile TV arasında çok önemli pozitif ilişki (0.542\*\*) saptanmıştır. Mısır bitkisinin TV verim değeri; toprakların OM, Cu ve N değerleri ile çok önemli, EC, P, K, Na ve Zn değerleri ile ise önemli pozitif ilişkiler göstermiştir. Mısır bitkisinin agronomik özellikleriyle, toprakların diğer fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. Angelov (1994), tane verimi ile olgunlaşma süresi, bitki boyu, bitkide yaprak sayısı ve ilk koçan yüksekliği arasında önemli ve yüksek korelasyon ilişkisinin olduğunu bildirmiştir. Alp (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Zn toprakta yeterince bulunduğu zaman; özellikle bitki büyüme hormonlarının tam olarak oluştuğu, tohum veriminin arttığı, mısırdaki gövde ve tane olgunluğu sağladığı gösterilmiştir. Ayrıca, mısır bitkisinin bin tane ağırlığı; toprakların OM ve N içeriği ile çok önemli, EC değeriyle ise önemli pozitif ilişki verdiği saptanmıştır.

### Verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modeller

Mısır bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modeller Çizelge 3’te verilmiştir. Regresyon modellerinin oluşturulmasında buğday bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (Çizelge 2) dikkate alınmıştır.

**Çizelge 3.** Mısırdaki bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modelleri (n=40)  
**Table 3.** Regression models between maize plant height and some physical and chemical properties of soils (n=40)

Modeller	R	F	p
1. $BB = 259 + 63.6 HA - 0.179 Kil - 1.06 (HA \times SN) + 14 EC - 3.0 OM + 0.69 CaCO_3 - 28 \sqrt{EC}$	0.395	0.53	0.803
2. $BB = 304 - 7.60 (CaCO_3)^2 - 73.7 (EC)^2 + 3.63 (OM)^2 + 65.5 HA - 1.59 TK - 412 + 0.737 (Ca+Mg) + 58.3 CaCO_3$	0.514	0.85	0.570
3. $BB = 318 - 9.07 (CaCO_3)^2 - 74.6 (EC)^2 + 8.8 (OM)^2 + 84.4 HA - 1.96 TK - 414 + 0.984 (Ca+Mg) + 70.0 CaCO_3 - 26.8 OM + 4.30 \sqrt{Kum}$	0.543	0.71	0.703

BB: Mısır bitki boyu, cm; EC: Elektriksel iletkenlik, dS m<sup>-1</sup>; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; CaCO<sub>3</sub>: Kireç, %; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum, cmol kg<sup>-1</sup>; HA: Hacim ağırlığı, g cm<sup>-1</sup>; SN: Solma noktası, %; TK: Tarla kapasitesi, %.

**Çizelge 4.** Mısırdaki bin tane ağırlığı ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modelleri (n=40)**Table 4.** Regression models between thousand seed weight and some physical and chemical properties of soils in maize (n=40)

Modeller	R	F	p
1. $BTA = -178 + 208 EC - 7.66 CaCO_3 + 24.3 OM + 10.6 Kil + 292 HA - 8.05 (HA \times Kil)$	0.594	1.94	0.126
2. $BTA = 382 - 34.3 OM + 1713 N + 1.76 KDK + 9.83 (HA \times Kum) - 2.85 SN - 13.4 Kum - 129 (HA)^2$	0.779	4.41	0.004
3. $BTA = -655 + 16.9 pH - 98.1 CaCO_3 - 1731 EC + 37.5 OM + 2486 \sqrt{EC} + 328 \sqrt{CaCO_3} - 20.7 Kum + 14.7 (HA \times Kum) - 156 (HA)^2 - 2.64 SN$	0.819	3.45	0.012

BTA: Mısır bin tane ağırlığı, g; pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik, dS m<sup>-1</sup>; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; CaCO<sub>3</sub>: Kireç, %; HA: Hacim ağırlığı, g cm<sup>-3</sup>; SN: Solma noktası, %.

Çizelge 3'ten de görüldüğü gibi, modellerin; regresyon katsayıları 0.395 ile 0.543, F değerleri 0.53 ile 0.85, p değerleri ise 0.570 ile 0.803 arasında değişmektedir. F değeri etkileşim ve ana etkenlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılmakta ve p değeri düştükçe F'nin değeri büyümektedir. EC, Ca+Mg, OM, HA, N, TK ve kum parametreleri ile oluşturulan 3 numaralı modelde belirleme katsayısı en yüksek (R= 0.543); CaCO<sub>3</sub>, HA, SN ve OM içeren 1 numaralı modelde ise en düşük belirleme katsayısı (R= 0.395) saptanmıştır. p değerlerine göre ise regresyon modelleri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yapılan araştırmalar, regresyon modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesinin, regresyon katsayısını, dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükselttiğini göstermektedir (Kosheleva vd., 2002; Gülser vd., 2007). Ekberli ve Dengiz (2017) yaptıkları bir araştırmada; farklı topoğrafik pozisyonlar üzerinde oluşmuş toprakların çeşitli horizonlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında oluşturdukları regresyon modellerinde regresyon katsayılarının 0.615-0.998 arasında değiştiğini ve organik madde, kil, Ca+Mg özelliklerinin KDK'nın artışına etki yaptığını bildirmişlerdir.

Mısır bin tane ağırlığı ile toprakların özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (Çizelge 2) göz önüne alınarak oluşturulan regresyon modeller Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten görüldüğü gibi, modellerin; regresyon katsayıları 0.594 ile 0.819, F değerleri 1.94 ile 3.45, p değerleri ise 0.004 ile 0.126 arasında değişmektedir. pH, EC, CaCO<sub>3</sub>, OM, HA, kum, SN parametrelerini ve bazı parametre değerlerinin karesini, çarpımını, kare kökünü de kapsayan 3 numaralı modelde çoklu belirleme katsayısı en yüksek (R = 0.819), p değeri ise istatistiksel anlamlılık sınırı (p < 0.05) dâhilinde (p = 0.012); EC, CaCO<sub>3</sub>, HA ve kil içeren 1 numaralı modelde ise en düşük belirleme katsayısı (R = 0.594) saptanmış, p değeri ise (p > 0.1) istatistiksel olarak anlamlı bulunmamaktadır. Karadavut vd (2010), silajlık ve danelik mısırlarda kuru madde birikimini tahmin etmek için bazı matematiksel büyüme modelleri kullanarak modellerin regresyon katsayılarını sırasıyla (R<sup>2</sup>) 0.93; 0.95 olarak hesaplamıştır.

Mısır tane verimi ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerinden (Çizelge 5) görüldüğü gibi, modellerin regresyon katsayıları 0.752 ile 0.894;

**Çizelge 5.** Mısırdaki tane verimi ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modelleri (n=40)**Table 5.** Regression models between grain yield and some physical and chemical properties of soils in maize (n=40)

Modeller	R	F	p
1. $TV = 3095 + 7.3 pH - 237 EC + 53.9 OM - 1582 HA - 2.82 Silt - 126 SN + 103 (HA \times SN) + 41.9 Cu$	0.594	1.94	0.126
2. $TV = 743 + 79 EC - 102 OM + 3.68 Ca+Mg + 67.6 Na + 2855 + 74.5 Zn - 6.51 SN - 378 HA - 0.46 Silt$	0.779	4.41	0.004
3. $TV = 2705 - 97.9 OM + 3762 N + 6.22 P - 270 K + 2.65 Ca+Mg + 64.8 Na + 18.0 Zn - 91.8 SN - 1472 HA - 2.08 Silt + 76.3 (HA \times SN)$	0.819	3.45	0.012

TV: Mısır tane verimi, kg da<sup>-1</sup>; pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik, dS m<sup>-1</sup>; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; P: Fosfor, ppm; K: Potasyum, cmol kg<sup>-1</sup>; Zn: Çinko, ppm; Na: Sodyum, cmol kg<sup>-1</sup>; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum, cmol kg<sup>-1</sup>; HA: Hacim ağırlığı, g cm<sup>-3</sup>; SN: Solma noktası, %.

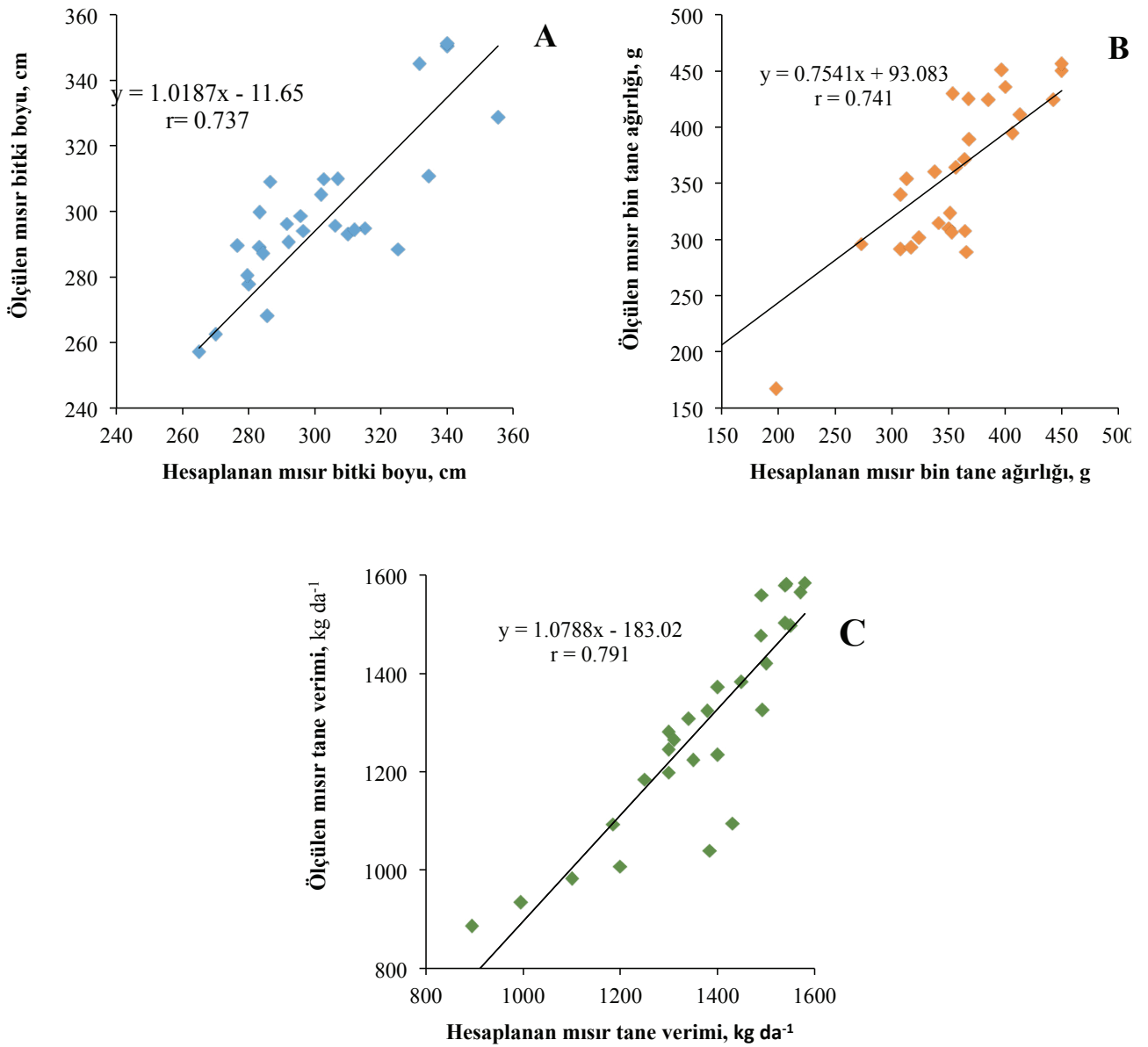
F değerleri 3.10 ile 5.83; p değerleri ise 0.001 ile 0.020 arasında olup,  $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$  düzeyinde istatistiksel anlamlılık göstermiştir. En yüksek belirleme katsayısı 3 numaralı modelde ( $R = 0.894$ ), en düşük belirleme katsayısı ( $R = 0.752$ ) ise 1 numaralı modelde saptanmış olup, modellerin regresyon katsayıları yüksek düzeyde bulunmuştur. Budka vd. (2015), tarımsal uygulamada fungal hastalık enfeksiyonundan kaynaklanan verim kayıplarını tahmin etmek için regresyon denklemleri kullanmışlardır. Araştırmacılar regresyon katsayılarının ( $R^2$ ) 0.077 ile 0.343 arasında değiştiğini, verim azalmasının

**Çizelge 6.** Mısır bitki boyu, mısır bin tane ağırlığı ve mısır tane verimine ait regresyon modellerine ait bazı istatistiksel parametreler ( $n=28$ )

**Table 6.** Some statistical parameters of regression models of maize plant height, maize thousand seed weight and maize grain yield ( $n=28$ )

Modeller (No)	R	HKOK	d	ME
BB	0.543	13.799	0.985	0.376
BTA	0.819	28.952	0.995	0.644
TV	0.894	122.719	0.952	-0.112

BB: Mısır bitki boyu; BTA: Mısır bin tane ağırlığı; TV: Mısır tane verimi; R: Regresyon katsayısı; HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü; d: Uygunluk indeksi; ME: Modelin etkinliği



**Şekil 5.** Mısır bitki boyu (A), bin tane ağırlığı (B), tane verimi (C) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerine göre hesaplanan ve ölçülen değerler

**Figure 5.** Maize plant height (A), thousand seed weight (B), grain yield (C) and physical and chemical properties of the soils calculated and regression models



tahmininde bölgenin toprak ve iklim koşullarının ve yaprak tipinin dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Malone vd. (2007), tarafından, mısır ve soyada tane verimini tahmin etmek için oluşturdukları regresyon denklemlerinin belirleme katsayılarını sırasıyla ( $R^2$ ) 0.85; 0.87 olduğu saptanmıştır.

### **Verim parametreleri ile toprak özellikleri arasında oluşturulan regresyon modellerin geçerlilikleri**

DeneySEL verilere göre elde edilen regresyon modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki veya veri bankasındaki değerlerden kullanılması gerekmektedir (Wang vd., 2016). Mısır BB, BTA ve TV ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait istatistiksel parametreler Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6'dan görüldüğü gibi, regresyon modellere ait istatistiksel göstergeler genel olarak, geçerlilik sınırları dâhilinde değişmektedir. Mısır tane verimine ait regresyon modelinde HKOK değerinin nispeten büyük olmasının nedeni, tane verimine ait deneySEL verilerin homojen olmaması, dolayısıyla geniş aralıkta değişmesinden kaynaklanmaktadır. Karadavut vd. (2010), üç farklı modeli kullanarak mısır çeşitlerinde kuru madde birikimini tahmin ettikleri bir çalışmada, ME değerlerini 96.78; 94.20; 84.35; 89.98; 82.91; 95.14 olarak belirlenmiştir. Banimahd ve Zand-Parsa (2013) tarafından yapılan bir çalışmada oluşturulan farklı modellerde HKOK değerleri sırasıyla 65.7; 140.3 ve 190.7 olarak belirlenmiştir.

Mısır bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane veriminin üçüncü modele göre hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5'te verilmiştir. Mısır BB, BTA, TV ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellere göre hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki doğrusal regresyonların r değerleri sırasıyla 0.737, 0.741 ve 0.791 olup, 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

### **SONUÇLAR**

Farklı tarım bitkilerinin yetiştirildiği toprakların toprak özellikleriyle verim parametreleri arasındaki deneySEL ilişkilerin belirlenmesi, verimin değerlendirilmesi ve tahmin edilmesinde

önemlidir. DeneySEL ilişkiler, verim ile toprak özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşmeyi nicel olarak değerlendirmektedir. Çarşamba Ovası'nda geleneksel toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak mısır bitkisi yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitki verim parametreleri arasında regresyon modeller oluşturulmuştur. Regresyon modellerinin oluşturulmasında, genel olarak aralarındaki ilişkiler önemli ve çok önemli düzeyde olan parametreler esas alınmıştır. BB, BTA ve TV bitki verim unsurlarıyla, toprak parametrelerinin karesini, çarpımını ve karekökünü içeren üç numaralı modellerin performansı daha yüksek bulunmuştur. Ölçülen ve regresyon modellerinden kullanılarak hesaplanan verim değerlerinin karşılaştırılması; istatistiksel parametrelerin değerlendirilmesi elde edilen regresyon modellerin araştırma bölgesinin mısır yetiştirilen topraklarında verim parametrelerinin tahmini için uygulanabilirliğini göstermektedir. Araştırma alanında çiftçiler tarafından düzenli tarımsal işlemlerin (gübreleme, sulama vb.) yapılmaması, iklim koşullarının değişimi gibi faktörler, fiziksel ve kimyasal özelliklerin olumsuz yönde etkilenmesine, toprak özelliklerinin kısa mesafelerde veya zaman aralıklarında değişmesine neden olmakta, dolayısıyla verim parametreleri ile fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki regresyon modellerin performansına da etki yapmaktadır. Regresyon modellerin oluşturulmasının ve uygulanmasının kolaylığını göz önüne alarak, yerel ve bölgesel düzeyde çeşitli bitkiler için farklı regresyon modellerin yapılabilmesi için, toprak özelliklerine ve bitkilerin verim unsurlarına ait veri bankasının oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca regresyon modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde modellerin oluşturulmasında kullanılmayan verilerden faydalanılması gerekmektedir. Genel olarak, bitki verimi ile toprak özellikleri arasındaki modellerin oluşturulmasında, parametrelerin daha fazla olması (>10-15) modelin uygulanabilirliğini zorlaştırdığından, benzer etkiye sahip parametrelerin birleştirilerek daha az sayıda verilerden kullanılması uygun gözükmektedir.

### **KAYNAKLAR**

Alp A (2010). Farklı yaprak gübresi uygulamalarının bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşit ve hatlarının verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(2): 1-16.

Alexandrov VA, Hoogenboom G (2000). The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology, 104(4): 315-327.

Angelov K (1994). Correlations between grain yield and certain plant and ear characteristics in maize hybrids. *Field Crop Abstracts*, 47: 133.

Anonim (1984). Samsun İli Verimlilik Envanteri ve Gübre İhtiyacı Raporu. Yayın No:23, Genel Yayın No:760, Ankara.

Anonim (2013). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. [https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talismatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR\\_TEKNIK\\_TALIMATI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talismatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR_TEKNIK_TALIMATI.pdf) (Erişim tarihi: 13.09.2019).

Anonim (2016). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Access date: 17.04.2017).

Anonymous (1954). United States Salinity Laboratory Staff. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. (Ed L.A. Richards). USDA Agriculture Handbook No: 60, U.S. Government Printing Office, Washington.

Aydoğan S, Soylu S (2017). Ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1): 24-30.

Banimahd SA, Zand-Parsa SH (2013). Simulation of evaporation, coupled liquid water, water vapor and heat transport through the soil medium. *Agricultural Water Management*, 130: 168-177.

Bayraklı F (1987). *Toprak ve Bitki Analizleri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.

Bayraklı F, Ekberli İ, Gülser C (1999). Azerbaycan Mil ovası topraklarının verimlilik düzeylerinin deneysel ve matematiksel olarak değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 138-153.

Black CA (1965). *Methods of Soil Analysis Part I-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, No: 9, USA.

Bouma J (1989). Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances Soil Science*, 9: 177-213.

Bouma J, van Lanen HAJ (1987). Transfer functions and threshold values: from soil characteristics to land qualities. In *Proceedings of the International Workshop on Quantified Land Evaluation Procedures*, Washington, DC, USA, pp.106-110.

Budka A, Lacka A, Gaj R, Jajor E, Korbas K (2015). Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, 78: 84-91.

Campbell GS, Shiozawa S (1992). Prediction of hydraulic properties of soils using particle-size distribution and bulk density data. In: Van Genuchten MT, Leij FJ and Lund LJ. (Eds.). *Proceedings of International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. University of California, Riverside, pp. 317-328.

Çolakoğlu H (1985). *Gübre ve Gübreleme*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Teksir no:17-1, Bornova, İzmir.

Demiralay İ (1993). *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum.

Dengiz O, Ekberli İ (2017). Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısısal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1): 45-52.

Dorsey JW, Hardy LC (2018). Sustainability factors in dynamical systems modeling: Simulating the non-linear aspects of multiple equilibria. *Ecological Modelling*, 368: 69-77.

Ekberli İ, Dengiz O (2016). Bazı inceptisol ve entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısısal yayılım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5(2): 1-10.

Ekberli İ, Dengiz O (2017). Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyon üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik özellikler ve fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 6(1): 15-27.

Ekberli İ, Kerimova E (2005). Azerbaycan'ın Şirvan bölgesinde sulanan killi bir toprağın bazı fiziksel-kimyasal parametrelerinin değişimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 54-59.

Ergül Y (2008). Silajlık mısır çeşitlerinin önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 60, Konya.

Gençtan T, Sağlam N (1987). Ekim zamanı ve ekim sıklığının üç ekmeklik buğday çeşidinde verim ve verim unsurlarına etkisi. *Türkiye Tahıl Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 6-9 Ekim, Bursa, s. 171-183.

Guber AK, Pachepsky YA, van Genuchten MT, Simunek J, Jacques D, Nemes A, Nicholson TJ, Cady RE (2009). Multimodel simulation of water flow in a field soil using pedotransfer functions. *Vadose Zone Journal*, 8(1): 1-10.

Gülser C (2004). Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası değerlerinin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3): 19-23.

Gülser C, Candemir F, İç S, Demir Z (2007). Pedotransfer modellerle ince bünyeli topraklarda doygun hidrolik iletkenliğin tahmini. V. Ulusal Hidroloji Kongresi, *Bildiriler Kitabı*, 5-7 Eylül, Ankara, s. 563-569.

Gülser C, Ekberli İ, Candemir F (2016). Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(3): 192-200.

Huang F, Zhan W, Ju W, Wang Z (2014). Improved reconstruction of soil thermal field using two-depth measurements of soil temperature. *Journal of Hydrology*, 519: 711-719.

Jackson ML (1962). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 219-221.

Kacar B (1994). *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Toprak Analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.

Karadavut U, Genç A, Tozluca A, Palta Ç (2010). Silajlık ve danelik mısırlarda kuru madde birikiminin bazı matematiksel büyüme modelleri ile analizi. *Journal of Agricultural Sciences*, 16: 89-96.

Kars, N., Ekberli, İ. (2019a). Buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin uygulanabilirliği. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(2): 153-164.

Kars N, Ekberli İ (2019b). Çarşamba Ovasının buğday bitkisi altındaki topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. Toprak Su Dergisi, 8(1): 18-28.

Krause, P., Boyle, D.P., Base, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. Advances in Geosciences, 5: 89-97.

Korkmaz A, Bayraklı F, Cülser C, Ekberli İA (2000). Bafra ve Çarşamba Ovalarında mısır bitkisinin azotlu ve fosforlu gübre ihtiyacının belirlenmesinde matematiksel modellerin uygulanabilirliği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(1): 33-40.

Korkut KZ, Sağlam N, Başer İ (1993). Ekmeklik ve makarnalık buğdaylarda verimi etkileyen bazı özellikler üzerine araştırmalar. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(2): 111-118.

Kosheleva NE, Kasimov NS, Samonova OA (2002). Regression models for the behavior of heavy metals in soils of the Smolensk-Moscow upland. Pochvovedeniye, 8: 954-966.

Kumar P, Sarangi A, Singh DK, Parihar SS, Sahoo RN (2015). Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. Agricultural Water Management, 148: 72-83.

Lindsay L, Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42(3): 421-428.

Malone RW., Ma L, Karlen DL, Meade T, Meek D, Heilman P, Kanwar RS, Hatfield JL (2007). Empirical analysis and prediction of nitrate loading and crop yield for corn-soybean rotations. Geoderma, 140: 223-234.

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, Circular No. 939.

Overman AR, Scholtz III RV (2002). Mathematical models of crop growth and yield. Marcel Dekker, Inc., New York, 325 p.

Öner F, Sezer İ, Gülümser A (2012). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen atdışi mısır (*Zea mays L. indentata*) çeşit ve hatlarının agronomik özellikler yönünden karşılaştırılması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2): 1-6.

Öktem A (1993). Çukurova koşullarında II. ürün olarak denenen mısır çeşitlerinde tane verimi ve verime etkili bazı tarımsal özellikler ile bu özellikler arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 65, Adana.

Öktem A, Toprak A (2013). Çukurova koşullarında bazı atdışi mısır (*Zea mays L. indentata*) genotiplerinin verim ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(4): 15-24.

Öz A, Kapar H (2003). Samsun koşullarında geliştirilen çeşit aday mısırların verim öğelerinin belirlenmesi ve stabilite analizi. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(4): 454-459.

Özata E, Geçit HH, Öz A, İkincikarakaya SÜ (2013). Atdışi hibrit mısır adaylarının ana ürün koşullarında performanslarının belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi, 3(1): 91-98.

Özdemir N, Ekberli İ, Kop Durmuş ÖT (2018). Bazı toprak özellikleri ile kütle yoğunluğunun tahmini için pedotransfer modeller. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(1): 46-51.

Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Kop ÖT (2014). Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 2(1): 27-32.

Özgentürk G (2001). Çukurova Bölgesinde yetiştirilen atdışi melez mısır çeşitlerinde tane verimi ile bazı tarımsal özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.

Pachepsky YA, Rawls WJ (2004). Development of pedotransfer functions in soil hydrology. Development in Soil Science, 30: 497p.

Pamukçu M, Erdal G, Savur O, Toros A, Özata E (2011). Beyaz hibrit mısır aday çeşitlerinin Antalya ve Samsun koşullarında performanslarının değerlendirilmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi s: 513-516, Bursa.

Park DK, Hossain MA, Uddin MJ (1986). Correlation and path coefficient analysis in open pollinated maize. Bangladesh-Journal of Agriculture, 11(1): 11-14.

Patil NG, Singh SK (2016). Pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties: A Review. Pedosphere, 26(4):417-430.

Richards LA (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture, Handbook No: 60, pp. 105-106.

Sağlam MT (1997). Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 189.

Sönmez F (2001). Azotun bazı mısır çeşitlerinde tane verimi ve verim komponentlerine etkisi. Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 107-212.

Taban S, Cıkkılı Y, Kebeci F, Taban N, Sezer SM (2004). Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. Tarım Bilimleri Dergisi, 10(3): 297-304.

Thiery D, Amraoui N, Noyer ML (2018). Modelling flow and heat transfer through unsaturated chalk-Validation with experimental data from the ground surface to the aquifer. Journal of Hydrology, 556: 660-673.

Tosun O, Yurtman N (1973). Ekmeklik buğdaylarda (*Triticum aestivum L. em Thell*) verime etkili morfolojik ve fizyolojik özellikler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, 23: 418-434.

Turan, M., Dengiz, O., Turan Demirağ, İ (2018). Samsun ilinin Newhall modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(2): 131-142.

Vereecken H, Weynants M, Javaux M, Pachepsky Y, Schaap MG, Van Genuchten, MT (2010). Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: A review. Vadose Zone Journal, 9(4): 795-820.

Wang L, Lia X, Chen Y, Yang K, Chen D, Zhou J, Liu W, Qi J, Huang J (2016). Validation of the global land data assimilation system based on measurements of soil temperature profiles. *Agricultural and Forest Meteorology*, 218-219: 288-297.

Watson AS (1987). *Structure and Composition. Corn: Chemistry and Technology*. Association of Cereal Chemistry. Inc. Saint Paul. pp. 53-82, Minnesota.

Whitman CE, Haffield JL, Reginato RJ (1985). Effect of slope position on the microclimate, growth, and yield of barley. *Agronomy Journal*, 77(5): 663-669.

Willmott CJ, Matsuura K (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 30(1): 79-82.

Willmott CJ, Robeson SM, Matsuura K (2012). Short Communication. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32(13): 2088-2094.

Yalçın SR, Usta S (1992). Çinko uygulamasının mısır bitkisinin gelişmesi ile çinko, demir, mangan ve bakır kapsamları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 4(1): 195-204.

# Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi Bitki Örtüsü Parametresinin Belirlenmesi

Reşat AKGÖZ<sup>1,\*</sup>

Kenan İNCE<sup>2</sup>

Günay ERPUL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara  
<sup>2</sup>Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): resatakgoz@gmail.com

Geliş tarihi (Received) : 03.10.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.12.2019

DOI:10.21657/topraksu.628988

## Öz

Sürdürülebilir Toprak Yönetimi (STY) ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi (SAY) kapsamında sorun-temelli arazi kullanımı planlamalarının yapılarak sağlıklı bir şekilde yönetilebilmesi için rüzgâr erozyonuna maruz kalan alanların konumları ve etkilenme düzeylerinin niceliksel olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda Türkiye ölçeğinde rüzgâr erozyonu tahmin modelleme çalışmaları 'Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi (UDREMİS)' ile başlatılmıştır. UDREMİS modelinin getirdiği zamansal ve konumsal tahmin esnekliği ile elde edilen bilgiler SAY, STY ve Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) çalışmalarında doğal kaynak planlamalarında altlık olarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Rüzgâr erozyonunun tahmin edilebilmesi ve izlenmesi amacıyla, dinamik ve güncellenebilir veri tabanlarının kullanılabilmesi için Yenilenmiş Rüzgâr Erozyonu Eşitliği (YREE) modeli seçilerek UDREMİS sistemi geliştirilmiştir. İklim, toprak, bitki örtüsü, pürüzlülük ana parametrelerinden oluşan YREE modelinin bitki örtüsü parametresi hakkındaki bilgilere bu yayında yer verilmiştir. Bitki örtüsüne bağlı toprak kayıpları oranının belirlendiği bu çalışmada, 1440 adet Landsat 8 uydu görüntüsü işlenerek NDVI analizleri yardımıyla bitki örtüsü kaplılıkları ve bunlardan yola çıkılarak YREE modeli vejetasyon oranı ve toprak kayıpları oranı belirlenmiştir. Çalışma ile Temmuz ayından sonra ülkemizde hasat sonrası kapalılığın giderek düştüğü ve rüzgâr erozyonuna duyarlı hale geldiği gözlenmiştir. Küresel iklim değişikliği ile yıllık yağış ve sıcaklık seyri değişmektedir. Buna bağlı olarak geç kalan sonbahar yağışları araziye rüzgâr erozyonuna açık hale getirmektedir. UDREMİS sistemi sürekli olarak dönemsel uydu görüntüleri ile desteklemekte ve buna bağlı olarak arazi kullanım değişimlerinin zamansal ve konumsal olarak rüzgâr erozyonu üzerindeki etkileri analiz edilebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi bozulumu, normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, rüzgâr erozyonu, yenilenmiş rüzgâr erozyonu eşitliği (YREE)

## Determination of National Dynamic Wind Erosion Model and Monitoring System Vegetation Parameter

### Abstract

In order to make land use planning within the scope of Sustainable Soil and Land Management (SSM&SLM), the locations and levels of impact of areas exposed to wind erosion need to be quantified. In this context, wind erosion prediction modeling studies on the country scale were initiated with the "National Dynamic Wind Erosion Model and Monitoring System (UDREMİS)". Information obtained by the temporal field estimation flexibility introduced by the UDREMİS model will be used as underlining in SLM, SSM and Land Degradation Neutrality (LDN) projects. The UDREMİS system was developed by selecting the RWEQ model where dynamic, updatable databases can be used in the national dimension

in order to predict and monitor wind erosion in the national scale. RWEQ model consists of climate, soil, topography, vegetation, management parameters; information about the vegetation parameter is given in this publication. In this study, 1440 Landsat 8 satellite images were processed and with the help of NDVI Analyses, the canopy covers and vegetation rates were determined. Vegetation and soil loss rate were determined by starting from vegetation cover. With the study, it was observed that post-harvest vegetation cover, especially on dry farmland after July, gradually fell and became susceptible to wind erosion. With global climate change, delayed rains due to the shift in the seasons affect the canopy cover at negative rate, increasing the sensitivity of the lands to wind erosion. The UDREMIS system is continuously fed by periodic satellite images, both temporal and positional effects of land use changes on wind erosion can be analyzed.

**Keywords:** Land degradation, normalized difference vegetation index (NDVI), revised wind erosion equation (RWEQ), wind erosion

## GİRİŞ

Dünya genelinde en önemli çevresel problemlerin başında şüphesiz arazi bozulumu gelmektedir. 'Küresel İklim Değişikliği' ve artan insan baskısı ile birlikte erozyon, kuraklık, arazi bozulumu ve çölleşme gibi çevresel sorunlar hızlanarak artmıştır. Bu süreçler, hâlihazırda oldukça kısıtlı olan temiz su kaynaklarının azalarak kirlenmesine, tarım, orman ve mera varlığının yok olmasına veya niteliklerini kaybetmesine, toprağın üretim kapasitesinin azalmasına yol açmaktadır.

Türkiye'de toprak ve su korumalı tarım sistemlerinin yaygınlaşmamış olması, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile ilgili politikaların eksikliği, aşırı otlatma, ormansızlaşma, geleneksel tarım uygulamaları, yanlış sulama gibi etmenler arazi bozulumu süreçlerini tetiklemektedir (Erpul vd., 2012). Özellikle bu gibi alanlarda toprak üstü örtünün uzaklaştırılması önemli bir arazi bozulumu nedeni olan rüzgâr erozyonunun şiddetini ve etkilediği alanların miktarını artırması muhtemeldir.

Arazi bozulmasına en duyarlı alanlar kurak, yarı kurak ve yarı nemli bölgeler olup (Stroosnijder, 2007), özellikle rüzgâr erozyonu bu bölgelerdeki hâkim bozulma süreçlerinden biridir (Lal, 1990). İnsan etkisiyle hız kazanan bu doğa olayı, uygun atmosferik koşullar altında gerçekleştiğinde toprak taneciklerini parçalayarak oldukça uzak mesafelere kolaylıkla taşıyabilmektedir (Reich vd., 2000). Özellikle mineral ve organik madde kapsamları açısından oldukça zengin olan üst toprak katmanının etkilendiği bu süreç sonucunda, verimli olan katmanın ortamdaki uzaklaşması ile toprakların tarımsal üretim potansiyeli önemli ölçüde azalmaktadır.

Yapılan çalışmalara göre dünya genelinde 548 milyon ha alan rüzgâr erozyonu tehlikesi ile karşı karşıyadır. Asya kıtası 222 milyon ha ile en yüksek, Afrika kıtası 186 milyon ha ile ikinci sırada yer almaktadır (Lal, 2001).

Türkiye'de ülkesel ölçekte yapılan mekânsal analizlere göre rüzgâr erozyonu potansiyeline sahip toplam alanın %7.54'ünde çok şiddetli rüzgâr erozyonunun yaşanabileceği belirtilmiştir. Bu oranın alansal karşılığı ise 1292771 ha olarak hesaplanmıştır. Alansal olarak çok şiddetli sınıfında en yüksek rüzgâr erozyonunun sırasıyla Dicle-Fırat, Kızılırmak ve Konya havzalarında en az ise sırasıyla Çoruh, Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz havzalarında olduğu belirlenmiştir. (İnce vd., 2019).

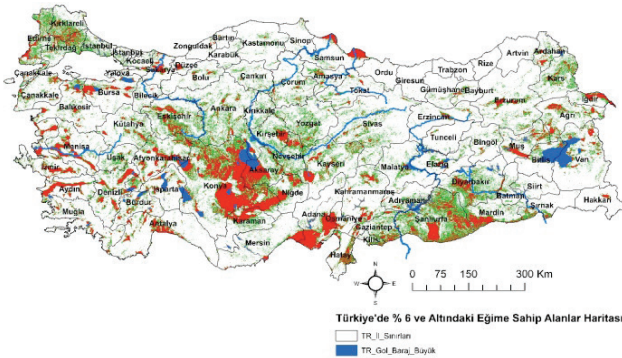
Ülkemizde rüzgâr erozyonu çalışmaları uzun süre parsel düzeyinde yapılmıştır. Bunun nedenleri genellikle çalışmaların doğrudan arazi ölçümleri şeklinde yapılması, bölgesel çalışmalarda arazi çalışması giderlerinin yüksek olması ve bölgesel düzeyde model çalışmaları için uygun veri tabanlarının üretilmemiş olmasıdır. Geçmişte üretilen rüzgâr erozyonu değerleri ortalama değerler olarak verilmekle birlikte herhangi bir veri tabanı ve modele dayalı değerler ülkesel ölçekte niceliksel olarak verilememektedir. Günümüzde STY ve SAY açısından erozyon kontrol çalışmalarını planlamak, sürdürülebilir doğal kaynak kullanımını sağlamak, mühendislik çalışmalarında kullanılmak üzere belirli konumsal ölçeklerde bilimsel ve model tabanlı erozyon risk değerlendirme çalışmalarının yapılması zorunluluk haline gelmiştir (Erpul vd., 2016).

Kurak ve yarı kurak alanlarda etkin koruma yöntemlerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir kaynak kullanımının yaygınlaştırılabilmesi için ulusal ölçekte rüzgâr erozyonu toprak kayıplarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda iklim, toprak, arazi yönetimi, vb. faktörlerin kullanıldığı ulusal dinamik rüzgâr erozyonu modeli geliştirme çalışmaları 2016 yılında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (TOB, ÇEMGM) tarafından başlatılmıştır. Türkiye ölçeğinde rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarının modellenmesinde YREE (Fryrear vd., 2000) esas alınarak UDREMİS yazılımı geliştirilmiştir. Bu çalışma ile bir dizi uzaktan algılama işlemi yapılarak UDREMİS ana parametrelerinden biri olan, bitki örtüsü parametresi belirlenmiştir:

## MATERYAL VE YÖNTEM

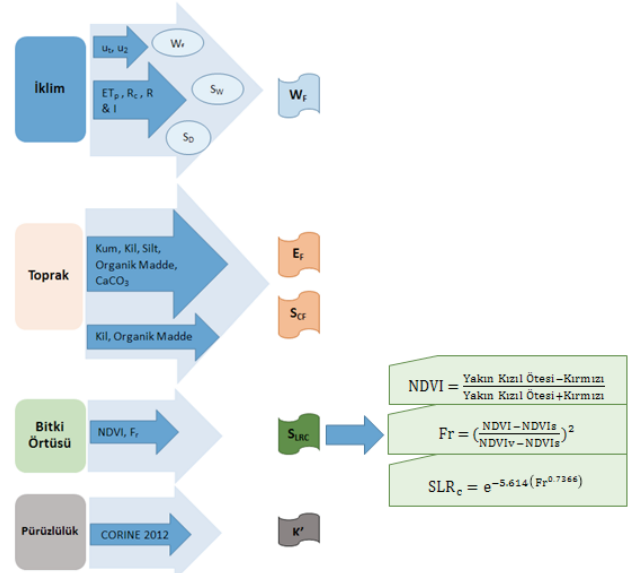
### Çalışma alanı

Bilindiği üzere düz ve düze yakın alanlarda rüzgâr hızını kesecek engel olmadığında; yani farklı arazi ve toprak pürüzlülük unsurlarının bulunmadığı koşullarda rüzgâr hız parametrelerinin erozyon süreçleri üzerindeki etkisi daha şiddetli olmaktadır. Buna bağlı olarak rüzgâr erozyonunun genellikle yüzde altı (%6) ve altındaki eğimlerde bir diğer ifade ile düz ve düze yakın geniş alanlarda meydana geldiği kabulü bulunmaktadır. Uydu görüntülerinin çerçeveler halinde temin edilmesi, Türkiye ölçeğinde NDVI değerlerinin bilinmek istenmesi ve elde edilecek NDVI değerleri kullanılarak 'Bitki Örtüsü' parametresinin hesaplanmak istenmesinden dolayı çalışma alanı olarak Türkiye seçilmiştir. Böylece NDVI'ya bağlı bir indeks ile konumsal, zamansal arazi kullanımı değişimleri ile farklı toprak işleme sistemlerinin rüzgâr erozyonuna etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Türkiye'de %6 ve Altındaki Eğime Sahip Alanlar Haritası  
Figure 1. Slope Map of Turkey (Sloping Fields ≤ 6)

Bitki örtüsü parametresinin belirlenmesinde Şekil 1'de yer alan harita dikkate alınarak % 6 ve altındaki eğimli alanlar çalışma alanı olarak belirlenmiştir. 10\*10 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükselti Modeli (SYM)'den üretilen eğim haritası kullanılarak yaklaşık olarak 17 milyon ha alan rüzgâr erozyonu izleme ve değerlendirme analizleri için çalışılmıştır.



Şekil 2. YREE Modeli Parametreleri ve Akış Şeması (Fryrear vd., 1998)

Figure 2. RWEQ Model Parameters and Flow Chart (Fryrear vd., 1998)

### Modelleme

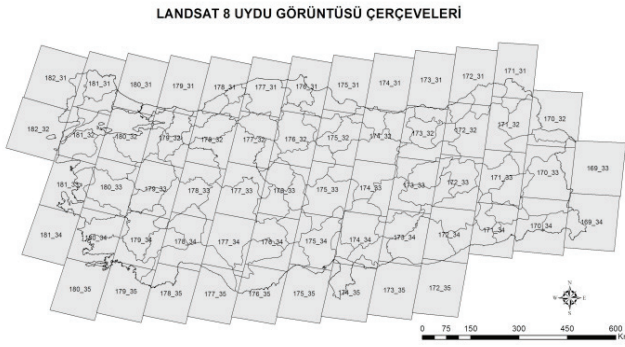
Rüzgâr erozyonu modelleme çalışmaları Rüzgâr Erozyonu Eşitliği (REE) (Woodruff ve Siddoway, 1965) ile başlamıştır. 1998 yılında yapılan çalışmalar ile REE modeli güncellenerek YREE olarak kullanıma sunulmuştur. Özellikle tarım alanlarında meydana gelen toprak kayıplarını tahmin etmek amacıyla deneye dayalı, süreç temelli modellemenin bileşkesi olarak geliştirilmiştir (Fryrear vd., 1998; Fryrear vd., 2000).

ÇEM tarafından Türkiye ölçeğinde rüzgâr erozyonunun izleme ve değerlendirmesine yönelik olarak geliştirilen UDREMİS yazılımı YREE modeli dikkate alınarak kurgulanmıştır.

Şekil 1'de de görüleceği üzere YREE modeli dört ana parametre ve ilişkili alt parametreleri ile çalışarak rüzgâr erozyonu sonucu taşınan sediment miktarını tahmin etmektedir.

### Uzaktan algılama işlemleri

UDREMİS bitki örtüsü parametresinin belirlenmesi kapsamında Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yersel çözünürlüğü 30 m olan bu görüntülerin Türkiye ölçeğinde yapılan çalışma için yeterli olduğu düşünülmüştür. Kullanılan uydu görüntüleri NASA (National Aeronautical Space Administration-Ulusal Havacılık Dairesi) "https://earthexplorer.usgs.gov/" adresinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Landsat uydusu 16 günde dünya çevresindeki turunu tamamladığı için 16 günlük zamansal çözünürlükte görüntü alınabilmektedir. Bu bağlamda 2016 yılına ait 60 çerçevede 1440 adet görüntü işlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Landsat Uydu Görüntüsü Çerçeveleri  
Figure 3. Landsat Image Frames

Uzaktan algılama çalışmalarında, uydu görüntülerinin çekilmesi esnasında meydana gelen atmosfere bağlı etkiler, ENVI yazılımı aracılığı ile giderilmiştir.

Uydu görüntülerinin çekimi esnasında meydana gelen atmosferik etkileri azaltmak için radyometrik düzeltme yapılmıştır. Radyometrik düzeltme, piksel parlaklık değerlerini, yersel spektral yansıtma değerleri ile spektral olarak karşılaştırılabilir birimlere dönüştürmektedir. (Lu vd., 2002, ENVI, 2013). (Eşitlik; [1,2,3]).

$$L_{\lambda} = Gain * Pixel Value + offset \quad 1$$

$$P_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \sin \theta} \quad 2$$

$$T = \frac{K2}{\ln \left( \frac{K1}{L_{\lambda}} + 1 \right)} \quad 3$$

Radyasyonun dünya yüzeyi tarafından emilmesi ya da tam tersi olarak saçılmasından dolayı etkilenen uydu görüntüsü piksel ve yüzey yansıtma değerlerini arındırmak için atmosferik düzeltme uygulanmıştır.

Flaash atmosferik düzeltme ile sensör değerleri yansıtma değerlerine çevrilerek atmosferik düzeltme yapılmıştır. Atmosferik düzeltme esnasında görüntünün ortalama yükseltisi, uçuş zamanı ve günü, aerosol modeli gibi alt parametreleri kullanılmıştır. (Eşitlik; [4]).

$$L = \left( \frac{A_p}{1 - p_e S} \right) + \left( \frac{B p_e}{1 - p_e S} \right) + L_a \quad 4$$

### Bitki örtüsü parametresinin belirlenmesi

Çalışma ile temin edilen uydu görüntüleri görüntü zenginleştirme işlemlerinin ardından NDVI analizlerine tabi tutulmuştur. Analizler 15 günlük periyotlarla bütün yılı kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Buda bulut ve kar örtüsünün izin verdiği alanlarda yılda 24 ayrı dönemde NDVI değeri hesaplandığı anlamına gelmektedir (Eşitlik; [5]).

$$NDVI = \frac{Yakın Kızıl Ötesi - Kırmızı}{Yakın Kızıl Ötesi + Kırmızı} \quad 5$$

YREE temelli UDREMİS yazılımında NDVI analizleri kullanılarak, bitki örtüsü parametresi olarak vejetasyon oranına bağlı toprak kayıpları oranı (SLRc) (Fryrear vd. 2000) dikkate alınarak hesaplanmıştır.

CBS tabanlı kurulan modelde, toprak kayıpları bitkisel örtünün veya bitki kapalılığının bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. Rüzgâr erozyonu tehdidi altında olan alanların bitki örtüsü karakteristikleri ve yüzey (zemin) kapallık oranları belirlenerek, rüzgârın bitki örtüsüne bağlı toprak kayıpları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Vejetasyon oranı hesaplamalarında ihtiyaç duyulan NDVIs ve NDVIv değerleri için literatür araştırması yapılmıştır (Çizelge 1). Yapılan literatür araştırmaları ile farklı alanlarda gerçekleştirilmiş çalışmalar sonrasında 'NDVIs 0.04 – NDVIv 0.52' değerleri ortalamasında seyrettiği görülmüştür. Buna dayanarak proje amacıyla yapılan vejetasyon oranı analizlerinde 'NDVIs 0.04 – NDVIv 0.52' alınarak model hesaplamaları yapılmıştır. Arazi üzerinde bulunan vejetasyon oranı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.



**Çizelge 1.** Örnek Yayınlardaki NDVIs ve NDVIv değerleri  
**Table 1.** NDVIs and NDVIv Values at Sample Publication

Yayın ve çalışma alanı	NDVIs	NDVIv	Kullanılan veri
Gutman ve Ignatov (1998)Küresel ölçek	0.04	0.52	Global Avhrr Ndvi
Yang.(2006)Çin	0.05	0.49	Avhrr 10-gün Ndvi
Gan ve Burges (2006) Doğu ABD	0.04	0.52	Global Avhrr Ndvi
Gebremichael (2006) Meksika & Nepal	0.04	0.52	Modis 16-gün Ndvi
Matsui vd. (2005) Kuzey ABD	0.03	0.52	Global Avhrr Ndvi
Li vd. (2003) Kuzey Çin	0.04	0.61	Global Avhrr Ndvi
Ek vd. (2003) Kuzey ABD	0.04	0.52	Global Avhrr Ndvi
Sridhar vd. (2003) ABD	0.04	0.54	Avhrr 14-gün Ndvi

Toprak kaybı miktarının hesaplanmasında ihtiyaç duyulan vejetasyon oranı girdisi Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır (Brunsell ve Gillies., 2003; Borrelli vd., 2014).

$$Fr = \left( \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad 6$$

Burada, Fr, vejetasyon Oranı (%); NDVI, normalize edilmiş fark bitki indeksi; NDVI<sub>s</sub>, çıplak toprak yüzeyi; NDVI<sub>v</sub>, canlı bitki örtüsü değerlerini ifade etmektedir.

Bitki örtüsüne bağlı toprak kaybı(SLR<sub>c</sub>), vejetasyon oranı (Fr) dikkate alınarak hesaplanmıştır (Eşitlik; [7]). Bu şekilde bitki örtüsü kapallılık özelliklerine bağlı olarak toprak kayıpları oranı belirlenmiştir.

$$SLR_c = e^{-5.614(cc^{0.7366})} \quad 7$$

Burada, SLR<sub>c</sub>, Toprak Kayıpları Oranı; cc, Vejetasyon Oran'ını ifade etmektedir. Eşitlik 7'de "cc" değeri yerine, Eşitlik 6'da elde edilen "Fr" değeri yazılarak sonuca ulaşılmıştır.

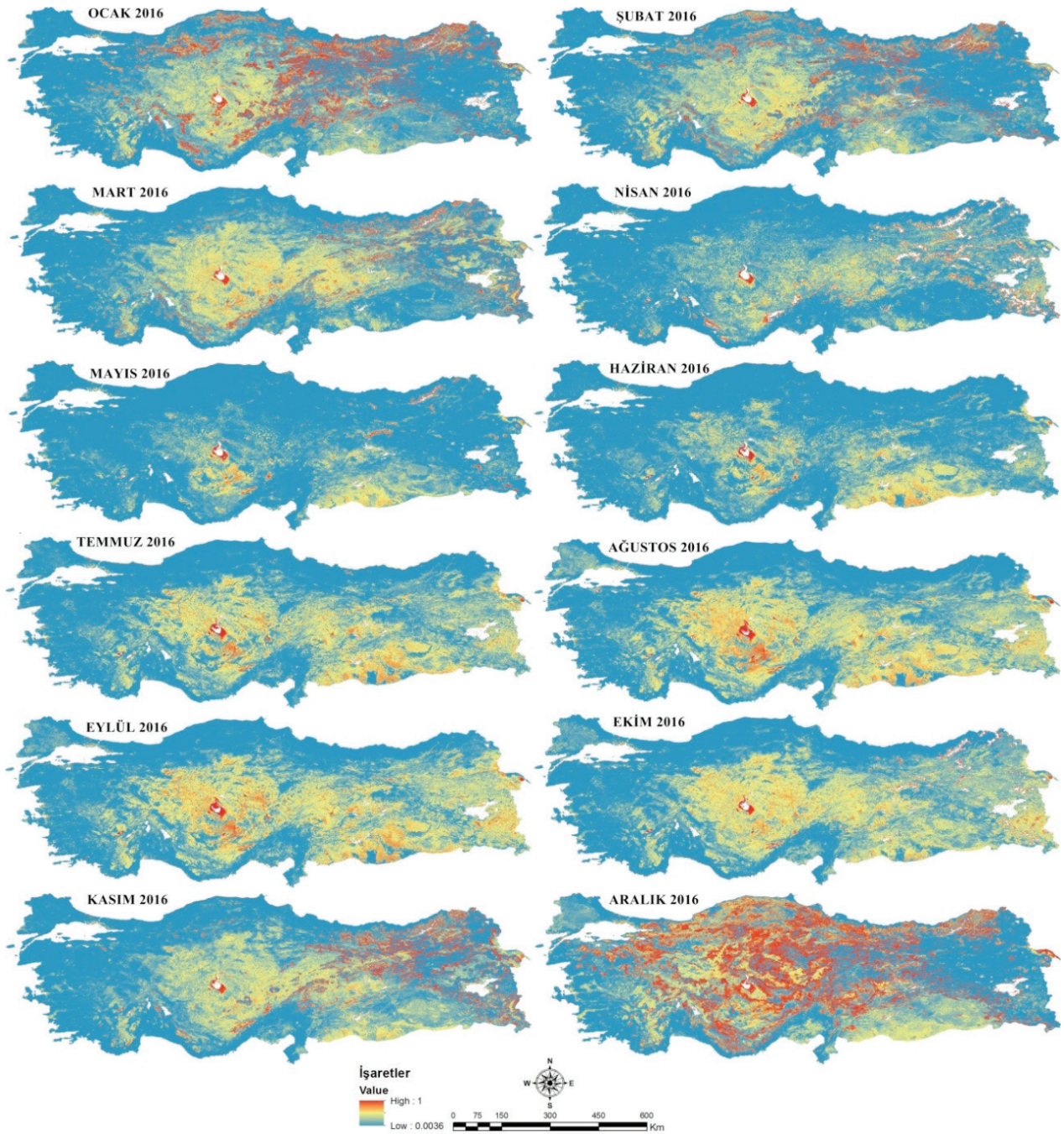
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye ölçeğinde YREE modelinin ana çatısını oluşturduğu UDREMİS sistemi bitki örtüsü parametresi üretilmiştir (Şekil 4). İlgili haritalarda bitki örtüsünün rüzgâr erozyonuna duyarlılığı 0 ile 1 arasında ölçeklendirilmiştir. '1' değerine yakın olan pikseller rüzgâr erozyonuna en duyarlı '0' değerine yakın olan pikseller ise en az duyarlı yani rüzgâr erozyonunun en az etkileyeceği alanları ifade etmektedir. Nisan ve Haziran aylarında düşük olan erozyon duyarlılığı ürünlerin hasat edilmesi ve vejetasyonun zayıflaması ile Haziran ayından itibaren artmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile yıllık yağış ve sıcaklık seyri değişmektedir. Buna bağlı olarak geç kalan sonbahar yağışları araziye rüzgâr erozyonuna açık hale getirmektedir.

Şekil 5'de Türkiye aylık ortalama SLR<sub>c</sub> değerleri gösterilmiştir. SLR<sub>c</sub> değerinin en düşük olduğu ay Mayıs en yüksek olduğu ay ise Aralık olarak görülmektedir. İlkbahar ayları itibari ile bitki örtüsünün canlanmasına paralel olarak arazi kapallılıkları artmakta ve rüzgâr erozyonuna duyarlılık düşmektedir.

Şekil 4'de de aylık SLR<sub>c</sub> haritaları sunulmuştur. Kış mevsimine ait aylarda özellikle Ocak ve Şubat aylarında kar örtüsünden dolayı yüksek alanlarda NDVI değerleri normalden sapsmış olup SRL<sub>c</sub> değerleri 1'e yakın görünmektedir (Şekil 4).Bu nedenle haritalarda kış aylarında kırmızı renk göze çarpmaktadır. Görüntülerin Türkiye ölçeğinde elde edilmesi ve işlenmesine rağmen UDREMİS modelinde (≤ % 6 eğim) potansiyel rüzgâr erozyonu alanlarında kar örtüsünün yarattığı olumsuz etki görülmemektedir.

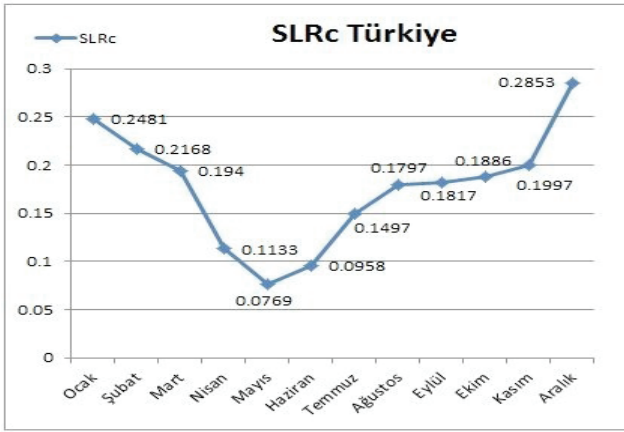
Coğrafi bölgeler bazında aylık ortalama SLR<sub>c</sub> değerleri Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde SLR<sub>c</sub> değerleri minimum değere Nisan ayında ulaşmaktadır. Buda ülkemizde iklim, yükselti güneşlenme süreleri ile ilgili olarak vejetasyon sürelerinde farklılık olduğunu göstermektedir. Akdeniz, Ege, Karadeniz, Marmara bölgelerinin duyarlılıklarını etkileyen coğrafi şartlar nedeniyle yıl içerisinde belirli bir ortalama değerine üzerine çıkılmadığı görülmektedir. Çizelge 2'de belirtildiği gibi İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri bitki örtüsü duyarlılığı bakımından kırılğan bir yapıya sahiptir.



**Şekil 4.** Türkiye Aylık Ortalama Bitki Örtüsü (SLRc) Katmanı  
**Figure 4.** Turkey Monthly Average Vegetation (SLRc) Layer

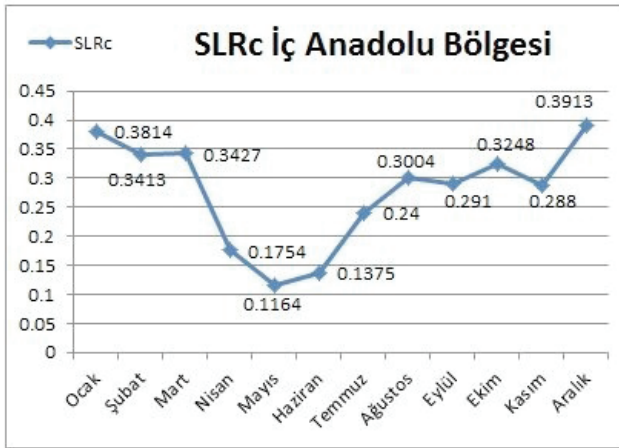
**Çizelge 2.** Aylar İtibari ile Coğrafi Bölgelere Göre Ortalama Bitki Örtüsü Duyarlılığı  
**Table 2.** Monthly Average Vegetation Sensitivity by Geographical Regions

Coğrafi Bölgeler	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Ort.
Akdeniz Bölgesi	0.16	0.17	0.15	0.10	0.06	0.08	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	0.26	0.13
D. Anadolu Bölgesi	0.59	0.55	0.38	0.21	0.07	0.10	0.19	0.21	0.25	0.26	0.45	0.49	0.31
Ege Bölgesi	0.10	0.10	0.08	0.04	0.04	0.05	0.07	0.10	0.09	0.08	0.06	0.19	0.08
GD. Anadolu Bölgesi	0.18	0.19	0.12	0.09	0.20	0.26	0.29	0.32	0.31	0.27	0.25	0.34	0.23
İç Anadolu Bölgesi	0.38	0.34	0.34	0.18	0.12	0.14	0.24	0.30	0.29	0.32	0.29	0.39	0.28
Karadeniz Bölgesi	0.34	0.24	0.12	0.05	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.07	0.14	0.55	0.14
Marmara Bölgesi	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0.04	0.04	0.02	0.24	0.05



**Şekil 5.** Türkiye Geneli Ortalama Bitki Örtüsü Bakımından Rüzgâr Erozyonuna Duyarlılık

**Figure 5.** Monthly Average Vegetation Cover Wind Erosion Sensitivity



**Şekil 6.** İç Anadolu Bölgesi Bitki Örtüsü Bakımından Rüzgâr Erozyonuna Duyarlılık

**Figure 6.** Monthly Vegetation Sensitivity in Central Anatolia Region

Coğrafi bölgeler bazında aylık ortalama SLRc değerleri Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde SLRc değerleri minimum değere Nisan ayında ulaşmaktadır. Buda ülkemizde iklim, yükselti güneşlenme süreleri ile ilgili olarak vejetasyon sürelerinde farklılık olduğunu göstermektedir. Akdeniz, Ege, Karadeniz, Marmara bölgelerinin duyarlılıklarını etkileyen coğrafi şartlar nedeniyle yıl içerisinde belirli bir ortalama değer üzerine çıkmadığı görülmektedir. Çizelge 2’de belirtildiği gibi İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri bitki örtüsü duyarlılığı bakımından kırılğan bir yapıya sahiptir.

İç Anadolu Bölgesinde görülen yüksek duyarlılık değerleri özellikle çıplak alanlarda ilkbahar mevsimine kadar rüzgâr erozyonuna zemin hazırlayacaktır (Şekil 6).

## SONUÇLAR

Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemlerinin etkileşimli bir şekilde kullanılması ile YREE model yapısına göre bitki örtüsü parametresi belirlenmiş olup UDREMİS sisteminin kullandığı analitik veri altlıkları sayesinde rüzgâr erozyonuna bağlı arazi bozulmasının görüldüğü alanlarda erozyon miktarının niceliksel olarak alınabilmesi sağlanmıştır.

Yıl içerisinde 16 günde bir elde edilen veriler kullanılarak farklı dönemlerdeki bitki örtüsü duyarlılığı belirlenmiştir. Türkiye ölçeğinde yapılacak çalışmalar için kış aylarına ait görüntülerde bulutluluk ve kar örtüsünden dolayı ilgili ay içerisindeki en temiz görüntüler seçilerek birleştirilmiştir. Buda Türkiye ölçeğinde aylık tek görüntü elde edilmesine neden olmuştur.

Daha öncede belirtildiği üzere çalışmanın asıl amacı rüzgâr erozyonu potansiyeline sahip  $\leq 6\%$  eğimli alanlarda bitki örtüsü parametresinin belirlenmesi olduğundan dolayı alan tüm ülke yüzeyi olmadığı için beklenen zamansal ve mekânsal çözünürlükte veriler proje kapsamında üretilebilmiştir. Bölge veya ova gibi büyük ölçekli alanlarda yapılacak çalışmalarda da daha fazla zamansal ve mekânsal veriler ile çalışılabilecektir. Türkiye ölçeğinde yapılacak çalışmalar için Şekil 4’de de görüldüğü üzere aylık SLRc katmanı üretilmiş olup ihtiyaç duyan araştırmacılar için ileriki çalışmalarında yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

STY, SAY ve ATD bakımından arazi kullanımı planlamalarının yapılabilmesi için büyük öneme sahip altlıklar olarak da değerlendirilebilecek bu çalışma verileri aynı zamanda yapılacak benzer proje ve çeşitli politikaların üretilmesinde de kullanılabilir.

## KAYNAKÇA

Borrelli P, Ballabio C, Panagos P, Montanarella L (2014). Wind erosion susceptibility of european soils. *Geoderma*, 232: 471- 478.

Brunsell NA, Gillies RR (2003). Scale issues in land-atmosphere interactions: implications for remote sensing of the surface energy balance. *Agricultural and Forest Meteorology*, 117: 203-221.

Ek MB, Mitchell KE, Lin Y, Rogers E, Grunmann P, Koren V (2003). Implementation of NOAH land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational mesoscale Eta model. *Journal of Geophysical Research*, 108: 12-11 to 1216.

ENVI (2009). User Guide Tutorial. Available: [http://www.harrisgeospatial.com/portals/0/pdfs/envi/ENVI\\_User\\_Guide.pdf](http://www.harrisgeospatial.com/portals/0/pdfs/envi/ENVI_User_Guide.pdf) (23.12.2019).

Erpul G, Saygın SD (2012). Ülkemizdeki toprak erozyonu sorunu üzerine: Ne yapmalı? *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, Türkiye Toprak Bilimi Derneği*, 1, (1): 26-32.

Erpul G, Şahin S, Akgöz R, İnce K, Güden A, Çetin E (2016). Türkiye yağışlarının özellikleri ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE) R faktörü, Ankara, s:10-22.

Fryrear DW, Bilbro JD, Saleh A, Schomberg H, Stout JE, Zobeck TM (2000). RWEQ: improved wind erosion technology. *Journal of Soil and Water Conservation* 55: 183-189.

Fryrear DW, Saleh A, Bilbro JD, Schomberg HM, Stout JE, Zobeck TM (1998). Revised Wind Erosion Equation (RWEQ). Technical Bulletin 1, Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory, Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS.

Gan TY, Burges SJ (2006). Assessment of soil-based and calibrated parameters of the Sacramento model and parameter transferability. *Journal of Hydrology*, 320: 117-131.

Gebremichael M, Barros AP (2006). Evaluation of MODIS Gross Primary Productivity (GPP) in tropical monsoon regions. *Remote Sensing of Environment*, 100: 150-166.

Gutman G, Ignatov A (1998). The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 1533-1543.

İnce K, Akgöz R, Erpul G, (2019). Türkiye’de rüzgâr erozyonu nedeniyle oluşan toprak kayıplarının model tabanlı mekânsal ve zamansal değişiminin belirlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9, (4): 2336-2345

Lal R (1990). *Soil erosion in tropics: Principles and management*. McGrawInc., New York.

Lal R, (2001). *Soil Degradation By Erosion*. Wiley Online Library, December, 519-539.

Li XB, Chen YH, Shi PJ, Chen J(2003). Detecting vegetation fractional coverage of typical steppe in northern China based on multi-scale remotely sensed data. *Acta Botanica Sinica*, 45: 1146-1156.

Lu D, Mausel P, Brondizio E, Moran E (2002). Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research, *International Journal of Remote Sensing*, 23: 1671-2651.

Matsui T, Lakshmi V, Small EE (2005). The effects of satellite-derived vegetation cover variability on simulated land-atmosphere interactions in the NAMS. *Journal of Climate*, 18: 21-40.

Reich P, Eswaran H, Beinroth F (2000). Global dimensions of vulnerability to wind and watererosion. *Proceedings of the 2nd International Conference On Land Degradation*, Khon Kaen,Thailand, January, 25-29.

Sridhar V, Elliott RL, Chen F (2003). Scaling effects on modeled surface energy-balance components using the NOAH-OSU land surface model. *Journal of Hydrology*, 280: 105-123.

Stroosnijder L (2007). *Rainfall and land degradation in Sivakumar, MVK and N. Ndiang’ui (Eds.) Climate and land degradation*, Springer, 167-195.

Woodruff NP, Siddoway FH (1965). A wind erosion equation. *Soil Science Society of America Journal. Proc. Vol: 29: 602-608*.

Yang H, Yang Z (2006). A modified land surface temperature split window retrieval algorithm and its applications over China. *Global and Planetary Change*, 52: 207-215.

# Pamuk Bitkisinde Yüzey ve Yüzealtı Damla Sulamanın Toprak Sıcaklığı ve Toplam Kuru Madde (Biomass) Miktarına Etkisi

Öner ÇETİN\*

\*Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Diyarbakır

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): oner\_cetin@yahoo.com

Geliş tarihi (Received) : 04.11.2019

Kabul tarihi (Accepted): 03.01.2020

DOI:10.21657/topraksu.642197

## Öz

Bu araştırma Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Diyarbakır ilinde 2016-2017 yıllarında yapılmıştır. Araştırmada, yüzey (YD) ve yüzealtı damla (YAD) sulama ile sulanan pamukta farklı sulama suyu miktarlarının bitki kök bölgesi sıcaklık değişimi ile toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarına etkisi araştırılmıştır. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak, ana parseller  $I_1$ :Yüzey damla,  $I_2$ :Yüzealtı damla-30 cm ve  $I_3$ :Yüzealtı damla-40 cm; alt parseller ise, FAO-56 Penman-Monteith (FAO-56 PM) yöntemine göre tahmin edilen referans bitki su tüketimine dayalı ve bundan yararlanarak, bitki Kc yaklaşımı ile farklı sulama suyu uygulamaları,  $K_1$ :1.25xETc,  $K_2$ :1.00xETc ve  $K_3$ :0.75xETc'den oluşmuştur. Sulama aralığı 5 gündür. Lateralin 10 cm yakınında farklı derinliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, YAD sulamada YD sulamaya göre, sulama öncesinde 35 cm derinlikte 1.47 °C, 30 cm derinlikte 1.53 °C, 20 cm derinlikte 1.25 °C ve 10 cm derinlikte ise 0.69 °C daha yüksek olduğu ölçülmüştür. Bu durum, YD sulamada toprağın üst katmanlarının daha fazla ısıtılması nedeniyle buharlaşma sonucu ortamın serinlemesine bağlanabilir. Ayrıca, damlatıcıların 40 cm derinde olması bu derinlik ve daha aşağılarda su hareketi olduğu düşünülürse, üst katmanların daha serin bir ortam olduğundan sıcaklık değerlerinin de YAD sulamada daha yüksek olmasına neden olmuştur. Bu durum YAD sulamasında, bitki kök sistemi ile birlikte toprak üstü aksamının da daha iyi geliştiği görülmüştür. En yüksek ortalama kuru madde (biomass) miktarı (8.79 t ha<sup>-1</sup>) ve lif veriminin (1865 kg ha<sup>-1</sup>) 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminde, FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katının uygulandığı sulama suyu uygulamasından elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuru madde (biomass), pamuk, toprak sıcaklığı, yüzey damla sulama, yüzealtı damla sulama

## Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation on Soil Temperature and Total Biomass For Cotton Production

### Abstract

This study was carried out to determine the effects of surface drip (SDI) and subsurface drip irrigation (SSDI) and different amount of irrigation water on soil temperature and biomass during 2016 and 2017 years in Diyarbakır Province of Southeast Anatolia Region in Turkey. The experimental design was split plots in randomized blocks with three replications. The main plots had SDI and SSDI with sub-plots in different rates of real-time crop evapotranspiration based on FAO-56 Penman-Monteith (FAO-56 PM) as different amount of irrigation water. The treatments: main plots:  $I_1$ : SDI,  $I_2$ : SSDI-30 cm,  $I_3$ : SSDI-40 cm; Subplots:  $K_1$ : I=ETc x 1.25,  $K_2$ : I=ETc x 1.0 ve  $K_3$ : I=ETcx0.75. Irrigation interval was 5 days. According to the temperature measurements before irrigation at 10 cm near of the lateral for different depths, the temperature was higher 1.47, 1.53, 1.25 and 0.69 °C at 35 cm, 30 cm, 20 cm and 10 cm of depths

for the SDI than those for SSDI, respectively. This results attributed that the upper layers of the soil are more wetted by the SDI than SSDI, thus this zone of soil occurred more cooler. In addition, considering the depth of 40 cm for SSDI and moving of some water to the down, upper layer could be cooler compared to the lower layers of soil. Thus, plant root development and biomass was higher under the SSDI conditions. The maximum biomass (8.79 t ha<sup>-1</sup>) and lint yield (1865 kg ha<sup>-1</sup>) was obtained from the treatment in which the SSDI with the depth of 40 cm and amount of irrigation applied under the the rate of 1.25 of crop evapotranspiration.

**Keywords:** Cotton, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation, soil temperature, biomass

## GİRİŞ

Pamuk tekstil için ham materyal sağlaması yanında, besin ve yağ sanayisi için de önemli bir bitkidir. Çünkü pamuk tohumlarında yaklaşık %17-26 yağ ve %19-30 arasında protein bulunmaktadır (Swern, 1982).

Ülkemizde yıllık yaklaşık 440 000 ha alanda, 2.2 milyon ton kütlü pamuk üretimi gerçekleştirilmektedir. Ortalama kütlü pamuk verimi ise yaklaşık 4510 kg ha<sup>-1</sup>'dir. Dünya sıralamasında ise %4'lük üretim ile 9. sıradadır (Anonim, 2016). Pamuk ülkemizde Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yetiştirilmektedir. Bu bölgelerde iklim ve toprak özellikleri büyük farklılık gösterdiğinden, yetiştirilen pamuk sulama suyu ihtiyacı dolayısıyla pamuk sulama programları da bölgelere göre farklılık göstermektedir. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) etkisiyle büyük alanların sulamaya açılması, iklim ve toprak koşullarının da uygun olması nedeniyle Güneydoğu Anadolu Bölgesi ülke pamuk üretiminin %50'den fazlasını üretmektedir (Çetin ve Üzen, 2016).

Pamuk, sulanan diğer bitkilerle kıyaslandığında oldukça yüksek bitki su tüketimi nedeniyle fazla sulama suyu ihtiyacı olan bir bitkidir. Buna bağlı olarak iyi bir pamuk yetiştiriciliğinde, farklı sulama yöntemlerine göre pamuk sulama programlarının etkili bir şekilde uygulanması için bitki su tüketiminin karşılanması son derece önemlidir.

Ülkemizin farklı bölgelerinde yapılan araştırmalarda damla sulama karık sulamaya göre yaklaşık %30-40 arasında bir su tasarrufu sağlayabilmektedir. Ayrıca verim ve kalitede önemli artışlar sağlanmaktadır. Örneğin, Şanlıurfa ilinde pamuk bitkisinde yapılan araştırmaya göre, damla sulama karık sulamaya göre yaklaşık %30-43, yağmurlamaya göre ise %7-18 arasında sulama suyu tasarrufu sağlamıştır (Çetin, 1993). Bu sonuçlara göre pamukta damla sulama kullanılması durumunda maksimum verim için

600-700 mm (6000-7000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) sulama suyu yeterli olmaktadır. Sulama aralığı ise 5-7 gün arasında değişebilmektedir.

Damla sulama, yüzey damla (YD) ve yüzeyaltı damla (YAD) olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Yüzey altı damla sulamada lateraller toprak altına gömülü olduğu için, toprak yüzeyinden buharlaşma kayıpları yok denecek kadar azdır.

Toprak sıcaklığındaki değişimler bitki kök morfolojisinin bir fonksiyonu olarak, kök uzunluğunu, kuru madde miktarını ve kök dallanmasını doğrudan etkiler. Genellikle sıcaklık artışı, bitkinin optimum sıcaklık düzeyine kadar bitki kök gelişimini de artırır. Ayrıca, toprak sıcaklığı, bitki besin elementlerinin köklerce alımı ve besinlerin transformasyonu için en önemli regülatördür (Glinski ve Lipiec, 1990).

Öte yandan, toprak sıcaklığı, bitki kök gelişimi, bitkiden olan transpirasyonu doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle kurak ve sıcak bölgelerde, akşam üzeri serin havalarda yapılan sulamaların toprak yüzeyini serinleterek toprak yüzey sıcaklığını düşürdüğünü, böylece bitki gelişimi ve verimde olumlu yönde artışlar olduğu bildirilmiştir. Damla sulamada, gündüz sulamasında gece sulamasına göre, 10 cm toprak derinliğindeki toprak sıcaklığı daha düşük olmuştur. Bu durum toprak nem içeriği ile ilgilidir. Buna göre mısır bitkisinde, bitki boyunda % 2, verimde % 10 artış meydana gelmiştir (Dong vd., 2016).

Karık ve yağmurlama sulama gibi her seferinde fazla miktarlarda sulama suyu uygulamalarında, toprak yüzeyi serinleyeceği için bitki transpirasyonu düşer (Ali vd., 1996). Verim ve transpirasyon birbiri ile pozitif ilişkili olduğundan, bu durum verimde azalmalara neden olur. Ayrıca, bitki örtüsünün (kanopisinin) tam toprak yüzeyini örtmediği durumda, toprak ve bitki kanopisi

arasındaki enerji dengesinde toprak esas etkiye sahiptir. Gündüz, yüzey damlada toprak ısı akışı yüzeyaltı damla sulamaya göre daha fazladır. Bu muhtemelen damlaticılardan toprak yüzeyine çıkan suyun toprak yüzeyi ve suyun daha yüksek sıcaklığa sahip olmasıyla, yüzey damlada ısı konveksiyonu meydana gelir. Böylece topraktan olan buharlaşma için uygun enerji, YD'da daha düşüktür (Dehghanisanij ve Kosari, 2011). Ancak, 15 cm'den daha derinde olan YAD sulamalarda gün içinde farklı zamanlarda yapılan sulamaların sulama etkinliği açısından pek farkı olmamıştır (Adams ve Zeleke, 2016).

Öte yandan, bitki toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarı ile bitki su tüketimi ve sulama suyu arasında önemli pozitif ilişkiler vardır. Pamukta yapraklarda ve gövdede kuru madde (biomass) birikimi, ekimden yaklaşık 2 ay sonrası artarken, üreme organlarında ise yaklaşık 85 gün sonra artmaktadır (Chen vd., 2017).

Bu araştırmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Diyarbakır ilinde, 2016-2017 yıllarında, pamukta farklı damla sulama sistemlerinde farklı sulama suyu uygulamalarının toprak sıcaklığı ile toplam kuru madde verimine etkisi incelenmiştir

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Deneme yeri özellikleri

Deneme yeri toprakları, düz ve düze yakın eğimli, ABC profilli zonal toprak grubuna girmektedir. Topraklar, tuzluluk ve drenaj sorunu olmayan, potasyum ve kireç yönünden zengin, hafif alkali, fosfor ve organik madde içeriği ise düşüktür. Kil içeriği oldukça yüksek (%65) kil bünye sınıfına girmektedir.

Denemenin yürütüldüğü Diyarbakır ilinde, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı bir iklim hâkimdir. Yıllık ortalama yağış miktarı 491 mm olup, bunun genellikle büyük bir kısmı kış aylarında ve erken ilkbaharda meydana gelmektedir. Yıllık ortalama minimum, ortalama maksimum ve

ortalama sıcaklıklar sırasıyla 8.8, 22.5 ve 15.8 °C dir.

Uzun yıllar meteorolojik verilere göre ilk donlar, Ekim ayı sonunda, son donlar ise Nisan ayı sonunda görülmektedir. Ortalama nispi nem % 54 olup, aylık nispi nem ortalamaları Temmuz ve Ağustos aylarında % 20'lere kadar düşmekte olup, Aralık ve Ocak aylarında ise % 77 civarında olmaktadır.

### Denemede kullanılan sulama sistemi ve sulama suyu özellikleri

Denemede YD ve YAD sulama sistemi kullanılmıştır. YD ve YAD sulamada lateral aralığı her iki pamuk bitki sırasını sulayacak şekilde, lateral aralığı 1.40 m olarak uygulanmıştır. Damlatıcı lateral borular Ø16 PE olup, toprak bünyesi ve infiltrasyon hızı esas alınarak damlatıcı aralığı 40 cm, damlatıcı debisi ise 2.2 L h<sup>-1</sup> seçilip uygulanmıştır. Damla sulama sistemlerinin çalıştırılmasında enerji kaynağı olarak Güneş Enerjisinden (Fotovoltaik Güneş Panelleri) üretilen elektrik enerjisi kullanılmıştır. Sulama suyu pH'sı 8.0, elektriksel iletkenliği ise 0.62 dS m<sup>-1</sup> olup, sulama suyu açısından önemli sorunu yoktur.

### Deneme yöntemi, konular ve parsel ölçüleri

Araştırmada Stonville-468 (ST 468) pamuk çeşidi kullanılmıştır (Harem, 2010). Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ana konularda farklı damla sulama sistemleri, alt konularda ise FAO-56 Penam-Monteith (FAO-56 PM) yöntemine göre tahmin edilen referans bitki su tüketimine dayalı, bitki Kc yaklaşımı ile de sulama suyu hesaplanmış ve kullanılmıştır. Deneme konuları Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme konularına göre parsel alanı: 4.2 x 8.0 m = 33.6 m<sup>2</sup> (Toplam 6 sıra ve her 2 sıraya 1 lateral). Bitki sıra aralığı 0.7 m olup, her bir lateral 2 bitki sırasındadır ve böylece lateral aralığı 1.40 m olmuştur.

**Çizelge 1.** Araştırmada uygulanan deneme konuları

**Table 1.** Experimental treatments in the study

Ana Konular (Damla sulama sistemleri)	Alt Konular (Sulama suyu)
I <sub>1</sub> : Yüzey damla (YD)	K <sub>1</sub> : FAO-56 PM'e göre hesaplanan su tüketiminin (ETc)'nin 1.25 katı sulama suyu olarak uygulamak
I <sub>2</sub> : Yüzeyaltı damla (YAD-30 cm)	K <sub>2</sub> : ETc'nin 1.00 katını sulama suyu olarak uygulamak
I <sub>3</sub> : Yüzeyaltı damla (YAD-40 cm)	K <sub>3</sub> : ETc'nin 0.75 katını sulama suyu olarak uygulamak

### Sulama suyu miktarının hesaplanması

Sulama suyunun hesabında aşağıda verilen Eşitlik (1) ve (2) kullanılmıştır. Seçilen 5 gün sulama aralığındaki gerçek zamanlı FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen su tüketimi hesaplanmış ve seçilen sulama konusuna göre uygulama yapılmıştır (Allen vd., 1998).

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

Eşitlikte;

ETc: Tahmin edilen bitki su tüketimi (mm),

Kc: Bitki katsayısı,

ETo: Referans bitki su tüketimi (çim) (mm)'dir.

FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketimi (ETc) hesaplandıktan sonra, sulama suyu hesabında ETc'ye bağlı olarak, aşağıda verilen Eşitlik 2 kullanılmıştır (Çetin ve Bilgel, 2002).

$$I = A \times ETc \times K \times P \quad (2)$$

Eşitlikte;

I: Uygulanacak sulama suyu miktarı (L)

A: Sulanacak parsel alanı (m<sup>2</sup>)

ETc: Tahmin edilen bitki su tüketimi (FAO-56 PM Yöntemine göre, deneme yeri iklim verileri kullanılmasıyla) (mm).

K: Deneme gereği esas alınan katsayılar veya yüzde oranlar

P: Örtü yüzdesi (%).

İlk sulamaya başlandığında örtü yüzdesi % 35'in altında olduğundan, örtü yüzdesi değeri % 35 olarak alınmıştır. Örtü yüzdesi değerleri % 35'i geçtiğinde ise gerçek ölçülen değerler kullanılmıştır (Keller ve Bliesner, 1990).

### Toprak sıcaklık ölçümleri

Toprak sıcaklıkları, toprak yüzeyinden ve toprağın farklı derinliklerinde orta tekerrürdeki YD ve YAD sulama sistemlerinde yapılmıştır. Ölçümler lateralin 10 cm uzağında 10, 20, 25, 30 ve 35 cm derinlikte yapılmıştır. Bu amaçla toprağa batırılabilen seyyar toprak sıcaklık termometresi kullanılmıştır. Ölçümler sulamadan 1 gün önce olmak üzere, saat 10.00'da yapılmıştır. Ölçümler her 15 günde bir, sıcaklık değişimini tespit etmek amacıyla devam etmiştir. YD ve YAD'da sulamanın olası toprak sıcaklığına ve bunun da kuru madde (biomas) üretimine olası etkisi irdelenmiştir (Colaizzi vd., 2004).

### Toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarının tespit edilmesi

Toprak üstü aksamın toplam kuru madde (biomass) miktarını tespit etmek için bitkinin olgunlaşma dönemi (fizyolojik olgunlaşma sonunda) her parseli temsil edecek sayıda (10 adet) bitki toprak üstünden kesilip alınarak yaş ağırlık olarak tartılmıştır. Aynı örneklerin yaprak, gövde (dallar) ve tüm bitki organları 0.5 mm boyutunda öğütülerek 65°C kurutulduktan sonra tekrar tartımları alınmıştır (Gardner vd., 1985; Bronson vd., 2003). Her parseldeki toplam bitki sayılarına ve daha sonra da birim alan (ha) bazında toplam kuru madde (biomass) miktarları hesaplanmıştır.

### Diğer tarımsal işlemler

Denemede kullanılan pamuk tohumları çimlenmeyi kolaylaştırmak için 1 gün önceden suda bekletilerek ıslatılmıştır. Aynı gün akşam saatlerinde tohum ekimi (Stonville-468) yapılmıştır. Ekimler her 2 deneme yılında da, Mayıs ayı başında yapılmış olup, hasat ise Ekim ayı başında gerçekleştirilmiştir.

Gübrelemede, azotlu gübre 130 kg N ha<sup>-1</sup>, fosforlu gübre 80 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> olarak eşit dozlar halinde fertigasyonla uygulanmıştır (Özer ve Dağdeviren, 1986; Özer, 1992; Karademir vd., 2005). Fertigasyon her 2 sulamada bir (10 günde bir) uygulanmıştır (Çetin vd., 2013). Azotlu ve fosforlu gübrenin 1/5 oranları ekimle birlikte doğrudan toprağa, kalanı ise fertigasyon yöntemi ile ilk sulama ile başlayıp, koza olum dönemine kadar devam etmiştir. Buna göre ekimle birlikte toplam uygulanacak net azot ihtiyacının 1/5'i 20-20-0 ekimle birlikte doğrudan toprağa uygulanmıştır. Kalanı ise deneme konularına göre, 19-5-5-Mikro elementler içeren ticari toz (Compo Basaplant Blue) gübre fertigasyon tekniği ile uygulanmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

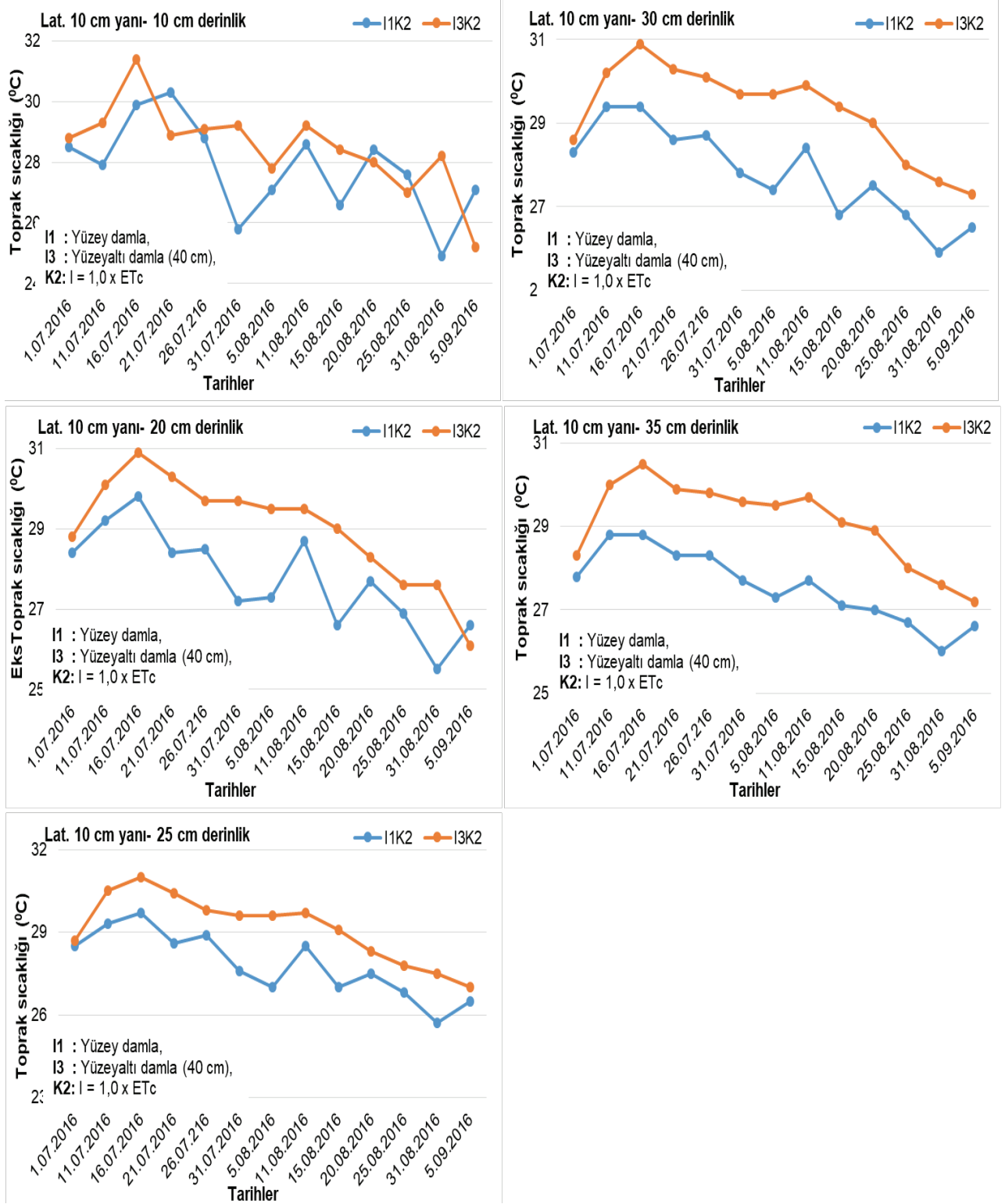
#### Toprak sıcaklığı ölçüm sonuçları

Deneme yıllarına ait toprak sıcaklık ölçümleri, YD ve laterallerin 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminde, lateralin 10 cm uzağında ve farklı derinliklerinde yapılmıştır (Şekil 1 ve 2). Ölçümler belirtilen konumlarda hemen sulama öncesinde yapılmıştır. Buna göre, ölçümler FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen ETc değerinin tamamının sulama suyu olarak uygulandığı



( $I=1.0 \times ET_c$ ) uygulamalarda yapılmış olup, toprak sıcaklık okuma değerleri tarihleriyle birlikte grafikleştirilmiştir. Çünkü denemede bu uygulama,

bitkinin tükettiği kadar sulama suyu uygulamasına dayanmaktadır.



Şekil 1. Yüzeysel ve yüzeysaltı damla sulama sistemlerinde toprak derinliklerine göre lateralın 10 cm uzağında toprak sıcaklık değişimi (2016)

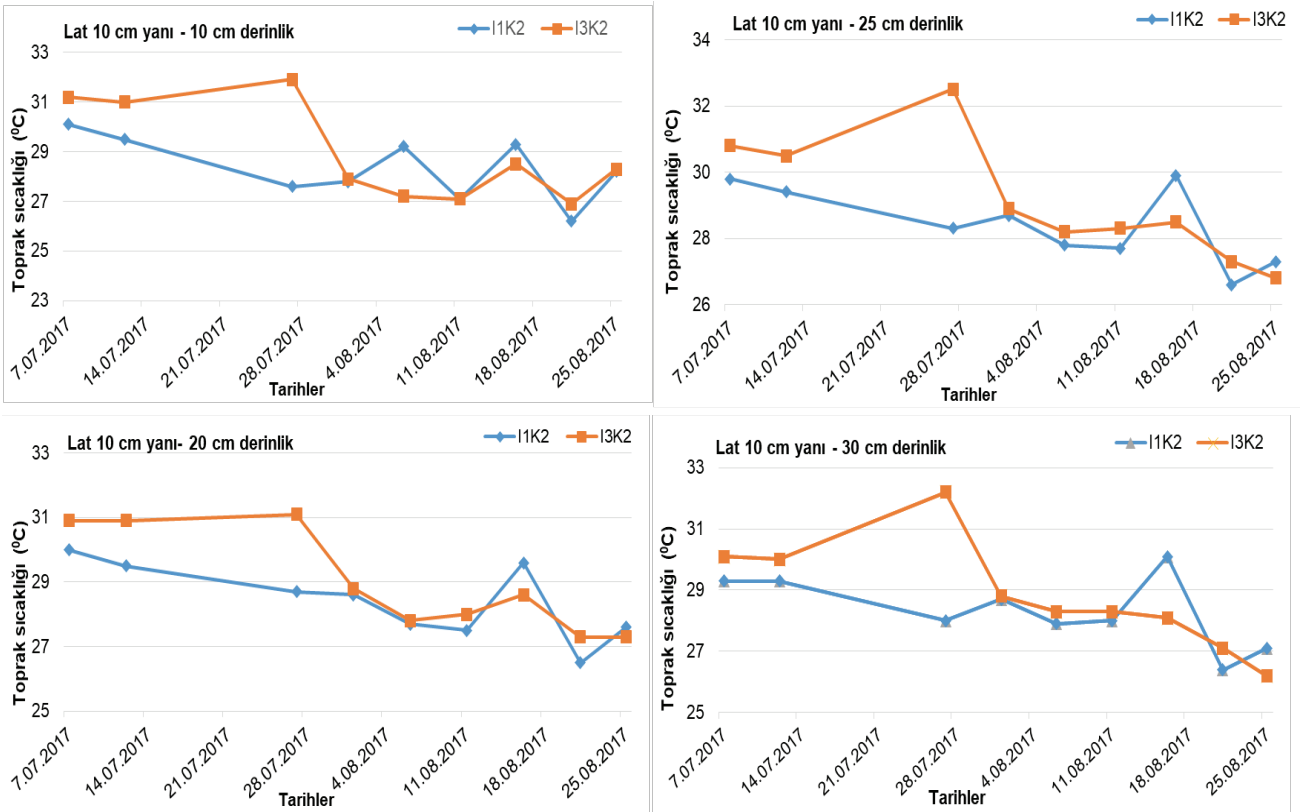
Figure 1. Temperature variation near 10 cm of the lateral under surface and subsurface drip irrigation systems according to different soil depths (2016)

Lateralin 10 cm yakınında farklı derinliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, YAD'da YD'ya göre, sulama öncesinde 35 cm derinlikte ortalama 1.47 °C, 30 cm derinlikte 1.53 °C, 20 cm derinlikte 1.25 °C ve 10 cm derinlikte ise 0.69 °C daha yüksek olduğu ölçülmüştür (Şekil 1 ve Şekil 2). Bu sonuçlar farklı sulama sistemlerinin, bu çalışmada olduğu gibi, yüzey ve yüzeyaltı damla sulamada toprak sıcaklıklarının farklı olduğunu göstermiştir. Öte yandan, önceden yapılan bir çalışmada ise, toprak katmanının 0-10 cm lik bölümünde farklı sulama uygulamaları ve farklı lokasyonlarda toprak sıcaklıkları arasında farklar olduğu belirtilmiştir. Malc kullanılan parsellerde beklenildiği üzere toprak sıcaklığı daha yüksek ölçülmüştür. Toprak sıcaklık değişiminin toprak düşey yönde malcsız uygulamalarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprak sıcaklığı mısır ekili alan ile çıplak toprakta ve domates yetiştirilen parsellere göre daha yüksek bulunmuştur (Li vd., 2017).

Bitkide transpirasyonun artması verimi artırdığı, azalması ise verimi düşürdüğü belirtilmektedir. YAD sulamada toprak sıcaklığı YD yöntemlerine

göre nispi olarak daha yüksek (sıcak) olduğu için verimin de daha yüksek olması beklenir. Yapılan bir çalışmada, Colaizzi vd. (2004), pamukta YAD'da toprak daha sıcak olduğu için diğer LEPA (düşük enerjili hassas sulama) ve yağmurlama sulama sistemlerinin kullanıldığı durumdan daha fazla verim elde etmişlerdir. Böylece daha serin toprak sıcaklığı bitki kök gelişimini azaltmaktadır. Buna göre, bu çalışma sonucu farklı damla sulama sistemlerine göre ölçülen toprak sıcaklıklarındaki farklılık ve özellikle YAD sulamada pamuk lif veriminin neden daha yüksek olduğu gerçeği ile örtüşmektedir. Çünkü pamuk lif verimi YAD sulamada, YD sulamaya göre önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3).

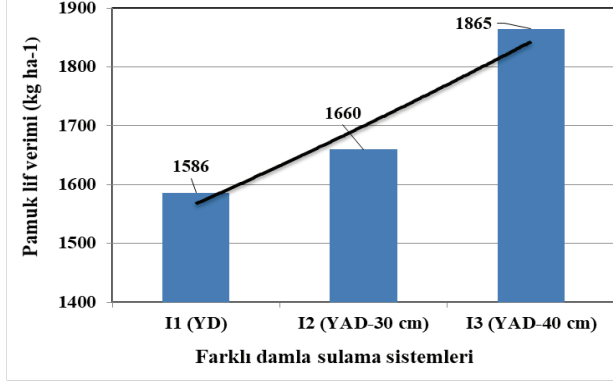
Toprak sıcaklığını sulama yöntemi ile büyük oranda farklılık gösterdiğini, toprak sıcaklığının 0-20 cm profilde 20-100 cm profil derinliğine göre daha büyük oranda (3-6 °C) değişim gösterdiği tespit edilmiştir. YD sulamada ise yüzey toprak hariç, toprak sıcaklığının exponential olarak azaldığı tespit edilmiştir (Lv vd., 2013). Öte yandan, mısır bitkisinde YD'da gece sulaması yapıldığında gündüz sulamasına



Şekil 2. Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama sistemlerinde toprak derinliklerine göre lateralin 10 uzağında toprak sıcaklık değişimi (2017)  
Figure 2. Temperature variation near 10 cm of the lateral under surface and subsurface drip irrigation systems according to different soil depths (2017)

göre toprak içi sıcaklığın 0.6 °C daha düşük olduğu, bu durumun ise verimde, bitki boy ve kök gelişimine olumlu yansıdığı belirtilmiştir (Dong vd., 2016).

### Toplam kuru madde (biomas) sonuçları



**Şekil 3.** Farklı damla sulama sistemlerinin pamuk lif verimine etkisi (2 yıllık ortalama)

**Figure 3.** The effects of different drip irrigation systems on cotton lint yield (Average for 2 years)

Deneme yıllarına ve konularına göre elde edilen toprak üstü toplam kuru madde (biomas) miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek kuru madde (biomas) miktarı her iki deneme yılında da, laterallerin 40 cm toprak derinliğine yerleştirildiği YAD sulama sistemi ile, FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katı sulama suyunun uygulandığı konudan ( $I_3K_1$ ) elde edilmiştir. En düşük kuru madde (biomas) miktarı ise benzer şekilde her iki deneme yılında da, YD sulama sistemi ve FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 0.75 katı sulama suyunun uygulandığı (en düşük sulama suyu düzeyi) konudan ( $I_1K_3$ ) elde edilmiştir. Buna

göre, yüzey damla sulamadan yüzeyaltı damla sulamaya doğru pamuk lif veriminde önemli artış meydana gelmiştir (Şekil 3, Çizelge 2 ve 3). Benzer artış sulama suyunun artışı ile de olmuştur.

Deneme yılları arasında tüm konular bazında, toplam kuru madde (biomas) miktarları 2016 yılında 2017 yılına göre oldukça düşük düzeyde kalmıştır (Çizelge 2). Bunun nedenleri arasında, 2016 yılında daha yüksek sıcaklık ve toprakların yüksek kil içerikleri (% 65) de gözönüne alındığında, bitkilerin yetersiz çimlenme ve yetiştirme dönemi başında nispi olarak daha zayıf olması gösterilebilir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, 2016 yılında uygulanan farklı sulama suyu miktarları kuru madde (biomas) miktarı üzerinde istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde etkili olmuştur. Denemenin ikinci yılı olan 2017 yılında ise, hem farklı damla sulama sistemleri hem de sulama suyu miktarları istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde ayrı ayrı kuru madde (biomas) üzerinde etkili olmuştur. Bu nedenle deneme yıllarına ait farklı damla sulama sistemi ve farklı sulama suyu miktarlarına karşılık elde edilen kuru madde (biomas) değerleri Çizelge 3’de ayrıca verilmiştir.

Buna göre, farklı damla sulama sistemleri içerisinde en yüksek ortalama kuru madde (biomas) miktarı ( $7.24 \text{ t ha}^{-1}$ ) 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminden elde edilirken, farklı sulama suyu uygulamalarında ise, FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katının uygulandığı sulama suyu uygulaması en yüksek biomas değerini ( $8.15 \text{ t ha}^{-1}$ ) vermiştir.

**Çizelge 2.** Pamukta deneme konularına göre toprak üstü aksamın toplam kuru madde miktarı (biomass)(t ha<sup>-1</sup>)

**Table 2.** The amounts of total biomass of cotton according to the experimental treatments

Ana	Alt	2016		2017		Ortalama	
		Sulama suyu (mm)	Biomass (t ha <sup>-1</sup> )	Sulama suyu (mm)	Biomass (t ha <sup>-1</sup> )	Sulama suyu (mm)	toplam biomas (t ha <sup>-1</sup> )
I1	K <sub>1</sub>	606.2	4.36	675.9	10.59	641.1	7.48
	K <sub>2</sub>	458.1	4.44	517.6	8.97	487.9	6.71
	K <sub>3</sub>	310.2	3.68	303.1	4.83	306.7	4.26
I2	K <sub>1</sub>	604.6	5.37	676.0	11.00	640.3	8.19
	K <sub>2</sub>	540.2	5.68	522.6	7.00	531.4	6.34
	K <sub>3</sub>	337.8	3.08	364.1	4.50	351.0	3.79
I3	K <sub>1</sub>	661.5	6.00	685.8	11.58	673.7	8.79
	K <sub>2</sub>	543.9	5.18	558.7	9.33	551.3	7.26
	K <sub>3</sub>	363.2	4.28	375.6	7.08	369.4	5.68

**Çizelge 3.** Denemedeki ana ve alt konulara göre ayrı ayrı kuru madde (biomas) miktarları (t ha<sup>-1</sup>).**Table 3.** Amount of total biomass according to the main plots and sub-plots

Sulama sistemleri	2016	2017	Ort.	Farklı sulama suyu düzeyleri (mm)	2016	2017	Ort.
I <sub>1</sub> (YD)	4.16b	8.13a	6.12	K1(651.7)	5.24a	11.06 a	8.15
I <sub>2</sub> (YAD-30 cm)	4.71ab	7.50b	6.12	K2 (523.5)	5.10a	8.43 b	6.77
I <sub>3</sub> (YAD-40 cm)	5.15a	9.33a	7.24	K3 (342.4)	3.68b	5.47 c	4.58

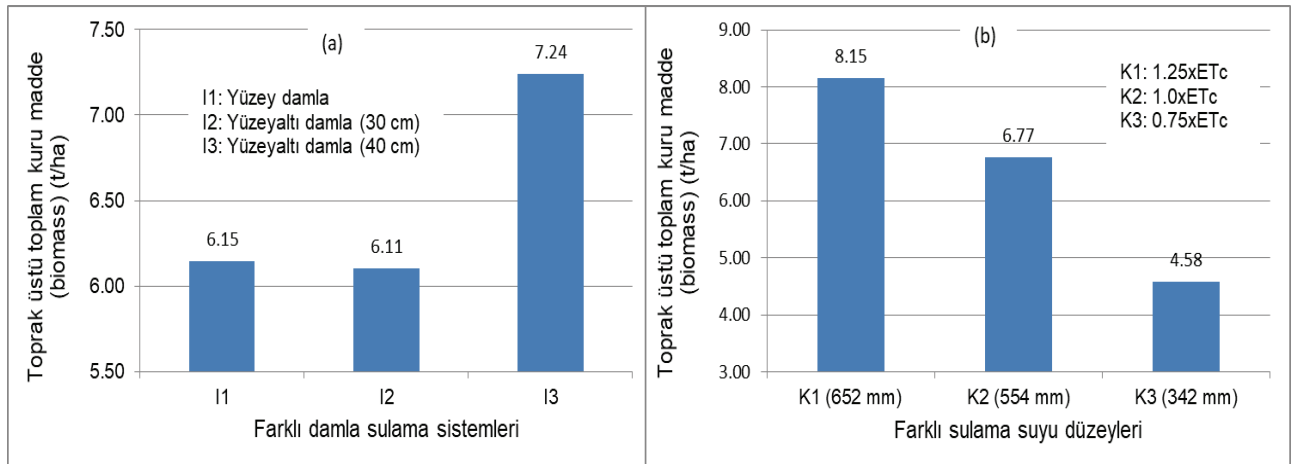
Ortalama değerler gözönüne alındığında, toprak üstü toplam kuru madde (biomas) değerleri, YAD sulama sisteminde ve sulama suyu miktarının artışına bağlı olarak artış göstermiştir (Çizelge 3, Şekil 4). Bu araştırma sonucu elde edilen biomas değerleri gözönüne alındığında, benzer şekilde, Ertek ve Kanber (2001), en yüksek kuru madde (biomas) miktarı, her iki deneme yılında da sulama suyunun en fazla uygulandığı konudan sırasıyla 7.80 ve 6.40 t ha<sup>-1</sup> olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise, iyi sulanmış pamuk, sulanmayan pamuk bitkisine göre kuru madde miktarında % 39 oranında artış olduğu bildirilmiştir (Chen vd., 2017). Yapılan bu araştırma sonucu ve belirtilen önceki çalışma sonuçlarına göre, kuru madde (biomas) miktarını en fazla sulama suyu etkilemekte ve artan sulama suyu kuru madde (biomas) miktarını da artırmaktadır.

Ayrıca denemede yer alan 3 farklı damla sulama sisteminde farklı sulama suyu uygulamalarına göre, sulama suyu kuru madde (biomas) arasında regresyon analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda, sulama suyu ile biomas arasında, YD'de  $Y=1.48 + 0.0097 X$  ( $R^2= 0.94^{**}$ ), YAD (30 cm)'de  $Y= - 1.55$

+ 0.015 X ( $R^2= 0.99^{**}$ ), ve YAD (40 cm)'de ise  $Y= 1.87 + 0.01 X$  ( $R^2= 0.98^{**}$ ), ile tanımlanan ve istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli doğrusal ilişki tespit edilmiştir (Şekil 5.).

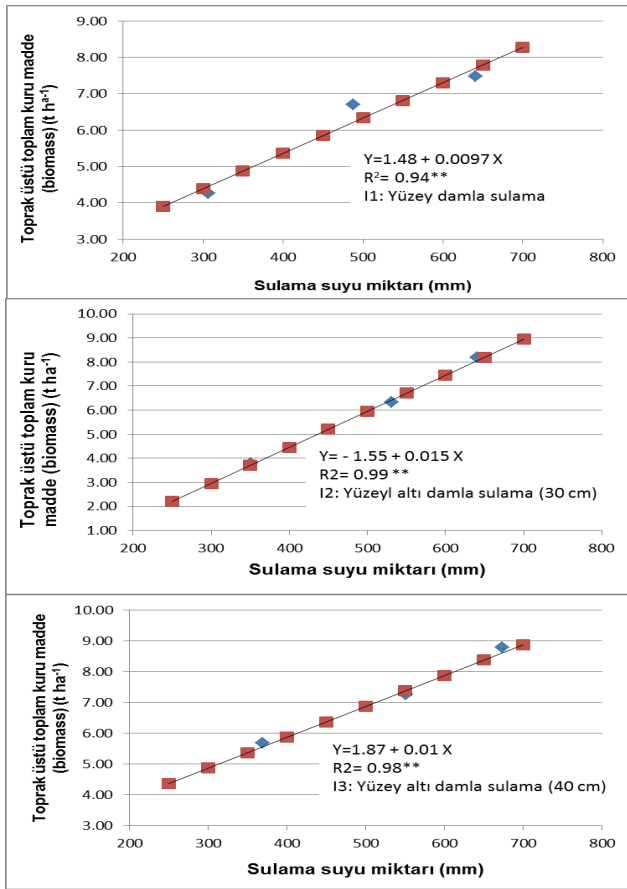
Öte yandan, Phene and Ruskin (1995)'e göre, toprak içindeki nem dağılım boyutunun büyüklüğü, YAD sulamada (tam küresel) YD'ya göre (yarı küresel) daha büyüktür. Başka bir ifade ile, ıslatılan alan büyüdükçe, kök gelişimi için elverişli toprak hacmi de büyümektedir. Böylece su ve besinlerin absorpsiyonu için elverişlilik durumu her ne kadar yıkanma potansiyeli olsa da, YAD sulamada önemli düzeyde artmaktadır.

YAD sulamada, ıslatılan hacmin çoğu daha derinlerde meydana gelir, böylece kök sistemi genellikle yüzey damladan daha düşük sıcaklıkta ve sabit bir çevrenin fonksiyonudur. YAD sulamada toprak yüzeyi kuru kalır, böylece üst topraktan olan buharlaşma ihmal edilebilir durumdadır (Kalfountzos vd., 2007). Ancak bu durum bu denemede olduğu gibi, toprak bünyesi ve lateral derinliğine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Çünkü, 30 cm derinlikteki YAD sulamada sulama sonlarına doğru toprak yüzeyinin

**Şekil 4.** Pamukta farklı damla sulama sistemleri (a) ve farklı sulama suyu (b) uygulamalarının toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarına etkisi**Figure 4.** The effect of different drip irrigation systems and different amount of irrigation water on total biomass of cotton

ıslak hale geldiği görülmüştür. Bu durum lateralın hem 30 cm derinlikte olması (toprak yüzeyine yakın) hem de toprak bünyesinin % 65'den fazla kil içermesi nedeniyle kapillariteye bağlanabilir. Aynı durum 40 cm derinlikte meydana gelmemiştir. Bu ise, 40 cm derinlikteki yüzeyaltı damlada neden daha yüksek toplam kuru madde (biomas) verimi elde edildiğini de açıklamaktadır. Buna göre YAD sulamada da sistem tasarımı ve işletilmesi mevcut toprak ve bitki koşulları gözönüne alınarak yapılmasının ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Buna göre, kurak ve yarı kurak bölgelerde pamuk verimi ile toplam kuru madde (biomass) miktarını etkileyen ve/veya belirleyen en önemli faktörün başında su gelmektedir (Patterson vd., 1978; Çetin ve Bilgel, 2002). Kuru madde (biomas) birikimi ile ilgili olarak, yetiştirme süresince bitkiler tarafından biriktirilen toplam kuru madde (biomas) fotosentez ve solunum aktivitesinin bir fonksiyonudur (Patterson vd., 1978).



**Şekil 5.** Farklı damla sulama sistemlerinde, sulama suyu pamuk toprak üstü kuru madde (biomass) ilişkisi

**Figure 5.** The relationship between different amount of irrigation water and total biomass of cotton on different drip irrigation systems

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, pamukta farklı damla sulama sistemlerinde farklı sulama suyu uygulamalarının toprak sıcaklığı ile toplam kuru madde (biomas) verimine etkisi incelemek amacıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesi Diyarbakır ilinde, 2016-2017 yıllarında yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre, lateralın 10 cm yakınında farklı derinliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, yüzeyaltı damla sulamada yüzey damla sulamaya göre, sulama öncesinde 35 cm derinlikte 1.47 °C, 30 cm derinlikte 1.53 °C, 20 cm derinlikte 1.25 °C ve 10 cm derinlikte ise 0.69 °C daha yüksek olduğu ölçülmüştür.

Yüzeyaltı damla sulamada yüzey toprağı kuru olduğundan, topraktan olan buharlaşma çok sınırlı veya ihmal edilebilir düzeyde olduğu gözönüne alınabilir. Bu durum sistem tasarımı ve sulama yönetimi ile yakından ilgilidir. Bu denemede olduğu gibi, çoğu zaman 30 cm derinliğe yerleştirilen yüzeyaltı damla sulama uygulamasında, toprak yüzeyinin ıslak olduğu görülmüştür. Bu durumun kapillarite ile suyun toprak yüzeyine kadar çıktığı böylece buharlaşma kayıplarının 40 cm derinlikteki yüzeyaltı damla sulamaya göre nispi olarak daha yüksek olduğu söylenebilir. Halbuki, 40 cm derinliğe yerleştirilen yüzeyaltı damla sulamada ise bu durum genellikle meydana gelmemiş olup, dolayısıyla buharlaşma kayıpları da pek olmamıştır. Bu durum, toplam kuru maddenin neden 40 cm derinlikteki yüzeyaltı damla sulama en yüksek olduğunu da açıklamaktadır. Buna göre, 40 cm derinlikteki YAD sulamada sulama suyunun, YD ve diğer 30 cm derinlikteki YAD sulamaya göre daha etkin kullanıldığını göstermektedir.

Öte yandan, kuru madde (biomas) miktarını en fazla sulama suyu etkilemekte ve artan sulama suyu kuru madde (biomas) miktarını da artırmaktadır. Buna göre, farklı damla sulama sistemleri içerisinde en yüksek ortalama kuru madde (biomas) miktarı (8.79 ha<sup>-1</sup>) 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminde ve FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katının uygulandığı sulama suyu uygulamasından elde edilmiştir. Ancak, optimum koşullar (su tasarrufu ve en yüksek su verimliliği) göz önüne alındığında, 40 cm derinlikteki YAD sulama ile günlük gerçek su tüketimi kadar sulama suyunun uygulandığı (I=1.00xET<sub>c</sub>) uygulama önerilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu makalede yer alan veriler, TÜBİTAK 1150600 No'lu araştırma projesi Sonuç Raporu'nun bir bölümünden elde edilmiştir. Bu nedenle, bu makalenin "Materyal ve Yöntem" bölümünün bir kısmı, ilgili proje verilerinden üretilen farklı makale veya yayın(lar)'ın yalnız "Materyal ve Yöntem" bölümlerinin yalnız bir kısmı ile benzerlik göstermektedir. Belirtilen projenin finansal desteğinin (bütçesi) tamamı TÜBİTAK tarafından sağlanmıştır. Bu nedenle kurumsal olarak TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında katkı sunan Doç. Dr. Neşe Üzen, Hilal Altunten ve Bayram Önen'e teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- Adams WR, Zeleke KT (2016). Diurnal effects of on efficiency of drip irrigation. *Irrigation Science* 35: 141-157, Doi: 10.1007/s00271-016-0529-1.
- Ali IA, Kafkafi U, Yamaguchi I, Sugimoto Y, Inanaga S (1996). Transpiration drop after sudden decrease in root temperature. *International Evapotranspiration and Irrigation Scheduling Conference*. San Antonio, Texas, USA, November 3-6, 1996.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. United Nations Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.
- Anonim (2016). *Bitkisel üretim istatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Erişim tarihi: 15.06.2016.
- Bronson KF, Chua TT, Booker JD, Keeling JW, Lascano RJ (2003). In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton: II. Leaf nitrogen and biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1439–1448.
- Chen Z, Ma H, Xia J, Hou F, Shi X, Hao X, Hafeez A, Han H, Luo H (2017). Optimal pre-plant irrigation and fertilization can improve biomass accumulation by maintaining the root and leaf productive capacity of cotton crop. *Scientific Reports*, Volume 7, Article number: 17168, doi:10.1038/s41598-017-17428-5.
- Colaizzi PD, Evett SR, Howell TA (2004). Comparison of SDI, LEPA and spray irrigation performance for cotton in the North Texas High Plains". *CD-ROM*. Irrigation Association Annual Meeting, 14-16 Nov. Tampa, FL. USA.
- Çetin Ö (1993). GAP'ta sulama sistemleri ve su Tasarrufu. *ToprakSu Dergisi*, 1: 23-24.
- Çetin Ö, Bilgel L (2002). Effects of Different Irrigation Methods on Shedding and Yield of Cotton. *Agric. Waste Manage*, Volume 54 (1), 1-15.
- Çetin Ö, Üzen N (2016). Pamuk sulaması. *Çiftçi ve Köy Dünyası*. TZOB Dergisi, Ağustos, 2016, 38-41.
- Çetin Ö, Üzen N, Temiz MG, Sessiz A (2013). Güneş enerjisi kullanarak damla sulama ile sulanan pamukta fertigasyonda azotlu gübre yönetimi. *Dicle Üni. Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü (Proje No: ZF-10-166) Desteklenen Araştırma Sonuç Raporu*, Diyarbakır.
- Dehghanisanij H, Kosari H (2011). Evapotranspiration partitioning in surface and subsurface drip irrigation systems, *Evapotranspiration-from measurements to agricultural and environmental applications*, G. Gerosa (ed.) ISBN:978-953-307-512-9.
- Dong X, Xu W, Zhang Y, Leskovar DI (2016). Effects of irrigation timing on root zone soil temperature root growth and grain yield and chemical composition in corn. *Agronomy*, 6:34, 1-10, doi:10.3390.
- Ertek A, Kanber R (2001). Damla yöntemiyle sulanan pamukta farklı sulama programlarının bitki gelişmesine etkileri. *Türk J Agric For* 25 (2001) 415-425.
- Gardner FP, Pears RB, Mitchel RL (1985). *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press. Iowa, USA, 327.
- Glinski J, Lipiec J (1990). *Soil condition and plant roots*. CRC Press Boca Baton Fla.
- Harem E (2010). Türkiye'de tescil edilen pamuk çeşitleri. *TAGEM, GAP Toprak-Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, Yayın No: 165, Şanlıurfa.
- Kalfountzos D, Alexiou I, Kotsopoulos S, Vyrlas P (2007). Effect of subsurface drip irrigation on cotton plantations. *Water Resour Manage* 21:1341–1351, DOI 10.1007/s11269-006-9085-4.
- Karademir Ç, Karademir E, Doran İ, Altıkat A (2005). Diyarbakır ekolojik koşullarında farklı azot ve fosfor uygulamalarının pamukta verim ve lif teknolojik özelliklerine etkisi. *GOÜ Ziraat Fak. Dergisi*, 2005, 22(1), 55-61.
- Keller J, Bliessner RD (1990). *Sprinkle and trickle irrigation*. Chapman and Hall, 115 Fifth Avenue, New York, NY 10003.
- Li X, Simunek J, Shia H, Yana J, Penga Z, Gong X (2017). Spatial distribution of soil water, soil temperature, and plant roots in a drip-irrigated intercropping field with plastic mulch *Europ. J. Agronomy* 83: 47–56.
- Lv G, Hu W, Kang Y, Liu B, Li L, JO S (2013). Root water uptake model considering soil temperature. *Journal of Hydrologic Engineering* 18(4): 394-400.
- Özer MS (1992). Harran Ovası koşullarında pamuğun fosforlu gübre isteği. *Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 71, Rapor Seri No: R-47, Şanlıurfa*.
- Özer SM, Dağdeviren İ (1986). Harran Ovası koşullarında pamuğun azotlu gübre isteği. *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Yayın No:25, Rapor Serisi No:17, Şanlıurfa*.
- Patterson LL, Buxton DR, Briggs RE (1978). Fruiting in cotton as affected by controlled boll set. *Agron. J.* 70:118-122.
- Phene CJ, Ruskin R (1995). Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In: Lamm FR (ed) *Microirrigation for a changing world: conserving resources/preserving the environment*. Proceedings of the 5th international microirrigation congress, April 2–6. Orlando, Florida, pp 155–167, American Society of Agricultural Engineers.
- Swern D (1982). *Bailey's industrial oil and fat products*. A Wiley Interscience Publication, Vol. 2, 1-69. USA.

# The Effects of High Voltage Lines on the Vitality of *Escherichia coli* and Coliform Bacteria in Fresh Water Sources

Kurtça Emin KAYA<sup>1\*</sup>,

Evrım SÖNMEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Yunus Emre Şehir Hastanesi, Eskişehir

<sup>2</sup>Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilimleri Eğitimi, Sinop

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): kurtcaemin@gmail.com

Geliş tarihi (Received) : 23.12.2019

Kabul tarihi (Accepted): 14.02.2020

DOI:10.21657/topraksu.663529

## Abstract

The aim of this study is to find out whether there is chemical and microbiological degradation in the samples taken from fresh water sources near and far from high voltage lines. The samples were taken from Erfelek Meydan Village location Karasu River, Ayancık Tevfikiye Village location Zindan Brook, Ayancık Türkeli road junction Ayancık Brook, Durağan Yalnız Kavak location Gökırmak Water, Durağan-Boyabat Yalnız Kavak location Gökırmak water and Boyabat Sinecan Village location Kırkgeçit Brook in Sinop province of Turkey. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, pH and conductivity analysis were conducted chemically, while microbiological tests were made against *Escherichia coli* and coliform bacteria. All the results obtained were assessed according to 06.07.2019 dated and 30823 numbered 'Legislation on the quality and treatment of water from which drinking water is obtained' in T. C. Official Gazette. With this study, it can be said that high voltage lines in the province of Sinop do not have a significant effect on fresh water sources. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> gave results in expected levels and conductivity gave results directly proportional to pH. In microbiological test results, *Escherichia coli* and coliform bacterial growth was found, while no microbiological degradation was found.

**Keywords:** Bacteria, electromagnetic field, high voltage line, Sinop

## Yüksek Gerilim Hatlarının Tatlı Su Kaynaklarındaki *Escherichia coli* ve Koliform Bakterilerinin Canlılığına Etkisi

### Öz

Bu çalışmadaki amaç yüksek gerilim hatlarına yakın ve uzak yerlerde bulunan tatlı su kaynaklarından alınan numunelerde kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan bir bozulma olup olmadığını belirlemektir. Numuneler Sinop ilinin Erfelek Meydan Köyü mevki Karasu Irmağı, Ayancık Tevfikiye Köyü mevki Zindan Çayı, Ayancık Türkeli yol ayrımı mevki Ayancık Çayı, Durağan Yalnız Kavak mevki Gökırmak suyu, Durağan-Boyabat Yalnız Kavak mevki Gökırmak suyu ve Boyabat Sinecan Köyü mevki Kırkgeçit çaylarından alındı. Kimyasal açıdan Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, pH, iletkenlik analizleri, mikrobiyolojik açıdan ise *Escherichia coli* ve koliform bakteri gruplarına karşı test edildi. Elde edilen tüm bulgular Resmi Gazetenin 06.07.2019 tarihli, 30823 sayılı 'İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmeliğine' göre değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile Sinop ilinde bulunan yüksek gerilim hatlarının tatlı su kaynaklarına önemli bir etkide bulunmadığı söylenebilir. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> beklenen seviyelerde, iletkenlik ise pH ile doğru orantılı sonuçlar verdi. Mikrobiyolojik test sonuçlarında ise *Escherichia coli* ve koliform bakteri üremeleri saptandı, herhangi bir mikrobiyolojik bozulmaya rastlanmadı.

**Anahtar Kelimeler:** Bakteri, elektromanyetik alan, Sinop, yüksek gerilim hattı

## INTRODUCTION

Electromagnetic field refers to the electric and magnetic field emitted by the electrical devices around us. High voltage lines carry electricity with high voltage and thus generate electromagnetic field. We are also exposed to electromagnetic waves with all kinds of electronic devices we use in daily life (Türkkan ve Kayihan, 2009). Studies conducted on the effects of magnetic field are mostly related to health of humans and living beings. In a study, Varkey et al., (2017) showed that by using magnetic field (10- 65 Militesla, mT), deionised water contaminated with *E. coli* could be decontaminated from *E. coli* with a rate of 90%. In a study they examined the effect of 16 Gauss magnetic field on the growth rate of *E. coli*, Haghi et al., (2012) found that it increased logarithmic phase in the first 4 hours of the trial, while it decreased in the next 16 and 18-hour period. They stated that magnetic field could be effective in the sterilization of products such as food products, etc. In a study they conducted, Mousavian-Roshanzamir and Makhdoumi-Kakhki (2017) exposed *E. coli* to different periods (minutes 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90) and different magnetic intensities (2, 4, 6, 9, 14, 16, 18 and 20 mT) and a significant decrease was found in their survival rates only when they were exposed to 18 and 20 mT.

There are a great number of studies examining the effects of magnetic field on human health. Kroll et al., (2010) stated that high voltage lines and cancer could be associated in children younger than 15 who were born in England and Wales, but they also stated that no statistical significance was found between the results.

It is known that magnetic field affects the growth of bacteria present in water. However, our knowledge on how magnetic field affects the chemistry of water is very limited. The aim of this study was to find out whether there is chemical and microbiological degradation in fresh water sources near and far from high voltage lines.

## MATERIALS AND METHODS

Water samples were taken from rivers close to various high voltage lines in the province of Sinop and from rivers which were off the electromagnetic field. Water samples taken from fresh water sources off the electromagnetic field were assessed as the control group. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, pH,

conductivity, *E. coli* (ATCC 25922), coliform and Total coliform (including fecal coliform) analyses of the samples were conducted in Eskişehir Public Health Laboratory. Water samples were taken in previously autoclaved (Biobase BKO-Z30I) sample containers (100 ml, Simax) as 100 ml. The samples were taken from 5 points where there were no high voltage lines (control group) and 5 points which were close to (about 600 meters) high voltage lines (experimental group). The regions of these 10 points are as in Table 1. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, pH and conductivity of the water samples taken were measured (Thermo Orion 4 Star). Next, 100 ml water was filtered with filters of 0.45 µm. They were planted in growth cultures including Chromocult Coliform Agar (chromogenic coliform, Merck-Millipore, Cat. No: 1.10426) and Mueller Hinton Agar CE (Merck, Cat: No: 1.05437) and incubated for 24 hours at 36 ± 2 °C. The presence of bacteria was understood by the formation of colonies on membrane filter at the end of

**Table 1.** Points where water samples are taken  
**Çizelge 1.** Su örneklerinin alındığı noktalar

Sample points	Names of locations
1	Sinop Erfelek Meydan Village location Karasu River
2*	Sinop Erfelek Meydan Village location Karasu River
3	Sinop Ayancık Tevfikiye Village location Zindan Brook
4*	Sinop Ayancık Tevfikiye Village location Zindan Brook
5	Sinop Ayancık Türkeli road junction Ayancık Brook
6*	Sinop Ayancık Türkeli road junction Ayancık Brook
7	Sinop Durağan Yalnız Kavak location Gökır- mak Water
8*	Sinop Durağan-Boyabat Yalnız Kavak loca- tion Gökırmak Water
9	Sinop Boyabat Sinecan Village location Kırkgeçit Brook
10*	Sinop Boyabat Sinecan Village location Kırkgeçit Brook

\*Control group: Water samples taken from fresh water sources away from high voltage lines



incubation. The pink-red colored coliform bacteria that formed; dark blue-purple colored colonies were detected as *E. coli* bacteria. Total coliform bacteria number was assessed as the total number of all pink-red and blue-purple colonies seen in the Petri dishes.

### Data Analysis

Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, conductivity, *E. coli*, coliform and T. coliform bacteria analysis of water samples was conducted by using SPSS 21.0 program. Mann-Whitney-U test was used in the analysis of data and 0.05 error margin was taken as basis. SPSS. (2013). IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.

### RESULTS AND DISCUSSION

Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, pH and conductivity values of water samples are given in Table 2. As can be seen in Table 2, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> values were found to be in expected levels (T. C. Official Gazette, 2019) and no statistical difference was found between the values. Conductivity results were found to show a proportional change with pH results. However, no significant difference was found between the values (Man-Whitney U, p>0.05).

Table 3 shows *E. coli*, coliform and T. coliform values of water samples at the end of 24 hours. Although there were differences between *E. coli*, coliform and T. coliform values, no significant difference was found between these values (Man-Whitney U, p>0.05).

All the results obtained were assessed according to 06.07.2019 dated and 30823 numbered 'Legislation on the quality and treatment of water from which drinking water is obtained' in T. C. Official Gazette. According to the results of the present study conducted, no statistical difference was found chemically or microbiologically in samples taken from rivers close to or far away from high voltage lines in the province of Sinop. As can be seen in Table 2, although there are numerical differences between values in terms of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>, there is no statistical difference. Similar conclusions were made between samples in terms of Cl<sup>-</sup> contents (Table 2). As can be seen in Table 2, it can be said that there was an increasing graph between pH values from the first sample to the last sample and that this resulted from the decrease in the rate of carbon dioxide dissolved in water. The pH results meet the pH value that is required in drinking water (Official Gazette, 2019) and when examined with conductivity table, it was found to be directly proportional to pH values and no statistical difference was found. It is known that electromagnetic frequency affects the formation of hydrogen peroxide in water and also oxygen formation indirectly; however, this formation is also influenced by environmental conditions such as temperature and lighting (Baghdasaryan et al., 2012).

There are a great number of studies showing that magnetic field has biological effects on living organisms (Draper et al., 2005). Bacteria, which are

**Table 2.** Chemical analysis of water samples  
**Çizelge 2.** Su örneklerinin kimyasal analizi

Sample No	(me/l)			pH	Conductivity
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>		
1	6	0.2	4	7.61	361
2*	6	0.2	4	7.77	370
3	6	0.2	4	7.83	368
4*	5	0.2	4	7.86	370
5	7	0.2	5	7.87	374
6*	6	0.2	4	7.89	376
7	6	0.2	4	7.89	374
8*	7	0.2	5	7.90	369
9	6	0.2	4	7.91	371
10*	6	0.2	4	7.90	374
Mean±S.D	6.10±0.56		4.20±0.42	7.84±0.09	370.7±4.29
p	0.606		1.000	0.674	0.596
U	10.500		12.500	10.500	10.000

**Table 3.** E. coli, coliform and T. coliform values of water samples at the end of 24 hours  
**Çizelge 3.** 24 saat sonunda su örneklerinden alınan E. coli, koliform ve T. coliform değerleri

Sample No	E. coli	Coliform	T. coliform
1	2.200	1.200	3.400
2*	2.150	1.000	3.150
3	2.300	1.050	3.350
4*	2.250	1.100	3.350
5	2.400	1.100	3.500
6*	2.500	1.050	3.550
7	2.350	1.150	3.500
8*	2.150	1.400	3.550
9	2.100	1.100	3.200
10*	2.050	1.250	3.300
Mean±S.D	2.245±142.30	1.140±117.37	3.385±141.51
p	0.463	1.000	1.000
U	9.000	12.500	27.500

easy to produce in the laboratory and which have many effects on the health of living organisms, are important research models in the field. It is known that being exposed to magnetic field has a great number of physiological effects such as the permeability of ion channels in cytoplasmic membrane, formation of free radicals and active oxygen and degradation of cell wall. In addition, it has been shown in a great number of studies that the electromagnetic field used has antibacterial effect in bacteria cell through cell wall synthesis, protein synthesis, nucleic acids, essential enzymes and inhibition of the change in membrane permeability (Balaji, 2015). In this study, when the results were compared with the control group, it was found that the bacteria (*E. coli*, coliform, Total coliform) existed in the samples taken first and that they were approximately the same rate with the samples 24 hours later (Table 3). There are no settlements around the brooks and streams, in Sinop, water samples were taken from. Thus, it is not possible for city sewage to blend in underground water, brooks and streams. It is thought that the presence of these bacteria in the water resulted completely from the animals in natural life and the wastes of the cattle villagers brought for grazing. It can be said that this water is not suitable for drinking microbiologically (T. C. Official Gazette, 2019).

In recent years, studies about the effect of magnetic field in laboratory medium on the health of living organisms and the sterilization of contaminated water are standing out. Samarghandi et al., (2016) found that using magnetic field caused a significant increase

in the number of coliform, Total coliform and Heterotrophic bacteria, while it did not cause a significant change in temperature, pH and degree of opacity. The results of this study are similar to the results of our study in terms of pH results. Salmen et al., (2018) examined the effect of high frequency electromagnetic fields (HF-EMF at 900 and 1800 MHz) on the growth speed and antibiotic susceptibility of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* and *Pseudomonas aeruginosa*. In the study, the bacteria were exposed to 900 and 1800 MHz up to 12 hours; however, it was found that electromagnetic field did not have a significant effect on growth speed and antibiotic susceptibility. This study is similar to our study in terms of antibiotic susceptibility. In our study, magnetic field transmitted by high voltage line was not found to have any effect on the number of bacteria. Unlike our study, in a study conducted by Nascimento et al., (2003), a significant increase was found in the growth rate and glucose consumption of *E. coli* bacteria exposed to electromagnetic field in laboratory medium. Al-Khaza'leh and Al-Fawwaz (2015) researched the effect of magnetic field on the growth rate of three different bacteria strains (*E. coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*). The results showed that the growth rate of *E. coli* and *S. aureus* bacteria decreased 24 hours after they were exposed to magnetic field (30, 50 and 80 mT), while the growth of *B. subtilis* was found to increase. In a study they conducted to examine the effect of magnetic field on antibiotic susceptibility, Gaafar et al., (2006) stated that antibiotic susceptibility increased 6 hours later. It is possible

to increase these studies. In our study, there was no decrease or increase in *E. coli*, coliform and *T. coliform* samples kept for 24 hours and similar results to the initially obtained results were found. The reason for this can be the fact that the other studies were conducted by exposing the bacteria to different frequencies and periods of magnetic field under laboratory conditions. In addition, the magnetic field transmitted by high voltage lines in the areas from where we took the samples may have not influenced the biology of these bacteria.

## CONCLUSION

With this study, the effects of high voltage lines in the province of Sinop on fresh water sources were examined and it was concluded that there were no significant differences. No statistically significant difference was found in all of the parameters examined. In the light of the parameters examined, it can be said that the high voltage lines in areas from where samples were taken did not degrade the chemistry of the water and microbial degradation was not observed.

Since studies conducted so far were conducted under laboratory conditions and with limited frequency, it is not possible to say something definite about the effects of electromagnetic fields on living organisms and non-living matters (Redlarski et al., 2015). At the same time, there are no studies discussing the effects of magnetic field on the chemistry and biology of water. For this reason, the number of studies conducted is increasing every day and becoming more important. More extensive scientific studies should be conducted on this topic and the society should be warned against possible effects.

Note: This study is a summary of the Master's Thesis titled "Analysis of the Effects of Existing High Voltage Lines in the Province of Sinop on Fresh Water Sources" (Sinop University, Department of Interdisciplinary Environmental Health).

Acknowledgements: I would like to thank my advisor Assist. Prof. Dr. Evrim SÖNMEZ for her help during my master's education and thesis preparation process.

## REFERENCES

Al-Khaza'leh KA, Al-Fawwaz AT (2015). The effect of static magnetic field on *E. coli*, *S. aureus* and *B. subtilis*. Viability Journal of Natural Sciences Research, 5 (24): 153-157.

Baghdasaryan N, Mikayelyan Y, Barseghyan S, Dadasyan E, Ayrapetyan S (2012). The temperature dependency of dark and low background radiation effects on water and water solutions properties. Electromagnetic Biology and Medicine, 31 (1): 87-100.

Balaji A (2015). Effect of high voltage transmission lines on human health, plant life and animal activity. International Research Journal of Engineering and Technology, 02 (03): 441-446.

Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J (2005). Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. British Medical Association, 330:7503: 1290.

Gaafar A, Hanafy MS, Tohamy EY, Ibrahim MY (2006). Stimulation and control of *E. coli* by using an extremely low frequency magnetic field. Journal of Biophysics, 16 (4): 283-296.

Haghi M, Maghsoodi M, BagherJanipor JM, Seyyedgholizadeh S (2012). Effect of static magnetic field on *E. coli* growth. International Journal of Advanced Biotechnology and Research, 3 (4): 777-781.

Kroll M, Swanson J, Vincent T, Draper G (2010). Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case-control study. British Journal of Cancer, 7 (103): 1122.

Mousavian-Roshanzamir M, Makhdoumi-Kakhki A (2017). The inhibitory effects of static magnetic field on *Escherichia coli* from two different sources at short exposure time. Reports of Biochemistry & Molecular Biology, 5 (2): 112-116.

Nascimento LFC, Botura JrG, Mota PR (2003). Glucose consume and growth of *E. coli* under electromagnetic field. Journal of the São Paulo Institute of Tropical Medicine, 45 (2): 65-67.

Official Gazette (2019). Available; <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190706-8.htm>. (Date of Access: 16 September 2019).

Redlarski G, Lewczuk B, Arkadiusz G, Koncicki A, Krawczuk M, Piechocki J, Kazimierz J, Tojza P, Jaworski J, Ambroziak D, Skarbek A, Gradolewski D (2015). The influence of electromagnetic pollution on living organisms: historical trends and forecasting changes. BioMed Research International Article ID 234098:18 pages.

Salmen SH, Alharbi SA, Faden AA, Wainwright M (2018). Evaluation of effect of high frequency electromagnetic field on growth and antibiotic sensitivity of bacteria. Saudi Journal of Biological Sciences, 25: 105-110.

Samarghandi MR, Khoshniyat R, Rahmani AR, Roshanaei GH, Poormohammadi A, Saedpanah K (2016). A study on the effect of magnetic fields on microorganisms existing in water. Iranian Journal of Research in Environmental Health Spring, 2 (1): 11-19.

Türkkan A, Kayihan P (2009). Çok düşük frekanslı elektromanyetik radyasyon ve sağlık etkileri. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 14 (2): 11-22.

Varkey AJ, Dlamini MD, Mkhonta SK (2017). Decontamination of bacteria from water with moderate electric and magnetic fields. Reprints ([www.preprints.org](http://www.preprints.org)), doi:10.20944/preprints201711.0202.v1.

## TOPRAK SU DERGİSİ YAYIN KURALLARI

Dergide Türkçe veya İngilizce olarak tarım bilimleri alanındaki özgün araştırma ve makaleler yayınlanır. Orijinal araştırma makaleleri yüksek lisans ve doktora tezinden yapılmış ise dip not olarak belirtilmelidir. Basılacak makalelerin sözlü sunum ve poster bildiri dışında daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış olması ve yayın haklarının verilmemiş olması gerekir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)'ına aittir.

Yayınlanmak için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda Dergi Editörler Kurulu tarafından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Editörler Kurulu, dergide yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri hakemlere göndermeden iade kararı verme hakkına sahiptir. Hakem değerlendirmesinden geçen makalelere ait düzeltmeler, düzeltmeler listesiyle birlikte sisteme yüklenerek dergi yayın kuruluna gönderilmelidir. Dergi Editörler Kurulu, hakem raporları ve/veya düzeltmelerde istenilenlere uyulup uyulmamasını dikkate alarak makalenin yayınlanıp yayınlanmamasına karar verir.

### Derginin Kapsamı

Toprak Su Dergisi, tarım bilimleri alanında yapılan özgün araştırmaları ve yeni bulguları içeren makaleleri yayınlar. Yazar makalenin ne türde bir eser ( araştırma, derleme vb.) olduğunu belirtmelidir.

### Etik

Yazarlar sunmuş oldukları makalede yayın hakları saklı veri/materyal kullandıkları takdirde yayın hakkı sahibinden izin almakla sorumludurlar. Bu durumun dışındaki tüm veri/materyal yazar(lar)ın ürettikleri orijinal veri/materyal olarak kabul edilir.

### Telif Hakkı Devri

Makalede isimleri yer alan tüm yazarlar adına makaleden sorumlu yazar, yayın haklarını Toprak Su Dergisine verdiklerine dair "Telif Hakkı Devir Sözleşmesi" ni imzalamalıdır.

### Makalenin Sunulması

Tüm makale sunumları <http://www.topraksudergisi.gov.tr/> adresinden elektronik ortamda yapılmalıdır.

### Makale Hazırlama

Makaleler, A4 boyutundaki kağıdın tek yüzüne 12 punto Times New Roman yazı stilinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Paragraflar 0.5 cm içeriden başlamalıdır. Sayfanın tüm kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)ı açık olarak yazılmalı ve herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir. Makale Türkçe ise, Türk Dil Kurumu'nun son yazım kılavuzu dikkate alınarak yazılmalıdır. Makalede hem Türkçe hem de İngilizce özet verilmelidir.

Makale; Türkçe başlık, Yazar(lar), Yazar adres(leri), Öz, Anahtar kelimeler, İngilizce başlık, Abstract, Keywords, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular ve Tartışma, Sonuç, Teşekkür (varsa), Kısaltmalar (varsa), Kaynaklar, Şekil ve Çizelge bölümlerinden oluşmalıdır. Makale, "Kaynaklar" bölümü dahil 18 sayfayı geçmemelidir.

**Başlık:** Kısa, makalenin içeriğini tam olarak yansıtabilecek şekilde olmalı ve 15 kelimeyi aşmamalıdır. Kelimelerin ilk harfi büyük, koyu (bold) ve 14 punto ile yazılmalıdır. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılamalı ve koyu (bold) olarak 13 punto ile yazılmalıdır. Yazışmalarda sorumlu yazarın kim olduğu ve elektronik ileti adresi yazar adreslerinin altında dipnot olarak belirtilmelidir.

**Kısa Başlık:** Makalenin iç sayfalarında üst bilgi şeklinde verilecek olan akıcı (kısa) bir başlık (running head) da oluşturulmalıdır. Kısa başlık makale başlığını içerecek ve 8 kelimeyi geçmeyecek şekilde olmalıdır.

**Öz ve Anahtar Sözcükler:** Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 250 kelimeyi geçmemelidir. Özet kısmı çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Özetlerin altında 1 satır boşluktan sonra, küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak en fazla 5 anahtar sözcük alfabetik sıra ile yazılmalıdır.

**Giriş:** Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile ilgili doğrudan daha önceden yapılmış çalışmalar ve çalışmanın amacı verilmelidir.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışmada kullanılan materyal, araştırmanın uygulanması ve istatistiksel yöntemler hakkında kısa ve öz bilgi verilmelidir. Bu bölüm, aynı konuda çalışanlara araştırmayı tekrarlama olanağı verecek nitelikte açık olmalıdır.

**Bulgular ve Tartışma:** Bu bölümde elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle de desteklenerek açıklanmalıdır. Bulgular tartışılmalı, ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri tartışılmalıdır.

**Sonuçlar:** Elde edilen sonuçlar, bilime ve uygulamaya katkısıyla birlikte verilmelidir. Giriş ile Bulgular ve Tartışma bölümünde verilen ifadeler, bu kısımda aynı şekilde tekrar edilmemelidir.

**Teşekkür:** Gerekli ise mümkün olduğunca kısa ve yapılan katkı da ifade edilerek verilmelidir.

**Kısaltmalar ve Semboller:** Makalede kısaltmalardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Kısaltma ve semboller metin içinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Uluslararası geçerliliği olan ve yerleşik kısaltmalar tercih edilmelidir. Kısaltmalar makalenin başlığında kullanılmamalıdır.

**Kaynaklar:** Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf metin içinde "(Yazarın soyadı, yıl)" yöntemine göre yapılmalıdır, örnek: (Özcan, 2011), (Erşahin ve Brohi, 2006). Yazara atıf yapılırsa sadece yayının yılı parantez içine alınmalıdır, örnek: Özcan (2003)'e göre ya da Erşahin ve Brohi (2006). Üç ya da daha fazla yazar için makale içindeki atfında "vd" kullanılmalıdır, örnek: (Dengiz vd., 2010) veya Lawrence vd. (2001). Aynı yazarın aynı yıl içinde birden fazla yayını varsa, yıldan sonra küçük harfler verilmelidir, örneğin, (Gürbüz vd., 2003a).

Kaynaklar bölümünde metin içinde atıfı yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Dergi isimleri kısaltma yapılmadan tam adı yazılmalıdır. Sadece özeti/abstract basılmış kongre kitaplarına atıf yapılamaz. Makaledeki yanlış atıf ve kaynak gösterimlerine ait sorumluluk yazar(lar)a aittir.

#### **Dergi:**

Dengiz O (2010). Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (3): 205-212.

Bayramin I, Basaran M, Erpul G, Canga M R (2008). Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140:249-265.

Öztaş T (1997). Topraklarda difüzyon ve dispersiyon arasındaki ilişki. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 331-340.

#### **Kitap:**

Craig R F (1996). *Soil Mechanics*. Chapman Hall, Great Britain, p. 427.

Webster R, Oliver M A (2001). *Geostatistics for environmental scientists*. Wiley, England, p. 271.

#### **Kitabın bir bölümü:**

Rizvi S S H (1986). Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: M A Rao and S S H Rizvi (Eds.), *Engineering properties of foods*, Marcel Dekker, New York, pp. 190-193.

Doorenbos J, Pruitt W O (1992). *Guidelines for predicting crop water requirement (3rd ed.)* FAO irrigation and drainage paper, Rome. pp. 24-193.

### **Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:**

TÜİK (2005). Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara.

ASAE (2002). Standards S352.2, 2002. Moisture measurement - underground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI.

### **İnternetten alınan bilgi:**

Kurumsal bazda istatistik veri, standartlar ve elektronik dergiler internetten alınan bilgilerdir.

FAO (2005). Statistical database. Available: <http://www.fao.org>. (Erişim tarihi)

### **Tezler**

Koyuncu T (1992). Tarım arabalarında kullanılan çarpma etkili frenlerin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.

Berbert P A (1995). On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. PhD Thesis, Cranfield University (Unpublished), UK.

### **Tam metin kongre/sempozyum kitabı:**

Kütük C, Caycı G (2000). Effect of beer factory sludge on yield components of wheat and some soil properties. In: Munsuz, N. (Ed.), Proceedings of International Symposium on Desertification, pp. 313–318, 13–17 June, Konya, Turkey.

Kara Z, Beyoğlu N (1995). Konya ili Beyşehir yöresinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Bildiriler (II): 524-528. 3-6 Ekim, Adana.

**Şekiller ve Çizelgeler:** Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Çizelge" olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve çizelgeler makalenin sonuna yerleştirilmelidir. Şekil ve çizelgelerin boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve çizelgelerin boyutu baskıda çıkabilecek özellikte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını karşılaştırmalı olarak sunma özelliğinde olmayan fotoğraf makalede yer almamalıdır. Araştırma sonuçlarını destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde "jpg, pdf ve tiff" formatında olmalıdır. Renkli resimler yerine gri tonlu resimler tercih edilmelidir. Çizelgelerde dikey çizgi kullanılmamalıdır. Her çizelge ve sekile metin içerisinde atıf yapılmalı ve metin içinde atıf yapıldıktan sonra verilmelidir. Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1. ve Şekil 1.). Çizelge ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde, şekil başlıkları ise şeklin altında yer almalıdır. Çizelge ve şekillerin İngilizce başlıkları, Türkçe başlığın hemen altına İtalik olarak yazılmalıdır. Şekillerde yatay ve düşey kılavuz çizgiler ve rakamlar bulunmamalı ancak istatistiksel karşılaştırma için verilmesi durumunda küçük harfler verilebilmektedir. Çizelge ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır. Farklı parçalardan oluşan çizim araçları, şekiller veya resimler, gruplandırılmalıdır. Cins ve tür isimleri italik olarak yazılmalıdır.

**Birimler:** Tüm makalelerde SI (Système International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak virgöl kullanılmalıdır ( 1.25 yerine 1,25 gibi). Birimlerde "/" kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (3 m/s yerine 3 m s<sup>-1</sup>, 4 kg N ha<sup>-1</sup> gibi)

**Formüller:** Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüller 12 punto olacak şekilde ana karakterler ve değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1." şeklinde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1. de verilmiştir).