

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

Nalan KARS¹,

İmanverdi EKBERLİ^{2,*}

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

²Ondokuz 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⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Bitki boyu ile Ca+Mg, kireç (CaCO₃), hacim ağırlığı (HA), tarla kapasitesi (TK), organik madde (OM), (EC)², (OM)², (CaCO₃)², $\sqrt{\text{Kum}}$, $\sqrt{\text{N}}$ parametreleri arasındaki regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmayıp, belirleme katsayısı (R = 0.543) orta; bin dane ağırlığı ile EC, OM, Kum, (HA)₂, (KumxHA), $\sqrt{\text{CaCO}_3}$, $\sqrt{\text{EC}}$, 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⁻¹. In the regression model between maize plant height and electrical conductivity (EC), Ca+Mg, lime (CaCO₃), bulk density (BD), field capacity (FC), organic matter (OM), (EC)², √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)², (Sand×BD), √(CaCO₃), √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⁻¹ 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⁻¹'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 değerlendirilerek 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.

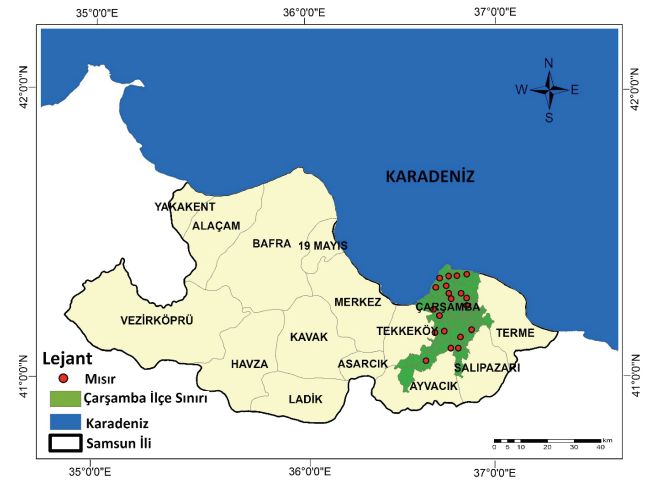
Regresyon modellerin ekoloji, hidroloji, çeşitli mühendislik dallarında olduğu gibi, tarım alanında da geniş uygulamaları vardır. Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde değerlerin birikimine paralel olarak, regresyon modellerin amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır. Toprak 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⁻¹'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 (CaCO₃), 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 CaCl₂ + 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.

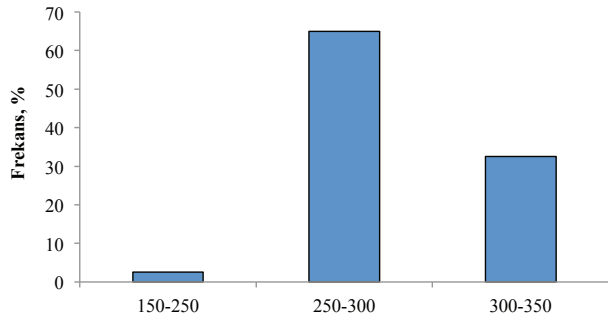
Tablo 1'den görüldüğü gibi, mısır bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 172.33-351.22 cm, 167.54-450.75 g ve 833.58-1584.37 kg da⁻¹ arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 294.16 cm, 345.19 g ve 1293.37 kg da⁻¹ olmaktadır. Görüldüğü gibi, istatistiksel göstergeler geçerli sınırlar 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)

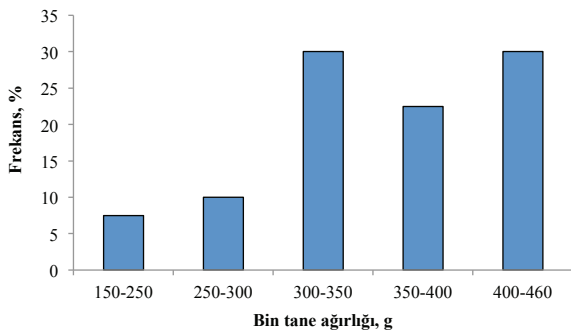
| Özellikler | En düşük | En yüksek | Ortalama | St. Sapma | VK, % | Çarpıklık |
|-------------------------|----------|-----------|----------|-----------|-------|-----------|
| BB, cm | 172.33 | 351.22 | 294.16 | 32.85 | 11.16 | -1.639 |
| BTA, g | 167.54 | 450.75 | 345.19 | 63.59 | 18.42 | -0.274 |
| TV, kg da ⁻¹ | 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.

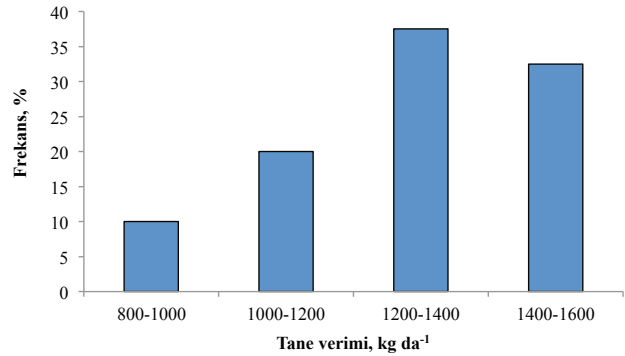
Mısır bitkisi örneklerinin BB, BTA ve TV değerlerine ait frekans dağılımları Şekil 2'de gösterilmiştir.

**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⁻¹; %20'si 1000-1200 kg da⁻¹; %37.5'i 1200-1400 kg da⁻¹; %32.5'i ise 1400-1600 kg da⁻¹ arasında saptanmıştır. Öktem (1993), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırdaki 14 farklı çeşit ile yaptığı bir çalışmada; tane veriminin 827 kg da⁻¹ ile 1456 kg da⁻¹ 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⁻¹ ile 1349 kg da⁻¹ 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 ⁻¹ |
|------------------------------|--------|---------|-------------------------|
| BB, cm | 1 | | |
| BTA, g | -0.137 | 1 | |
| TV, kg da ⁻¹ | -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 ⁻³ | 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 ⁻¹ (1:1) | -0.112 | 0.431* | 0.384* |
| CaCO ₃ , % | 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 ⁻¹ | -0.198 | 0.233 | 0.421* |
| Ca+Mg, cmol kg ⁻¹ | -0.148 | 0.284 | 0.192 |
| Na, cmol kg ⁻¹ | 0.095 | -0.006 | 0.403* |
| KDK, cmol kg ⁻¹ | -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⁻¹; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; CaCO₃: Kireç, %; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum, cmol kg⁻¹; HA: Hacim ağırlığı, g cm⁻¹; 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⁻¹; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; CaCO₃: Kireç, %; HA: Hacim ağırlığı, g cm⁻³; 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); CaCO₃, 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, CaCO₃, 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, CaCO₃, 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 (R²) 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⁻¹; pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik, dS m⁻¹; OM: Organik madde, %; N: Azot, %; P: Fosfor, ppm; K: Potasyum, cmol kg⁻¹; Zn: Çinko, ppm; Na: Sodyum, cmol kg⁻¹; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum, cmol kg⁻¹; HA: Hacim ağırlığı, g cm⁻³; SN: Solma noktası, %.

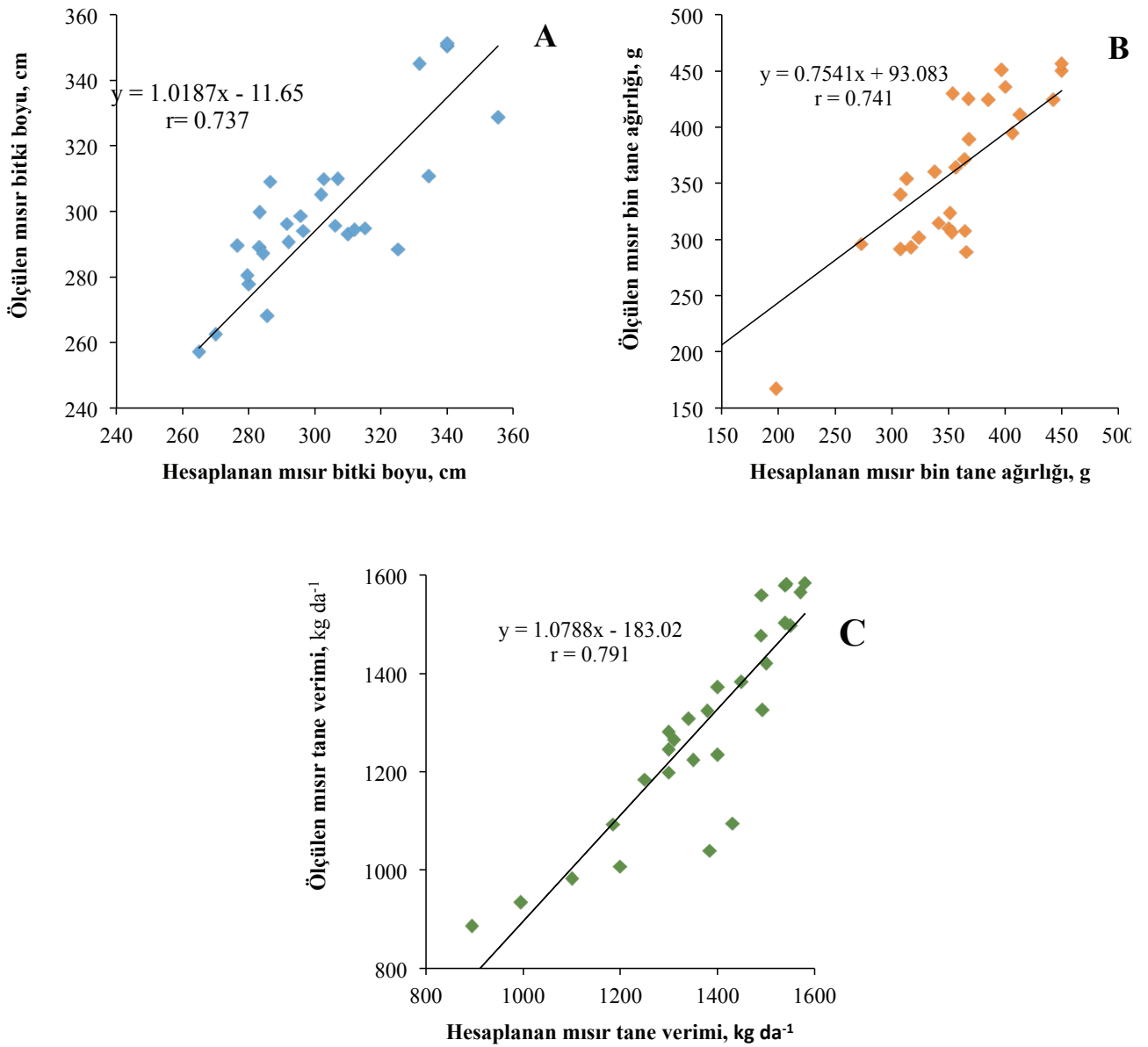
F değerleri 3.10 ile 5.83; p değerleri ise 0.001 ile 0.020 arasında olup, $p < 0.05$ ve $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel anlamlılık göstermiştir. En yüksek belirleme katsayısı 3 numaralı modelde ($R = 0.894$), en düşük belirleme katsayısı ($R = 0.752$) ise 1 numaralı modelde saptanmış olup, modellerin 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 (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 ısıl 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 ısıl 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.