

Buğday Bitkisinin Verim Parametreleri ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki Pedotransfer Modellerin Uygulanabilirliği*

Nalan KARS¹, İmanverdi EKBERLİ^{2**}

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun, TÜRKİYE

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 29.11.2018

Kabul Tarihi/Accepted: 17.06.2019

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0002-0609-0815 orcid.org/0000-0002-7245-2458

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: iman@omu.edu.tr

Öz: Bu çalışmanın amacı, Çarşamba Ovası'nda yetiştirilen buğday bitkisinin verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine dayanarak, bu özellikler arasında pedotransfer modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Bu amaçla, ovanın çiftçiler tarafından buğday tarımı yapılan arazilerinden toprak ve bitki örnekleri alınmıştır. Araştırma alanındaki buğday bitki boyu değerlerinin % 70'i 75 cm ile 90 cm, bin tane ağırlığı değerlerinin % 47.5'i 50 g ile 55 g, tane verimi değerlerinin % 47.5'i ise 600-700 kg da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Bitki boyu ile elektriksel iletkenlik (EC), Ca+Mg, hacim ağırlığı (HA), Kil, (HA)², (EC)², (Kil)², $\sqrt{Ca + Mg}$ parametreleri arasındaki pedotransfer modeli istatistiksel olarak anlamlı (p= 0.035), regresyon katsayısı (R= 0.731) yüksek; bin tane ağırlığı ile (EC)², (OM)², (Fe)², (Kil)², (HA)², (Kil×HA), \sqrt{Kil} , \sqrt{HA} , solma noktası (SN) parametreleri arasındaki model istatistiksel olarak anlamlı (p= 0.013), regresyon katsayısı (R= 0.794) yüksek; tane verimi ile EC, CaCO₃, Kum, (Kum×HA), (HA×SN), Fe, N, (HA)², SN, (EC)², \sqrt{HA} parametreleri arasındaki modelin performansı çok yüksek (R= 0.840; p= 0.012) olarak belirlenmiştir. Verim unsurları ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde regresyon katsayısı (R), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME), mutlak hata (MH), ortalama aritmetik hata (OAH) ve maksimum nispi hata (MNH) birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen pedotransfer modellerin, ova topraklarında yetiştirilen buğday bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitki boyu, bin tane ağırlığı, verim, fiziksel-kimyasal toprak özellikleri, pedotransfer modeller

Applicability of Pedotransfer Models Between Yield Parameters and Some Soil Properties of Wheat Plant

Abstract: The aim of this study is to set pedotransfer models based on correlation between yield parameters of wheat plants 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 the lands of the plain used by the farmers for wheat production. In the research area, 70% of the wheat plant height values were observed between 75 cm and 90 cm, the thousand grain weight values of 47.5% were between 50 g and 55 g, and the yield values of 47.5% were between 600-700 kg da⁻¹. Pedotransfer model was statistically significant (p=0.035) and regression coefficient was high (R= 0.731) between plant height and electrical conductivity (EC), Ca+Mg, bulk density (Db), Clay, (Db)², (EC)², (Clay)², $\sqrt{Ca + Mg}$ soil properties; high regression coefficient (R= 0.794) with a statistical significance level of p= 0.013 between 1000 grain weight and (EC)², (OM)², (Fe)², (Clay)², (Db)², (Clay×Db), \sqrt{Clay} , \sqrt{Db} , wilting point (WP) parameters; and high regression coefficient with statistical significance (R=0.840; p=0.012) between grain yield and EC, CaCO₃, sand, (Sand×Db), (Db×WP), Fe, N, (Db)², WP, (EC)², \sqrt{Db} parameters were determined. Regression

* Bu çalışma; Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen birinci yazara ait "Çarşamba Ovası'nda Buğday, Mısır ve Soya İçin Verim ve Bazı Verim Unsurlarının Matematiksel Modellenmesi" isimli Doktora Tez çalışmasının bir bölümünden üretilmiştir.

coefficient (R), root mean square error (RMSE), index of agreement (*d*), model efficiency (ME), mean of absolute error (MAE), mean bias error (MBE) and maximum relative error (MRE) were evaluated together to determine the validity of pedotransfer models between the yield components and physical-chemical properties of soils. It can be seen that the pedotransfer models obtained can be applied in the estimation of yield parameters of wheat plant grown in plain soils.

Keywords: plant height, 1000 seed weight, yield, physical-chemical properties of soils, pedotransfer models

1. Giriş

Tahıllarda bitki verimi; bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane verimi gibi bazı agronomik bitki özelliklerine önemli düzeyde bağlı olmaktadır. Tane verimi, vejetasyon periyodu sürecinde birbirini izleyen farklı fenolojik dönemler ile bu dönemlerdeki fizyolojik ve morfolojik özelliklerin karşılıklı etkileşimleri sonucu ortaya çıkmaktadır (Öztürk ve Akten, 1999). Farklı ekolojilerde buğday ve genotipleri ile yapılan çalışmalarda, bitki boyu ve bin tane ağırlığı ile tane verimi arasında önemli yönde pozitif ilişkilerin belirlendiği ve adı geçen özelliklerin tane verimini etkileyen önemli unsurlar olduğu (Tosun ve Yurtman, 1973; Gençtan ve Sağlam, 1987; Korkut ve ark., 1993; Ayçiçek ve Yıldırım, 2006; Kurt ve Yağdı, 2013); bin tane ağırlığının, çeşide göre değişmekle birlikte çevresel faktörlerden de etkilendiği (Peterson ve ark., 1992); bitki boyunun, genotipe, çevre şartlarına ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği (Whitman ve ark., 1985) bildirilmektedir. Tokat Kazova koşullarında bazı buğday genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin incelendiği bir araştırmada, buğday yetiştirilen toprakların; killi-tınlı tekstürlü ve hafif alkali reaksiyonlu olduğu, toprakların toplam tuz içeriğinin % 0.032, organik madde içeriğinin % 1.58, kireç içeriğinin % 9.80, alınabilir fosforun 3.1 kg da⁻¹ ve alınabilir potasyumun 82.8 kg da⁻¹ olduğu rapor edilmiştir (Sakin ve ark., 2004).

Günümüzde çeşitli yöntemler kullanılarak toprak verimliliğinin artırılması ve verim artışlarının tahmin edilmesi, güncel ve araştırma önceliği olan konularından biridir. Toprak verimliliğinin artırılması ve korunması, toprak özelliklerinin ve değişiminin optimum düzeyde olmasıyla ilişkilidir. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ve değişimi toprak oluşum süreçlerine, verimliliğe ve bitki gelişimine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Toprak özelliklerinin değişimleri; toprakların katı, sıvı, gaz bileşenlerini ve oranlarını, bu bileşenlerin karşılıklı etkisini ve bu etkiye bağlı değişimlerini belirlemektedir. Dolayısıyla, toprakların fiziksel-kimyasal özelliklerinin ve bu özelliklerle bitkilerin agronomik göstergeleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi; verimliliğin korunması, tahmin edilmesi ve artırılmasına yönelik yöntemlerin oluşturulmasında gerekli olmaktadır (Taban ve ark.,

2004; Ekberli ve Kerimova, 2005; Özyazıcı ve ark., 2013, 2016; Özdemir ve ark., 2014; Ekberli ve Dengiz, 2016; Ekberli ve Dengiz, 2017).

Buğday bitkisinin verim parametreleriyle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer (regresyon) modellerin oluşturulması önemli olup, bu modellerin geliştirilmesi verim tahmininde kullanılma olanağı da sağlamaktadır. Regresyon modellerinin; ekoloji, hidroloji, çeşitli mühendislik dallarında olduğu gibi, tarım alanlarında da geniş uygulamaları vardır. Toprak ve bitki ekosisteminde pedotransfer modellerin yapılması ve kullanılması; basit diferansiyel, cebirsel ve kısmi türevli diferansiyel denklemlerle ifade edilen teorik modellerden (Bayraklı ve ark., 1999; Korkmaz ve ark., 2000; Overman ve Scholtz III, 2002; Gülser, 2004; Guber ve ark., 2009; Dorsey ve Hardy, 2018; Özdemir ve ark., 2018; Thiery ve ark., 2018) daha kolay ve pratik olmaktadır.

Deneysel (pedotransfer) ve teorik modellerin yapılmasında, birçok varsayımlar kabul edilmektedir. Bouma ve Van Lanen (1987) tarafından ilk kez kullanılan pedotransfer fonksiyon teriminin; Bouma (1989) tarafından daha anlaşılır bir biçimde ortaya konulmasının nedeni, toprak araştırmaları ve toprak hidrolojisi arasındaki muhtemel bağlantıyı vurgulamaktır (Pachepsky ve ark., 2006). Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde değerlerin birikimine paralel olarak, pedotransfer modellerin amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır. Bu modellerin yardımıyla, karşılıklı etkileşimde olan özelliklerin bir biriyle matematiksel ifadesi; temel toprak özelliklerine bağlı olarak diğer özelliklerin (bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane verimi gibi) belirlenmesi mümkün olmaktadır. Toprağın fiziksel özellikleriyle diğer toprak özellikleri arasındaki ampirik ilişkilerin yapılması (Patil ve Singh, 2016), verim ile fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki ilişkilerin tahmininde kullanılmasının gelişimini sağlamıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan pedotransfer modellerde; bağımsız parametreler olarak, deneysel olarak daha kolay belirlenebilen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri tercih edilmektedir (Campbell ve Shiozawa, 1992; Vereecken ve ark., 2010; Gülser ve ark., 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017). Pedotransfer modellerin oluşturulmasında, modelin uygulanabilirliğinin

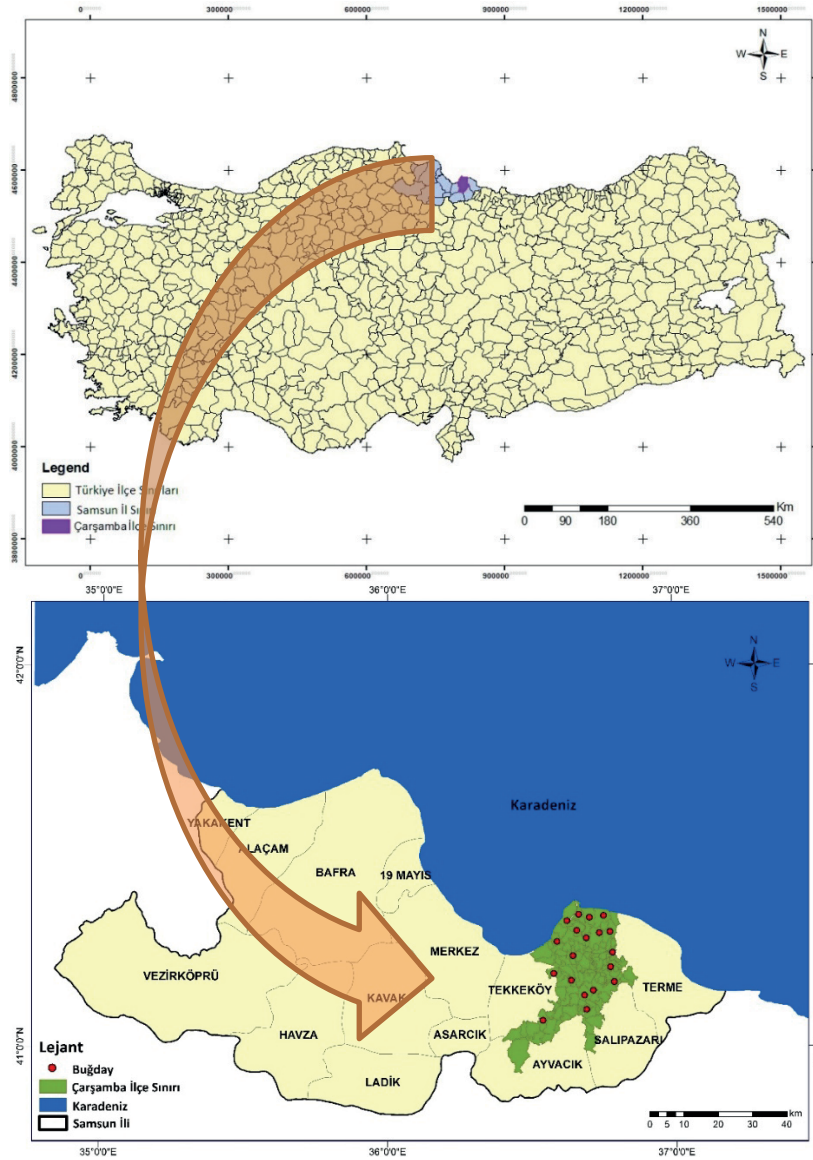
istatistiksel yöntemlerle kontrol edilmesi gerekir. Farklı araştırmacılar tarafından pedotransfer modellerini değerlendirmek ve doğrulamak için; ortalama karekök hata (RMSE), uygunluk indeksi (d), maksimum nispi hata (MRE), ortalama mutlak hata (MAE), belirleme katsayısı (R) gibi istatistiksel indeksler kullanılmıştır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Budka ve ark., 2015; Patil ve Singh, 2016; Aydoğan ve Soylu, 2017).

Bu araştırma; buğday bitkisinin bazı verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine dayanarak, bu özellikler arasında pedotransfer modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin, bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin ortaya konulması amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma; 2013-2014 yıllarında Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde, çiftçiler tarafından tarım yapılan arazilerden 0-20 cm derinlikten 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.

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.



Şekil 1. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar

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 buğday bitkisi 1.700 hektar alanda yetiştirilmektedir. Ova toprakları alüvyial ve kısmen de kolüviyal (kestane rengi topraklar, gri-kestane podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları) karakterdedir (Anonim, 1984). Ovada yıllık toplam yağış miktarı 985.9 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması ise 15-17 °C'dir (Turan ve ark., 2018).

Alınan toprak örneklerinde tekstür hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993); hacim ağırlığı, Demiralay (1993)'a göre; toprak reaksiyonu (pH), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile (Bayraklı, 1987); elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); kireç (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 ve ark., 1954); değişebilir potasyum (K) ve sodyum (Na), toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH= 7.0) çözültüsü ile ekstrakte edilmesiyle, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA titrasyonu ile (Sağlam, 1997); kanyon 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. Buğday bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

Toprak ve bitki analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler ile toprak özellikleri ve bitkilerin verim parametreleri arasındaki korelasyonlar SPSS 17.0 paket programı kullanılarak hesaplanmış; verim parametreleri ile toprak özellikleri arasında oluşturulan pedotransfer

modeller ise, Minitab 17.0 paket programında oluşturulmuştur.

Standart sapma (σ), değişim veya varyasyon katsayısı (VK) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

$$VK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}}} \quad (2)$$

Burada, x_i , ölçülen veya tahmin edilen değerleri; \bar{X} , ölçülen veya tahmin edilen değerlerin ortalamasını; n , ölçülen veya tahmin edilen değerlerin sayısını ifade etmektedir.

Genel olarak standart sapmanın küçük olması ortalamadan sapmaların ve riskin az; büyük olması ise, ortalamadan sapmaların ve riskin çok olduğunun göstergesidir. Varyasyon veya değişim katsayıları karşılaştırıldığında, değişim katsayısı küçük olan verilerde dağılımın aritmetik ortalama etrafında daha yoğun dağıldığı anlaşılır. Çarpıklık değerlerinin sıfıra yakın olması genellikle değerlerin normale yakın dağılım gösterdiğini ifade etmektedir.

Hata kareler ortalamasını karekökü (HKOK), mutlak hata (MH), maksimum nispi hata (MNH), ortalama aritmetik hata (OAH), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$HKOK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (3)$$

Burada, n , verilerin sayısını ve ($n < 30$ ise $m = n - 1$, $n > 30$ ise $m = n$); x_i , ölçülen değeri; y_i , hesaplanan değeri ifade etmektedir.

$$MH = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|}{n} \quad (4)$$

$$MNH = \max_{i=1,2,3,\dots,n} \left(\left| \frac{x_i - y_i}{y_i} \right| \right) \quad (5)$$

$$OAH = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i - y_i}{n}}{n} \quad (6)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|x_i - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)^2} \quad (7)$$

Burada, \bar{x} ve \bar{y} , sırasıyla hesaplanan ve ölçülen değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (8)$$

Hata kareler ortalamasını karekökü (HKOK), tahmin hatalarının standart sapmasını ifade etmektedir. MH ve MNH değerlerinin sıfıra yakın olması tercih edilmektedir. OAH'nın sıfıra yakın olması, tahmin ve gerçek değerler arasındaki farkın az olduğunu göstermektedir. Pozitif veya negatif bir değer ise, sırasıyla aşırı tahmin veya düşük tahminin bir göstergesidir. Uygunluk indeksi (d) modelin geçerliliğinin bir göstergesi olup, d 'nin 1'e yakın olması modelin uygulanabilirliğini göstermektedir. Krause ve ark. (2005) tarafından, deneysel hidrolojik modele yönelik bir araştırmada, ME değerlerinin 1 (mükemmel uyum) ile $-\infty$ arasında değiştiği gösterilmiş; ME'nin sıfırdan küçük olması durumunda ise ölçülen ortalama değer, hesaplanan değerden daha etkin olduğu belirtilmiştir. d ve ME'nin analitik ifadelerinin

karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi, genel olarak d değeri ME'den büyük olmaktadır (Willmott ve Matsuura, 2005; Willmott ve ark., 2012; Kumar ve ark., 2015; Wang ve ark., 2016). Pachepsky ve Rawls (1999) tarafından gösterilen yöntemle dayanarak, verim parametreleriyle toprak özellikleri arasında oluşturulan pedotransfer modellere ait istatistiksel parametreler, modellerin oluşturulmasında kullanılmayan diğer 28 farklı araziden alınan toprak özellikleri ve buğday verim parametreleri kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Buğday bitkisinin verim parametrelerinin değişimi

Araştırma alanında yetiştirilen buğday bitkisinin bazı verim parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'den görüldüğü gibi, buğday bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 66.47-113.53 cm, 44.52-60.11 g ve 332.72-653.66 kg da⁻¹ arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 82.98 cm, 51.51 g ve 515.17 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, sağdan ve soldan sıfıra yakın olmakta, dolayısıyla dağılımın normale yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Buğday bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma	VK, %	Çarpıklık
BB, cm	66.47	113.53	82.98	11.39	13.73	1.61
BTA, g	44.52	60.11	51.51	4.05	7.86	0.26
TV, kg da ⁻¹	332.72	653.66	515.17	102.10	19.81	-0.15

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

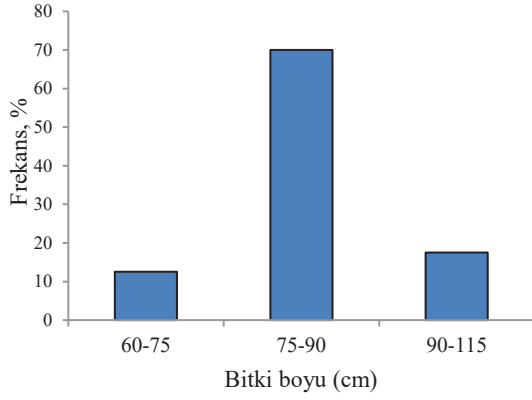
Buğday bitkisi örneklerinin BB, BTA ve TV değerlerine ait frekans dağılımları Şekil 2-4'te gösterilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, buğday BB değerlerinin; % 12.5'i 60 cm ile 75 cm, % 70'i 75 cm ile 90 cm ve % 17.5'i ise 90 cm ile 115 cm arasındadır. Karadeniz Bölgesi için uygun buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin araştırıldığı bazı çalışmalarda, bitki boyunun 80.1-109.2 arasında değişim gösterdiği (Aydın ve ark., 2005; Mut ve ark., 2007; Şermet, 2011) ve buğdayda bitki boyunun çeşidin genetik yapısı, ekim sıklığı, ekim zamanı, gübreleme, yağış durumu, toprak özelliklerine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Doğan ve Yürür, 1992; Kün, 1996).

Buğday bitkisinin BTA değerleri; % 5.0'i 40 g ile 45 g, % 27.5'i 45 g ile 50 g, % 47.5'i 50 g ile 55

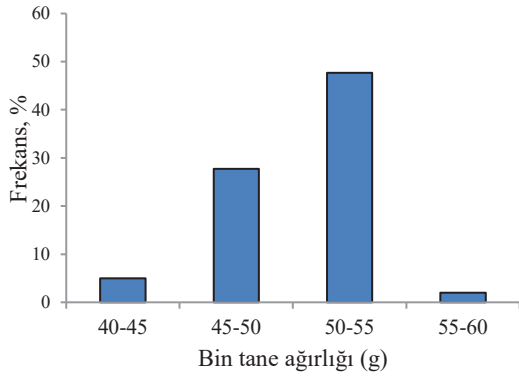
g ve % 2.0'si ise 55 g ile 60 g arasında belirlenmiştir (Şekil 3). Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bazı çalışmalarda, bin tane ağırlığının 31.7-46.1 g arasında değiştiği raporlanmıştır (Mut ve ark., 2007; Şermet, 2011). Tane dolun dönemindeki iklim özellikleri; kültürel uygulamalar ve topraktaki besin elementlerinin durumu da BTA'nı etkilemektedir (Sade ve ark., 1999).

Buğday bitkisinin TV değerlerinin; % 7.5'i 300-400 kg da⁻¹, % 25'i 400-500 kg da⁻¹, % 17.5'i 500-600 kg da⁻¹ ve % 47.5'i ise 600-700 kg da⁻¹ arasında olduğu saptanmıştır (Şekil 4). Oktay (2006) tarafından, Orta Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilebilecek buğday çeşitlerinde verim parametreleri ile kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir araştırmada; tane veriminin

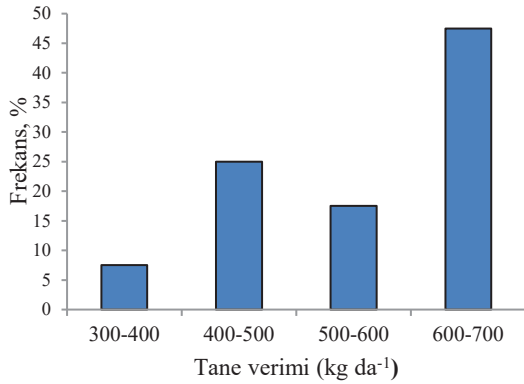
335.63 kg da⁻¹ ile 686.20 kg da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır.



Şekil 2. Buğday bitki örneklerinin bitki boyu değerlerinin dağılımı (n=40)



Şekil 3. Buğday bitki örneklerinin bin tane ağırlığı değerlerinin dağılımı (n=40)



Şekil 4. Buğday bitki örneklerinin tane verim değerlerinin dağılımı (n=40)

3.2. Buğday bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler

Buğday bitkisinin bazı verim parametreleriyle toprağın bazı fiziksel ve kimyasal parametreleri

arasındaki korelasyon katsayıları (r) Tablo 2'de gösterilmiştir. Topraklardaki Fe miktarıyla buğday bitkisinin BTA arasında önemli pozitif ilişki (0.449*); Fe ve TV değerleri arasında ise önemli negatif ilişkiler (-0.424*) belirlenmiştir. Buğday bitkisinin verim parametreleriyle, toprakların diğer fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir ilişki tespit edilmemiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Buğday bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi

Özellikler	BB (cm)	BTA (g)	TV (kg da ⁻¹)
BB, cm	1	-0.007	-0.002
BTA, g	-0.007	1	-0.307
TV, kg da ⁻¹	-0.002	-0.307	1
Kil, %	0.305	-0.184	0.092
Silt, %	-0.129	0.174	0.031
Kum, %	-0.185	0.028	-0.118
HA, g cm ⁻³	0.076	0.165	-0.169
TK, %	-0.190	-0.106	-0.034
SN, %	0.146	0.048	-0.338
BYS, %	-0.370	-0.177	0.256
pH, (1:1)	-0.092	-0.051	0.047
EC, dS m ⁻¹ (1:1)	0.229	0.133	-0.249
CaCO ₃ , %	-0.243	0.010	0.164
OM, %	-0.009	-0.024	0.120
N, %	-0.048	-0.272	0.351
P, ppm	-0.068	0.092	-0.040
K, cmol kg ⁻¹	-0.041	0.132	0.040
Ca+Mg, cmol kg ⁻¹	0.237	0.083	-0.107
Na, cmol kg ⁻¹	0.086	-0.165	0.057
KDK, cmol kg ⁻¹	0.131	0.045	-0.226
Fe, ppm	-0.157	0.449*	-0.424*
Mn, ppm	-0.185	0.175	-0.268
Cu, ppm	0.066	0.232	-0.061
Zn, ppm	0.000	0.159	0.134

*: p ≤ 0.05 hata düzeyinde önemli

Buğday üzerinde yapılan çeşitli araştırmalarda korelasyon katsayıları kullanılarak, tane verimi ile agronomik ve morfolojik karakterler arasındaki ilişkiler açıklanmaya çalışılmıştır. Her ne kadar korelasyon katsayıları tane verimini belirleyen ana verim öğelerinin ortaya çıkarılmasında faydalı ise de, basit korelasyon katsayıları birbirleriyle karmaşık ilişkiler içerisinde olan değişik karakterlerin verim üzerine doğrudan ve dolaylı etkilerini tam olarak ifade edememektedir (Bhatt, 1973). Farklı gübre dozları (Kettlewell ve ark., 1998), yıl içindeki yağışın dağılımı ve yetiştirme periyodundaki sıcaklık (Smith ve Googing, 1999), genotip, ekim zamanı, toprak özellikleri, hastalık ve zararlılarla mücadele (Peterson ve ark., 1992) gibi faktörler verim ve kaliteyi önemli düzeyde etkilemektedir. Ayçiçek ve Yıldırım (2006), TV ile BTA arasında önemli pozitif (r= 0.308**) ilişki; Oktay (2006), TV ile BB (r= 0.372**) ve BTA

($r= 0.348^{**}$) arasında çok önemli pozitif ilişkiler; Şermet (2011) ise BB ile TV arasında çok önemli pozitif ($r= 0.2132^{**}$), TV ile BTA arasında önemli pozitif ($r= 0.1035^*$) ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

3.3. Verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

Buğday bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller Tablo 3'te verilmiştir. Pedotransfer modellerinin oluşturulmasında buğday bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (Tablo 2) dikkate alınmıştır.

Tablo 3'ten de görüldüğü gibi, modellerin; belirleme katsayıları 0.516 ile 0.731, F değerleri 1.59 ile 2.73, p değerleri ise 0.035 ile 0.204 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, HA, kil parametreleri ile oluşturulan 3 no'lu modelde regresyon katsayısı en yüksek ($R= 0.731$), p değeri istatistiksel anlamlılık sınırı dahilinde ($p<0.05$); CaCO_3 ve kil içeren 1 no'lu modelde ise en düşük regresyon katsayısı ($R= 0.516$) saptanmıştır. Görüldüğü gibi, pedotransfer modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesi, regresyon katsayısını,

Tablo 3. Buğdayın bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

No	Modeller	R	F	p
1.	$BB= 155 - 5.86 \text{ CaCO}_3 - 3.79 \text{ Kil} + 0.215 (\text{CaCO}_3)^2 + 0.0532 (\text{Kil})^2 + 0.0771 (\text{CaCO}_3 \times \text{Kil})$	0.516	1.59	0.204
2.	$BB= 158 - 36 \text{ EC} - 2.97 \text{ CaCO}_3 + 0.188 (\text{Ca}+\text{Mg}) - 0.828 \text{ BYS} - 3.14 \text{ Kil} + 0.193 (\text{CaCO}_3)^2 - 6.48 (\text{HA})^2 + 47.7 (\text{EC})^2 + 0.0515 (\text{Kil})^2$	0.689	1.81	0.136
3.	$BB= - 211 + 181 \text{ EC} + 5.14 (\text{Ca}+\text{Mg}) + 665 \text{ HA} - 1.72 \text{ Kil} - 254 (\text{HA})^2 - 130 (\text{EC})^2 + 0.0365 (\text{Kil})^2 - 61.0 \sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}$	0.731	2.73	0.035

BB: Bitki boyu (cm), EC: Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}), CaCO_3 : Kireç (%), Ca+Mg: Kalsiyum + Magnezyum (cmol kg^{-1}), HA: Hacim ağırlığı (g cm^{-3}), BYS: Bitkiye yararlı su (%)

dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükseltmektedir. Gülser ve ark. (2007), pedotransfer modellerinde; toprağın kil, silt ve hacim ağırlığı gibi fiziksel özelliklerinin, EC ve pH gibi kimyasal özelliklerle birlikte kullanılmasının, pedotransfer modellerin önem düzeyini arttırdığını bildirmiştir.

Buğday bin tane ağırlığı ile toprakların özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (Tablo 2) göz önüne alınarak oluşturulan pedotransfer modeller Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4'ten görüldüğü gibi, modellerin; regresyon katsayıları 0.709 ile 0.794, F değerleri 2.01 ile 3.43, p değerleri ise 0.013 ile 0.099 arasında

Tablo 4. Buğdayın bin tane ağırlığı ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

No	Modeller	R	F	p
1	$BTA= - 303 + 4.3 \text{ N} - 0.0502 \text{ P} + 8.18 \text{ K} + 0.0169 \text{ Fe} + 3.40 (\text{EC})^2 - 0.115 \text{ Kil} + 506 \text{ HA} + 0.00151 (\text{Kil})^2 - 181 (\text{HA})^2$	0.709	2.01	0.099
2.	$BTA = - 405 + 0.7 \text{ N} - 0.0206 \text{ P} + 5.04 \text{ K} + 0.72 (\text{EC})^2 + 0.400 (\text{OM})^2 + 0.48 \text{ Kil} + 641 \text{ HA} + 0.0116 (\text{Kil})^2 - 219 (\text{HA})^2 - 0.933 (\text{Kil} \times \text{HA})$	0.778	2.62	0.039
3.	$BTA = - 555 + 0.29 (\text{EC})^2 + 0.536 (\text{OM})^2 + 0.000754 (\text{Fe})^2 + 0.0234 (\text{Kil})^2 - 71.0 (\text{HA})^2 - 1.92 (\text{Kil} \times \text{HA}) + 11.9 \sqrt{\text{Kil}} + 625 \sqrt{\text{Db}} - 0.125 \text{ SN}$	0.794	3.43	0.013

BTA: Bin tane ağırlığı (g), EC: Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}), OM: Organik madde (%), N: Azot (%), K: Potasyum (cmol kg^{-1}), Fe: Demir (ppm), HA: Hacim ağırlığı (g cm^{-3}), SN: Solma noktası (%)

değişmektedir. EC, OM, Fe, HA, kil, SN parametrelerini ve bazı parametre değerlerinin karesini, çarpımını, kare kökünü de kapsayan 3 no'lu modelde çoklu regresyon katsayısı en yüksek ($R= 0.794$), p değeri ise istatistiksel anlamlılık sınırı ($p<0.05$) dâhilinde ($p= 0.013$); EC, Fe, N, P, K, HA ve kil içeren 1 no'lu modelde ise en düşük regresyon katsayısı ($R= 0.709$) saptanmış; 1 no'lu

modelde p değeri istatistiksel olarak anlamlılık eğilimi (sınırdaki anlamlılık) düzeyinde ($p= 0.099<0.10$), 2 no'lu modelde ise anlamlı ($p= 0.039<0.05$) olarak belirlenmiştir. Schaap ve ark. (2001), toprağın kil, silt, kum, hacim ağırlığı ve su içeriği parametrelerini kullanarak oluşturdukları modellerde R^2 değerlerinin 0.427 ile 0.647 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Buğdayda tane verimi ile toprak özellikleri arasında oluşturulan pedotransfer modeller Tablo 5'te verilmiştir. Buğday tane verimi ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellerden görüldüğü gibi, modellerin; regresyon katsayıları 0.574 ile 0.840, F değerleri 2.16 ile 3.46, p değerleri ise 0.012 ile 0.096 arasında değişmektedir. EC, CaCO₃, N, Fe, HA, SN ve kum parametreleri ile oluşturulan 3

no'lu modelde çoklu regresyon katsayısı en yüksek (R= 0.840); CaCO₃, EC, N, HA ve SN içeren 1 no'lu modelde ise en düşük regresyon katsayısı (R= 0.574) saptanmıştır. CaCO₃, EC, N, HA ve SN parametreleri kullanılarak elde edilen 1 no'lu modele; kum, Fe ve bunlardan oluşan kare, çarpım, karekök gibi terimlerin dâhil edilmesiyle elde edilen 2 ve 3 no'lu modellerin önemlilik düzeyi artmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Buğday tane verimi ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

No	Modeller	R	F	p
1.	TV= 434 - 230 EC + 4.40 CaCO ₃ + 999 N + 45 HA - 3.67 SN	0.574	2.16	0.096
2.	TV= - 5180 - 279 (EC) ² - 700 (HA) ² - 0.0890 (Kum) ² - 55.3 (HA×SN) + 9.72 CaCO ₃ + 932 N - 1.20 Fe + 6074 \sqrt{HA} + 69.2 SN	0.786	3.24	0.016
3.	TV= - 10246 + 1591 EC + 11.3 CaCO ₃ + 6.8 Kum - 10.4 (Kum×HA) - 51.8 (HA×SN) - 1.52 Fe + 801 N - 1501(HA) ² + 59.7 SN - 1582 (EC) ² + 11512 \sqrt{DB}	0.840	3.46	0.012

TV: Tane verimi (kg da⁻¹), EC: Elektriksel iletkenlik (dS m⁻¹), KDK: Katyon değişim kapasitesi (cmol kg⁻¹), OM: Organik madde (%), N: Azot (%), Fe: Demir (ppm), CaCO₃: Kireç (%), HA: Hacim ağırlığı (g cm⁻³), SN: Solma noktası (%)

3.4. Verim parametreleri ile toprak özellikleri arasında oluşturulan pedotransfer modellerin geçerlilikleri

Deneysel verilere göre elde edilen pedotransfer modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler

dışındaki veya veri bankasındaki değerlerden kullanılması gerekmektedir (Wang ve ark., 2016). Buğday BB, BTA ve TV ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait istatistiksel parametreler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Buğday BB, BTA ve buğday tane verimine ait pedotransfer modellerin bazı istatistiksel göstergileri

Modeller (No)	R	HKOK	d	ME	MH	OAH	NH	
							Maksimum	Ortalama
BB (3)	0.731	11.253	0.993	0.483	7.827	-2.483	0.288	0.097
BTA (3)	0.794	3.818	0.985	-0.411	2.866	-0.462	0.188	0.054
TV (3)	0.840	49.718	0.993	0.388	36.453	5.896	0.171	0.089

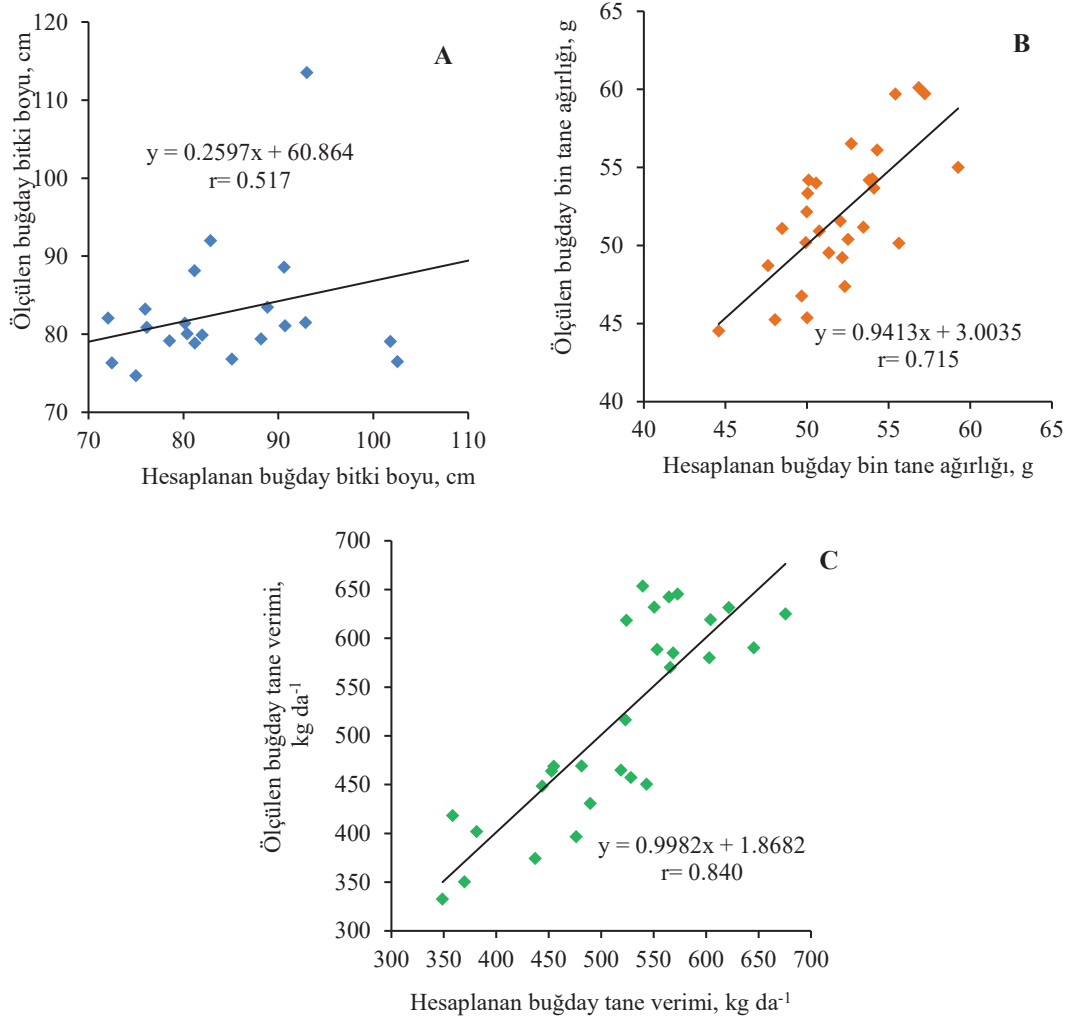
BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, R: Regresyon katsayısı, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü, d: Uygunluk indeksi, ME: Modelin etkinliği, MH: Mutlak hata, OAH: Ortalama aritmetik hata, NH: Nispi hata

Tablo 6'dan görüldüğü gibi, pedotransfer modellere ait istatistiksel göstergeler genel olarak, geçerlilik sınırları dahilinde değişmektedir. Tane verimine ait modelde HKOK ve MN değerlerinin nispeten büyük (49.718 ve 36.453) olmasının nedeni, tane verimine ait deneysel verilerin homojen olmaması, dolayısıyla geniş aralıkta değişmesinden kaynaklanmaktadır. Buğday bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane veriminin, üçüncü modele göre hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5'te verilmiştir. Buğday BB, BTA, TV ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki pedotransfer modellere göre hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki doğrusal regresyonların r değerleri sırasıyla 0.517, 0.715 ve 0.740 olup, 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

4. Sonuçlar

Çarşamba Ovası'nın buğday yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile

bitkilerin verim parametreleri arasında pedotransfer modeller oluşturulmuştur. İstatistiksel parametre değerlerinden görüldüğü gibi, elde edilen pedotransfer modellerin araştırma bölgesinin buğday yetiştirilen topraklarında verim parametrelerinin tahmini için kullanılması mümkündür. Ayrıca, bitki verim parametreleri için oluşturulan tüm pedotransfer modellerinde üçüncü modellerin performansı daha yüksek bulunmuştur. Verim parametrelerinin tahmin edilmesi için oluşturulan pedotransfer modellerde, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birlikte kullanılması önemlidir. Düzenli tarımsal işlemlerin (gübreleme, sulama vb.) yapılmaması, iklim koşullarının değişimi gibi faktörler, fiziksel-kimyasal özelliklerin optimum sınırlar dahilinde olmamasına ve toprak özelliklerinin kısa mesafelerde veya zaman aralıklarında değişmesine neden olmakta, dolayısıyla verim parametreleri ile fiziksel-kimyasal özellikler arasındaki pedotransfer modellerin performansına etki yapmaktadır.



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

Pedotransfer modellerin uygulanmasının kolaylığını göz önüne alarak, yerel ve bölgesel düzeyde farklı pedotransfer modellerin yapılabilmesi için, amaca uygun Toprak ve Bitki Veri Bankası'nın oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca pedotransfer modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde farklı veri kümelerinden kullanılması gerekmektedir. Genel olarak, verim ile toprak özellikleri arasındaki modellerin oluşturulmasında, parametrelerin daha fazla olması (>10-15) modelin uygulanabilirliğini zorlaştırmaktadır.

Kaynaklar

- Alexandrov, V.A., Hoogenboom, G., 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(4): 315-327.
- Anonim, 1984. Samsun İli Arazi Varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprak Su Genel

Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 55; Genel Yayın No: 748, Ankara.

- Anonim, 2013. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Buğday (*Triticum* spp.). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. (<http://www.tarim.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatla>), (Erişim tarihi: 25.01.2019).

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

- Ayçiçek, M., Yıldırım, T., 2006. Bazı makarnalık buğday (*Triticum turgidum* var. *durum* L.) çeşitlerinin Erzurum koşullarındaki verim yetenekleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2): 151-157.

- Aydın, N., Mut, Z., Bayramoğlu, H.O., Özcan, H., 2005. Samsun ve Amasya koşullarında ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir

- araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 45-51.
- 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.
- 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.
- Bhatt, G.M., 1973. Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character association. *Euphytica*, 22(2): 338-343.
- Black, C.A., 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, H.A.J., 1987. Transfer functions and threshold values: from soil characteristics to land qualities. In *Proceedings of the International Workshop on Quantified Land Evaluation Procedures*, Washington, DC, USA, pp.106-110.
- Budka, A., Lacka, A., Gaj, R., Jajor, E., Korbas, K., 2015. Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, 78: 84-91.
- Campbell, G.S., Shiozawa, S., 1992. Prediction of hydraulic properties of soils using particle-size distribution and bulk density data. In: Van Genuchten, M.T., Leij, F.J. and Lund, L.J. (Eds.). *Proceedings of International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. University of California, Riverside, pp. 317-328.
- 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.
- Doğan, R., Yürür, N., 1992. Bursa yöresinde yetiştirilen buğday çeşitlerinin verim komponentleri yönünden değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9: 37-46.
- Dorsey, J.W., Hardy, L.C., 2018. Sustainability factors in dynamical systems modeling: Simulating the non-linear aspects of multiple equilibria. *Ecological Modelling*, 368: 69-77
- 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.
- 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, A.K., Pachepsky, Y.A., Van Genuchten, M.T., Šimůnek, J., Jacques, D., Nemes, A., Nicholson, T.J., Cady, R.E., 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 doymun 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.
- Jackson, M.L., 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.
- Kettlewell, P.S., Griffiths, M.W., Hocking, T.J., Wallington, D.J., 1998. Dependence of wheat dough extensibility on flour sulphur and nitrogen concentrations and the influence of foliar applied sulphur and nitrogen fertilisers. *Journal of Cereal Science*, 28(1): 15-23.
- Korkmaz, A., Bayraklı, F., Cülser, C., Ekberli, İ.A., 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, K.Z., 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.
- Krause, P., Boyle, D.P., Base, F., 2005. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5: 89-97.
- Kumar, P., Sarangi, A., Singh, D.K., Parihar, S.S., Sahoo, R.N., 2015. Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. *Agricultural Water Management*, 148: 72-83.

- Kurt, Ö., Yağdı, K., 2013. Bazı ileri ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının Bursa koşullarında verim özellikleri yönünden performansının araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2): 19-31.
- Kün, E., 1996. Tahıllar-I (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1451, Ankara.
- Lindsay, L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3): 421-428.
- Mut, Z., Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Özcan, H., 2007. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve başlıca kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 193-201.
- Oktay, E., 2006. Orta Karadeniz geçit bölümünde yetiştirilebilecek ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim, verim unsurları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, Circular No. 939.
- Overman, A.R., Scholtz III, R.V., 2002. Mathematical Models of Crop Growth and Yield. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Özdemir, N., Ekberli, İ., Kop Durmuş, Ö.T., 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, Ö.T., 2014. Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1): 27-32.
- Öztürk, A., Akten, Ş., 1999. Kışlık buğdayda bazı morfolojik karakterler ve tane verimine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(Ek Sayı 2): 409-422.
- Özyazıcı, M.A., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Dengiz, O., 2013. Doğu Karadeniz bölgesi kırmızı-sarı podzolik toprakların temel karakteristik özellikleri ve verimlilik durumu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1): 24-32.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E., 2016. Orta ve Doğu Karadeniz bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1): 136-148.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., 1999. Accuracy and reliability of pedotransfer functions as affected by grouping soils. *Soil Science Society of America Journal*, 63(6): 1748-1757.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., Lin, H.S., 2006. Hydropedology and pedotransfer functions. *Geoderma*, 131(3-4): 308-316.
- Patil, N.G., Singh, S.K., 2016. Pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties: A Review. *Pedosphere*, 26(4): 417-430.
- Peterson, C.J., Graybosch, R.A., Baenziger, P.S., Grombacher, A.W., 1992. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Science*, 32(1): 98-103.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture, Handbook No: 60, pp. 105-106.
- Sade, B., 1999. Tahıl Islahı (Buğday ve Mısır). Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 31, Konya.
- Sağlam, M.T., 1997. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 189.
- Sakin, M.A., Yıldırım, A., Gökmen, S., 2004. Tokat Kazova koşullarında bazı makarnalık buğday genotiplerinin verim, verim unsurları ile kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(4): 481-489.
- Schaap, M.G., Leij, F.J., Van Genuchten, M.T., 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal Hydrology*, 251(3-4): 163-176.
- Smith, G.P., Googing, M.J., 1999. Models of wheat grain quality considering climate, cultivar and nitrogen effects. *Agricultural and Forest Meteorology*, 94(1): 86-93.
- Şermet, C., 2011. Orta Karadeniz sahil bölümünde yetiştirilebilecek ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim, verim unsurları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Taban, S., Çıkkılı, Y., Kebeci, F., Taban, N., Sezer, S.M., 2004. Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 297-304.
- Thiery, D., Amraoui, N., Noyer, M.L., 2018. Modelling flow and heat transfer through unsaturated chalk-Validation with experimental data from the ground surface to the aquifer. *Journal of Hydrology*, 556: 660-673.
- 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, M.G., van Genuchten, M.T., 2010. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: A review. *Vadose Zone Journal*, 9(4): 795-820.

- Wang, L., Lia, X., Chen, Y., Yang, K., Chen, D., Zhou, J., Liu, W., Qi, J., Huang, J., 2016. Validation of the global land data assimilation system based on measurements of soil temperature profiles. *Agricultural and Forest Meteorology*, 218-219: 288-297.
- Whitman, C.E., Haffield, J.L., Reginato, R.J., 1985. Effect of slope position on the microclimate, growth, and yield of barley. *Agronomy Journal*, 77(5): 663-669.
- Willmott, C.J., Matsuura, K., 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 30(1): 79-82.
- Willmott, C.J., Robeson, S.M., Matsuura, K., 2012. Short Communication. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32(13): 2088-2094.