



# Soya bitkisinin (*Glycine max. L. Merrill*) verim parametreleri ile bazı fiziksel toprak özellikleri arasındaki deneysel ilişkilerin belirlenmesi

İmanverdi Ekberli<sup>1\*</sup>, Nalan Kars<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun/Türkiye

<sup>2</sup> T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun/Türkiye

## Özet

Bu çalışmanın amacı, Çarşamba Ovasında yetiştirilen soya fasulyesi bitkisinin (*Glycine max. L. Merrill*) verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine bağlı olarak, bu özellikler arasında deneysel (pedotransfer) modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla ovada soya tarımı yapılan arazilerde bitki verim parametreleri ile toprakların fiziksel özellikleri arasında deneysel modeller oluşturulmuştur. Elde edilen veriler kapsamında soya bitkisinin verim parametrelerinden bitki boyu (BB), 1000 tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Bitki boyu ile kil, silt, hacim ağırlığı (HA), bitkiye yararlı su (BYS), solma noktası (SN) parametreleri arasındaki deneysel modelde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamış ( $p>0.10$ ), belirleme katsayısı ( $R= 0.495$ ) orta; bin tane ağırlığı ile kum, silt, HA, tarla kapasitesi (TK), SN parametreleri arasındaki modelde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamış, belirleme katsayısı ( $R= 0.653$ ) yüksek; tane verimi ile kil, silt, HA, BYS, SN parametreleri arasındaki modelin performansı yüksek ( $R= 0.602$ ) olarak belirlenmiştir. Verim parametreleri ile toprakların fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde belirleme katsayısı (R), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) birlikte değerlendirilmiştir. HKOK, d, ME değerleri sırasıyla 9.312-26.897; 0.974-0.994 ve -2.864-0.568 aralıklarında değişmektedir. Deneysel verilere göre elde edilen modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki değerlerden kullanılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen deneysel (pedotransfer) modellerin, ova topraklarında yetiştirilen soya bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmemektedir. Benzer deneysel modeller ile farklı bitkiler için verim kazanç veya kayıplarının tahmin edilebileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fiziksel toprak özellikleri, verim, bitki boyu, bin tane ağırlığı, pedotransfer modeller.

## Determination of experimental relationships between yield parameters of soybean plant (*Glycine max. L. merill*) and some physical soil properties

### Abstract

The aim of this study was to develop pedotransfer models on the depending of correlation between yield parameters of soybean (plant height, thousand seed weight, and seed yield) and some physical characteristics of soils and to determine applicability of obtained models in estimation of plant yield grown in soils of Çarşamba Plain. For this purpose, experimental models were created between the plant yield parameters and the physical properties of the soils in the fields where soybean cultivation is made in the plain. Within the scope of the data obtained, values of soybean plant yield parameters plant height (PH), 1000 grain weight (TSW) and grain yield (SY) varied between 172.33-351.22 cm, 167.54-450.75 g and 833.58-1584.37 kg da<sup>-1</sup>, respectively. There was a significant correlation (0.476\*) between PH value of soybean plant. There was no statistically significant difference ( $p>0.10$ ) between plant height and clay, silt, bulk density (BD), available water content (AWC), permanent wilting point (PWP) parameters in the experimental model and the coefficient of determination was moderate ( $R= 0.495$ ); There was no statistically significant difference in the model between thousand seed weight and sand, silt, DB, field capacity (FC), PWP parameters and the coefficient of determination was high ( $R= 0.653$ ); The performance of the model between seed yield and clay, silt, DB, AWC, PWP parameters was

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 312 1919 / 1172  
E-posta : iman@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 31 Ağustos 2021 e-ISSN : 2146-8141  
Kabul Tarihi : 28 Ekim 2021 DOI : 10.33409/tbbbd.989044

determined as high ( $R= 0.602$ ;  $p>0.10$ ). Determination coefficient (R), root mean square error (RMSE), index of agreement (d), model efficiency (ME) were evaluated together to determine the validity of experimental models. In order to determine the validity of the used experimental models (obtained from the experimental data) it should applied for the data other than the values used in the creation of the models or from the values in the data bank. In general, statistical parameters were within validity limits. The results suggested that the developed experimental (pedotransfer) models can be applied in the estimation of yield parameters in soybean grown in study area. It is predicted that yield gains or losses can be estimated for different plants with similar experimental models.

**Keywords:** Physical properties of soils, yield, plant height, thousand seed weight, pedotransfer models.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Ülkemizde gelişen sanayileşme ve tahrip edilen doğal dengenin etkisi ile ortaya çıkan iklimdeki değişimlerin yanı sıra artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için birim alandan daha yüksek verim elde etme isteği tarım arazilerinde toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinin (verim potansiyelinin) azalmasına ve hatta bazı durumlarda yok olmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretimde birim alandan daha fazla ürün almak için kullanılan kimyasal gübre, toprak düzenleyicileri, endüstriyel ve evsel atıklar ve kalitesiz sulama suları vb. faktörler zamanla toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimlere sebep olmaktadır (Gülser ve ark. 2008; Candemir ve Gülser, 2010; Minkina ve ark., 2018; Gülser ve ark., 2019; Sushkova ve ark., 2020; Gülser ve ark., 2020; Minkina ve ark., 2021; Mazarji ve ark., 2021). Tarımsal üretimin sürdürülebilir olması, üretimin ana kaynağı olan toprağın korunmasına ve rasyonel kullanılmasına bağlıdır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri toprak oluşum süreçlerine, verimliliğe ve bitki gelişimine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Dolayısıyla, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi verimliliğin korunması, tahmin edilmesi ve artırılmasına yönelik yöntemlerin oluşturulmasında gereklidir (Bayraklı ve ark., 1999; Taban ve ark., 2004; Ekberli ve Dengiz, 2016; 2017; Doğan ve Gülser, 2019; 2020). Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde değerlerin birikimine paralel olarak, deneysel modellerin (pedotransfer modellerin) amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır. Bu modellerin kullanılması, temel toprak özelliklerine bağlı olarak diğer özelliklerin belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Deneysel modeller toprak biliminin birçok alanında (toprağın hidrolik iletkenliğinin ve infiltrasyon katsayısının, hava-su gibi diğer transfer katsayılarının; bitki verimi ve kalite parametrelerinin toprağın elektriksel iletkenliği ile ilişkisinin; bitkinin farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesinde; toprak mekaniğinde; toprakların fosfat rejiminin tahmini için sorpsiyon ve desorpsiyon eğrisinin hesaplanmasında) yaygın olarak kullanılmaktadır (Gülser, 2004; Shein ve Arkhangelskaya, 2006; Candemir ve Gülser, 2012; Huang ve ark., 2014; Gülser ve Candemir, 2014; Öztürk ve Korkut, 2018; Yegül ve ark., 2019).

Yoğun tarımsal faaliyetler ve artan mekanizasyon toprakların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozulmalara sebep olmakta ve ayrıca organik gübre kullanımının yeterli olmaması ve kimyasal gübrelerin aşırı kullanılması da bozulmayı hızlandırmaktadır (Gülser ve Candemir, 2004; Gülser ve ark. 2009). Amaç dışı kullanımı sonucunda azalan tarım alanlarımızda sürdürülebilir bir üretim yapabilmek ve toprakların optimum düzeyde kullanılması için tarım toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılmasıyla bu özelliklere uygun amenajman önlemlerinin alınması zorunluluk haline gelmiştir. Her türlü tarımsal üretimin temelini oluşturan toprakların etkin ve sürdürülebilir kullanımı için temel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir tarım; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek, geliştirmek ve korumakla mümkündür. Tarım topraklarının temel özelliklerinin belirlenerek, bu özelliklerin kullanım amacına uygun olarak değerlendirilmesi ve herhangi bir kullanım altında davranışın tahmin edilmesi günümüz tarımı için bir ihtiyaç olmaktadır (Ekberli ve Kerimova, 2005; Tümsavaş ve Aksoy, 2009; Gülser ve ark., 2010; Gülser, 2016; Gülser ve ark., 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017; Lipiec ve Usowicz, 2018; Kars ve Ekberli, 2019a,b). Bölgelerin iklimsel, bitkisel ve toprak özellikleri açısından farklılık göstermesi ve toprak özelliklerinin bölgeye özgü özelliklerle etkileşimi, verimlilik çalışmalarının yöresel ve bölgesel düzeyde yapılmasını gerektirmektedir.

Soya fasulyesi (*Glycine max* L. Merrill.) tanesinde bulunan ortalama %18-20 yağ, %40 protein, %30 karbonhidrat, %5 mineral madde (Ca, Fe, Zn) ve çok sayıda vitamin (A, B1, B2, C, D, E ve K) ile bitkisel yağ sanayisi ve gıda endüstrisinin, küspesi ile de hayvan beslenmesinin önemli bir ham maddesidir (Arioğlu, 2000; Unakitan ve Aydın, 2012). Baklagil türlerinden olan soya bitkisi, biyolojik azot fiksasyonu ile yüksek miktarlarda azotu fikse ederek toprak verimliliğini iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Ülkemiz iklim ve toprak koşulları dikkate alındığında, yağlı tohumlu bitkilerin üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Soya tarımının en çok yapıldığı iller Adana, Mersin, Osmaniye ve Samsun'dur (Öner, 2006; Coşkan ve ark.,

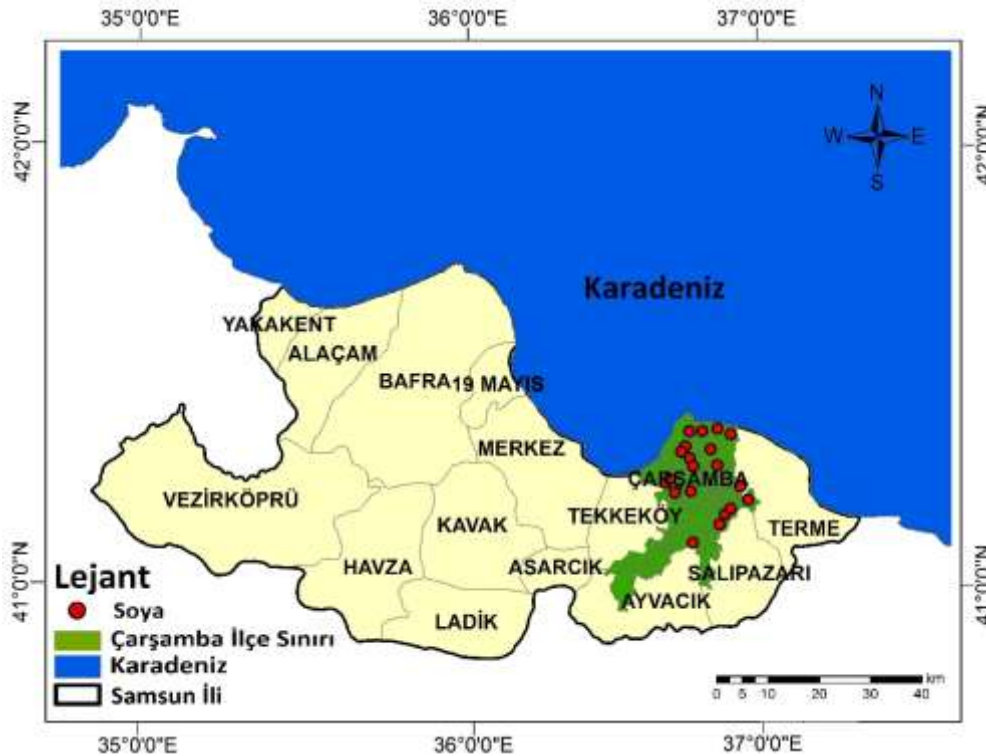
2009). Karadeniz bölgesinin en önemli tarımsal potansiyeline sahip olan Çarşamba Ovası'nda, soya bitkisinin ekim alanı 659 ha, üretimi 2796 ton ve verimi ise 424 kg da<sup>-1</sup>'dir (Anonim, 2016). Toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri, iklim koşulları, toprak işleme yöntemleri, tohum çeşidi gibi faktörler soya bitkisinin verimliliğine önemli düzeyde etki yapmaktadır (Nascente ve Store, 2018; Serafim ve ark., 2019; Takamoto ve ark., 2020; Gülser ve Kızılkaya, 2020; Gülser ve ark., 2020; Borgmann ve ark., 2021; Ferreira ve ark., 2021) Bölgede çiftçiler tarafından yapılan ekim çalışmalarında gerekli tarımsal uygulamaların yapılmaması, toprak yapısının bozulmasına, toprakların besin maddesi yönünden fakirleşmesine ve dolayısıyla bitkilerde verim düşüklüğünün meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, ovanın soya yetiştirilen topraklarının fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin dağılımının belirlenmesi; verim ve toprak özellikleri arasındaki deneysel modellerin oluşturulması önemli olup, verimin tahmininde kullanılma olanağı sağlamaktadır.

Deneysel modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde farklı istatistiksel parametrelerden kullanılması, model oluşturulmasında önemli ve gerekli aşamalardan biridir. Birçok araştırmacı tarafından deneysel fonksiyonların uygulanabilirliğini belirlemek için; hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), maksimum nispi hata (MNH), mutlak hata (MH), belirleme katsayısı (R) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Budka ve ark., 2015).

Bu araştırma; Çarşamba Ovasında geleneksel toprak işleme yöntemiyle soya yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile soya bitkisinin verim parametreleri arasındaki korelasyon ilişkilerine bağlı olarak, bu özellikler arasında deneysel modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma; 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 Anonim (2013)'de gösterilen yöntem kullanılmıştır. Toprak ve soya fasülyesi bitki örneklerinin [*Glycine max. L. cv. (Merill)*] alındığı lokasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu, 2013-2014 yıllarında toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktalar.

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, 58921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ovada soya bitkisi 659 hektar alanda yetiştirilmektedir. 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 ve ark., 2018).

Alınan toprak örneklerinde tekstür hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993); hacim ağırlığı Demiralay (1993)'a göre; tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) değeri, basınçlı tabla aletinde sırasıyla 1/3 atm ve 15 atm basınç altında toprak örneklerinin hidrolik denge durumuna gelmesinden sonra ağırlık esasına göre (Black, 1965); bitkiye yarayışlı su miktarı (BYS), TK ve SN arasındaki farktan hesaplanmıştır. Soya bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

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

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

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

Eşitlik 1'de, n-verilerin sayısı ve  $n < 30$  ise  $m = n - 1$ ,  $n > 30$  ise  $m = n$ ;  $x_i$  - ölçülen;  $y_i$  - hesaplanan değerlerdir.

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

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

Eşitlik 2 ve 3'de,  $\bar{y}$  hesaplanan değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

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

## Bulgular ve Tartışma

### Soya (*Glycine max. L. Merrill*) bitkisinin verim parametreleri

Araştırma alanında yetiştirilen soyanın bazı verim parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

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

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

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

Çizelge 1'den görüldüğü gibi, soya bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 103.31 cm, 200.54 g ve 455.87 kg da<sup>-1</sup> olmaktadır. İstatistiksel göstergeler geçerli sınırlar (Willmott ve Matsuura, 2005) dahilinde değişmektedir. BB ve BTA'ya ait standart sapma değerleriyle karşılaştırıldığında tane veriminin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni, tane veriminin geniş bir aralıkta değişmiş olmasından kaynaklanmıştır. Varyasyon katsayısı (<20) ise verilerin homojen dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Çarpıklık değerleri ise, sağdan ve soldan sifıra yakın olmakta, dolayısıyla dağılımın genel olarak normale yakın olduğunu göstermektedir.

Soya bitkisi, dünyadaki en önemli baklagil bitkilerinden biridir. Soyada verim ve verim bileşenlerini etkileyen en önemli faktörlerin başında çeşit seçimi ve kullanılan tohumun kalitesi gelmektedir (Yetkin ve Arıoğlu, 2009). Soyada bitki boyu; çeşit, ekim sıklığı, ekim zamanı ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak, 30-150 cm arasında değişim göstermektedir (Arıoğlu, 2000). Homer ve ark. (2000), Karadeniz Bölgesinin sahil ve geçit bölgelerine uygun soya çeşitlerini belirlemek ve geliştirmek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada, bitki boylarının 72.9 cm ile 128.8 cm arasında, bin tane ağırlığının 157.0 g ile 298.0 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Soya verimini esas olarak tane ağırlığı ve tane sayısı belirlemekte ve tane sayısı birim alandaki bakla sayısına ve bakladaki tane sayısına bağlı olmaktadır (Karagül ve ark., 2011). Ay (2012) tarafından, Türkiye'de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine max. l. Merrill*) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlendiği bir çalışmada, Terme'de en yüksek tane veriminin 570.68 kg da<sup>-1</sup> ile Erensoy çeşidinde; en düşük tane veriminin ise 335.50 kg da<sup>-1</sup> ile Üstün 1 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir.

### Soya (*Glycine Max. L. Merrill*) tarımı yapılan toprakların fiziksel özellikleri

Ovada soya yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Soya bitkisi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	VK, %	Çarpıklık
Kil, %	15.34	57.23	37.67	12.74	33.82	-0.218
Silt, %	12.19	54.02	37.04	11.14	30.07	-0.752
Kum, %	11.67	42.15	25.27	9.19	36.36	0.429
HA, g cm <sup>-3</sup>	0.96	1.50	1.21	0.15	12.39	0.143
TK, %	25.59	49.19	37.54	6.18	16.46	0.045
SN, %	12.78	32.11	20.82	4.97	23.87	0.664
BYS, %	12.55	23.01	16.71	2.56	15.32	0.203

HA: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; SN: Solma noktası; BYS: Bitkiye yarayışlı su; VK: Varyasyon katsayısı.

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, soya yetiştirilen toprakların bünyesi killi tın, kil, tın, siltli kil, siltli tın, siltli killi tın ve kumlu kil olarak belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı; tarla kapasitesi; solma noktası; bitkiye yarayışlı su miktarı ortalama değerleri sırasıyla 1.21 g cm<sup>-3</sup>; %37.54; %20.82; %16.71'dir. Toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri ise genel olarak güvenilirlik sınırları dahilinde olup, normale yakın dağılım göstermektedir.

## Soya (*Glycine max. L. Merrill*) bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

Soya bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel özelliklerine ait korelasyon ilişkiler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Soya bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprağın fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi

Özellikler	BB, cm	BTA, g	TV, kg da <sup>-1</sup>
BB, cm	1.000	0.476*	0.199
BTA, g	0.476*	1.000	0.131
TV, kg da <sup>-1</sup>	0.199	0.131	1.000
Kil, %	0.076	0.056	0.166
Silt, %	-0.092	0.082	-0.032
Kum, %	0.006	-0.178	-0.191
HA, g cm <sup>-3</sup>	0.005	-0.150	0.236
TK, %	-0.015	0.143	0.237
SN, %	0.059	0.202	0.228
BYS, %	-0.151	-0.049	0.129

\* p ≤ 0.05 hata düzeyinde önemli

Soya BB değeriyle BTA'ı arasında önemli pozitif (0.476\*) ilişki belirlenmiştir. Bitki boyu ile bitkideki bakla sayısı arasında zayıf, tane verimi ile ise önemli pozitif korelasyon ilişkilerin olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Marin, 1975; Manzoor ve Kaleri, 1971; Simpson ve Wilcox, 1983). Soya bitkisinin verim parametreleriyle, toprakların diğer fiziksel parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Arslanoğlu ve ark. (2005), Karadeniz Bölgesi'nde 2 yıl süreyle yürüttükleri farklı farklı olgunlaşma sütünesine sahip soya çeşitlerinin verim potansiyellerinin belirlendiği araştırmada; dekara verim ile bitki boyu arasında pozitif önemli ilişki saptamışlardır.

## Soya (*Glycine max. L. Merrill*) bitkisinin verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modeller

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modeller Çizelge 4'de verilmiştir. Pedotransfer modellerinin oluşturulmasında verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (Çizelge 3) dikkate alınmıştır.

Çizelge 4. Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

Modeller	R	F	p
1. $BB = 131 - 2.96 \text{ Silt} + 58 \text{ HA} - 74 (\text{HA})^2 - 0.0108 (\text{Silt})^2 + 3.15 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 0.306 (\text{HA} \times \text{BYS})$	0.330	0.98	0.453
2. $BB = 49.4 + 2.14 \text{ Kil} + 0.182 \text{ SN} - 2.07 \text{ BYS} + 54.6 \text{ HA} - 1.38 (\text{HA} \times \text{Kil})$	0.426	0.43	0.853
3. $BB = 267 + 1.22 \text{ Kil} - 113 \text{ HA} - 1.83 (\text{HA} \times \text{Kil}) + 8.5 (\text{HA} \times \text{BYS}) - 11.7 \text{ BYS} + 0.279 \text{ SN} + 0.0194 (\text{Kil})^2 + 0.73 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 5.9 \sqrt{\text{Silt}}$	0.495	0.65	0.742
4. $BTA = -36 + 5.99 \text{ Kil} + 2.85 \text{ Silt} + 2.79 \text{ SN} + 167 \text{ HA} - 4.22 (\text{HA} \times \text{Kil}) - 1.60 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 2.47 \text{ TK}$	0.462	0.77	0.615
5. $BTA = 380 - 1.81 \text{ Silt} + 4.23 \text{ Kum} + 4.63 \text{ SN} - 2.39 (\text{HA} \times \text{SN}) - 1.56 \text{ TK} + 0.0320 (\text{Silt})^2 - 49.4 \sqrt{\text{Kum}}$	0.514	1.03	0.444
6. $BTA = 804 - 0.0041 (\text{Kum})^2 + 101 (\text{HA})^2 + 0.0946 (\text{Silt})^2 - 1.57 \text{ TK} + 1.89 \text{ SN} - 5.60 (\text{HA} \times \text{Silt}) + 4.92 (\text{HA} \times \text{Kum}) - 65.5 \sqrt{\text{Kum}} - 402 \sqrt{\text{HA}}$	0.653	1.48	0.228
7. $TV = -620 + 708 \text{ HA} + 17.8 \text{ Kil} - 12.8 (\text{HA} \times \text{Kil}) + 1.7 \text{ TK} + 2.6 \text{ SN}$	0.514	1.58	0.208
8. $TV = 789 + 6.7 \text{ Kil} - 22.3 \text{ Kum} - 577 \sqrt{\text{Db}} + 5.38 (\text{HA} \times \text{SN}) + 20.4 (\text{HA} \times \text{Kum}) - 1.8 \text{ TK} - 1.8 (\text{HA} \times \text{Kil})$	0.580	1.45	0.241
9. $TV = -910 + 33.8 \text{ Kil} + 17.6 \text{ Silt} + 883 \text{ HA} - 26.1 (\text{HA} \times \text{Kil}) - 5.2 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 0.182 (\text{Silt})^2 - 43 \text{ BYS} + 7.4 \text{ SN} + 33.6 (\text{HA} \times \text{BYS}) - 2.7 (\text{HA} \times \text{SN})$	0.602	0.97	0.501

BB: Soya bitki boyu, cm; BTA: Soya bin tane ağırlığı, g; TV: Soya tane verimi, kg da<sup>-1</sup>; HA: Hacim ağırlığı, g cm<sup>-3</sup>; SN: Solma noktası, %; TK: Tarla kapasitesi, %; BYS: Bitkiye yararlı su, %.

Soya bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki (1) - (3) deneysel modellerinden (Çizelge 4) görüldüğü gibi, deneysel katsayıları 0.330 ile 0.495; F değerleri 0.98 ile 0.65; p değerleri ise 0.453 ile 0.742 arasında değişmektedir. F değeri etkileşim ve ana etkenlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için

yapılmakta, p değeri azaldıkça F'nin değeri artmaktadır. Elde edilen modellerde p değeri ( $p > 0.10$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir. Belirleme katsayısı (1) modelinde zayıf, (3) modellerinde ise orta düzeyde belirlenmiştir. BTA ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki modellerin deneysel katsayıları 0.462 ile 0.653 arasında değişmektedir. Soya bin tane ağırlığı ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamasına rağmen, 6. modelde belirleme katsayısı ( $R=0.653$ ) yüksek düzeyde saptanmıştır. Elde edilen deneysel ilişkilerinde toprak özelliklerinin farklı biçimlerde nicel olarak dahil edilmesi modellerin performansını yükseltmiştir. Yapılan araştırmalar, deneysel modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesinin, belirleme katsayısını, dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükselttiğini göstermektedir (Kosheleva ve ark., 2002; Gülser ve Candemir, 2014; Kars ve Ekberli, 2020a,b). Soya tane verimi ile toprakların HA, kil, kum, silt, SN, BYS, TK gibi fiziksel özellikleri arasında oluşturulan deneysel modellerinde deneysel katsayıları 0.514 ile 0.602; F değerleri 0.97 ile 1.58 arasında, p değerleri ise 0.208 ile 0.501 arasındadır (Çizelge 4). BT'ye ait deneysel modellerde en yüksek belirleme katsayısı 9. modelde yüksek ( $R=0.602$ ) düzeyde bulunmuştur. Murty (2002) yaptığı bir araştırmada, meteorolojik parametreler ile soya bitkisinin bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verimi arasında deneysel modelleri oluşturmuştur. Araştırmacı, bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verim modelleri için çoklu deneysel katsayı ( $R^2$ ) değerlerini sırasıyla 0.97; 0.93; 0.93 olarak saptamıştır. Ovando ve ark. (2018) soyada tane verimini tahmin etmek için; solar radyasyon ve yağış değerleri ile toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerini kullanarak deneysel modelleri oluşturmuşlar ve en yüksek belirleme katsayısı ( $R^2$ ) değerini 0.849 olarak hesaplamışlardır.

### Verim Parametreleri ile Toprak Özellikleri Arasında Oluşturulan Deneysel Modellerin Geçerlilikleri

Deneysel verilere göre elde edilen deneysel modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki veya veri bankasındaki değerlerden kullanılması gerekmektedir (Wang ve ark., 2016). Soya bitkisinin BB, BTA ve TV ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait istatistiksel parametreler Çizelge 5'te verilmiştir.

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

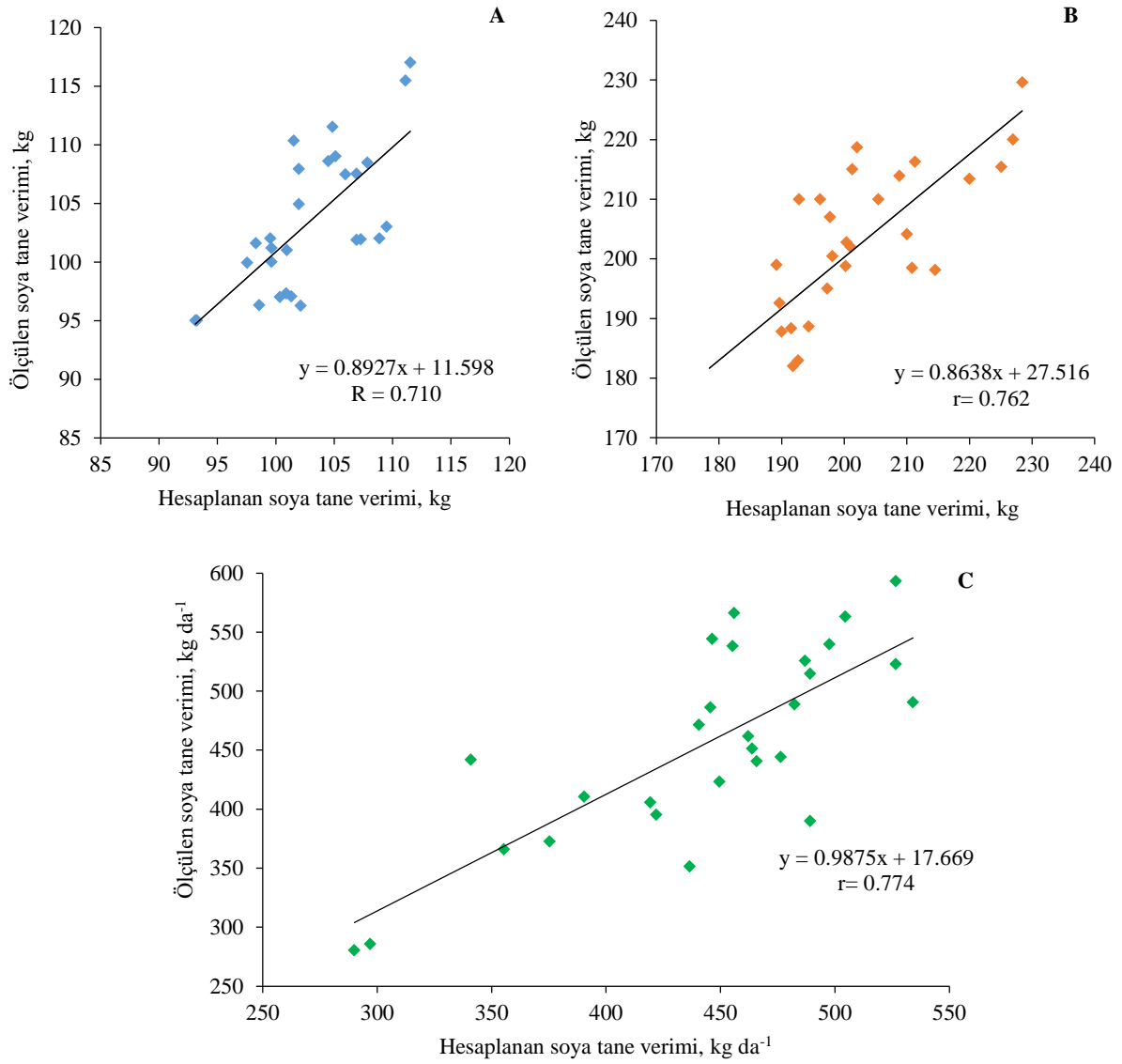
Modeller (No)	R	HKOK	d	ME
BB (3)	0.495	9.312	0.974	-2.864
BTA (6)	0.653	11.976	0.988	-0.181
TV (9)	0.602	26.897	0.994	0.568

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

Çizelge 5'ten görüldüğü gibi, modelin uygunluk indeksi (d) 1'e yakın, modelin etkinliği 1'den küçük olmakta, hata kareler ortalamasını karekökü ise yüksek olmamakta, aynı zamanda d değerleri ME'den büyük olmaktadır. Bu nedenle, deneysel modellerine ait istatistiksel göstergeler genel olarak, geçerlilik sınırları dahilinde değişmektedir (Krause ve ark., 2005; Wang ve ark., 2016). Sentelhas ve ark. (2015) tarafından Brazilya'nın her bir bölgesindeki soya tane verim tahmini için oluşturulan modelin d değeri 0.87 olarak belirlenmiştir. Ovando ve ark. (2018), Arjantin'in soya yetiştirilen topraklarında 2006-2016 yılları arasında yürüttükleri çalışmalarında, iklim verilerine bağlı olarak soya verimi tahmini için kullandıkları modelde belirleme katsayısını 0.849 olarak saptamışlardır. Kumar ve ark. (2008), farklı 3 çeşit soya bitkisinin tane verimlerinin tahmini için kullandıkları modele ait HKOK değerlerini sırasıyla 86.0 kg ha<sup>-1</sup>, 123.9 kg ha<sup>-1</sup>; 28.6 kg ha<sup>-1</sup> olarak hesaplamışlardır.

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

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane veriminin modellere göre hesaplanan ve deneme sonucunda ölçülen değerlerin karşılaştırılması Şekil 2'de verilmiştir.



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

Soya BB, BTA, TV ile toprakların fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modellere göre hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki korelasyon değerleri sırasıyla 0.710, 0.762 ve 0.774 olup, 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Şaylan (1996) tarafından soya bitkisinin gelişimi ve veriminin tahmin edilmesine ait yapılan bir modelleme araştırılmasında, hesaplanan verimin gerçek verimden %14.6 düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacı, bu farklılığın, modelin deneme alanına göre düzenlenmemesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bhatia ve ark. (2008), soya yetiştirilen alanlardan alınan 21 adet toprak örneklerinde yaptıkları analiz sonuçlarına bağlı olarak, soya bitkisinin verimini tahmin etmek için kullandıkları modelde, soya verimini 2170 kg ha<sup>-1</sup>, bu alanlardaki gerçek verim ortalamasının 1000 kg ha<sup>-1</sup> olduğunu; su sınırlaması varsayımında model yardımıyla hesaplanan soya verimi ile çiftçilerin elde ettiği gerçek verim değerleri arasındaki farkın, ürünün yetiştiği mevsimdeki yağış miktarı düşük olduğunda azaldığını, yağış miktarı arttığında ise önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.

## Sonuç

Çarşamba Ovasında geleneksel toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak soya bitkisi yetiştirilen tarım alanlarının bazı fiziksel özellikleri ve soya bitkisinin verim parametreleri belirlenmiş; bu özellikler arasındaki korelasyon ilişkiler saptanmış ve bitkilerin bazı verim unsurları ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasında deneysel modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan deneysel modellerin toprak özellikleri



değerlerinin çarpımını, karesini ve karekökünü içeren çok terimli ile ifade edilmesi, belirleme katsayısının yükselmesine ekti yapan faktördür. Araştırma sonunda ölçülen ve deneysel (pedotransfer) modellere göre hesaplanan verim parametrelerinin karşılaştırılması; elde edilen deneysel modellerin araştırma bölgesinin soya yetiştirilen topraklarında verim parametrelerinin tahmini için uygulanabilirliğini göstermiştir. Bu modellerin daha yüksek düzeydeki başarısı, soya bitkisinin optimum verim seviyesine sahip olduğu alanlarda yapılacak çalışmalara bağlıdır. Tarımsal ve çevresel faktörleri ile daha çok sayıda toprak ve bitki verilerinin modellere dahil edilmesiyle tahmin sonuçlarının daha iyi olabileceği düşünülmektedir. Deneysel modellerin oluşturulmasının ve uygulanmasının kolaylığı dikkate alınarak, yerel ve bölgesel düzeyde çeşitli bitkiler için farklı modellerin yapılabilmesi için, toprak özelliklerine ve bitkilerin verim unsurlarına ait veri bankasının oluşturulması gereklidir. Modelin uygulanabilirliğinin belirlenmesinde toprak ve iklim koşullarının benzer olduğu çalışma alanlarının toprak ve bitki verilerinden kullanılması gerekmektedir. Kültivasyon işlemlerinin düzenli yapılmaması, iklim koşullarının değişimi, toprak özelliklerinin ve ürün miktarının optimum düzeyde olmaması gibi faktörler, hesaplanan ve ölçülen verim değerleri arasındaki farklılıkların ortaya çıkmasına, dolayısıyla da pratikte uygulanabilir modellerin yapılmamasına neden olabilmektedir. Modellerin kalibrasyonu için, modellerin yapıldığı bölgedeki diğer verim parametrelerin ölçüm değerlerinin kullanılması gerekmektedir. Deneysel modellerin geliştirilmesi toprak-bitki bilgi sistemlerinin genişlendirilmesinin ayrılmaz bir parçası olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- 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.
- Anonim, 1984. Samsun İli Arazi Varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. İl rapor No: 55; Genel yayın No: 748.
- Anonim, 2013. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. (<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/End%C3%BCstri%20Bitkileri/soya.pdf>) (Erişim tarihi: 25.01.2019)
- Anonim, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 17.04.2017).
- Arioğlu H, 2000. Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No:A-70C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:220, Adana.
- Arslanoglu F, Aytac S, Karaca E, 2005. The Determination of yield criteria of some soybean (*Glycine max L.*) varieties sowed in Samsun and Sinop locations for second crop production. The Sixth Field Crops Congress of Turkey. In: M. Karaca and M. Bilgen (Editors), Proceeding, vol I: 387-392.
- Ay B, 2012. Türkiye’de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine Max. L. Merrill*) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 51, Samsun.
- Bayraklı F, Ekberli İA, Gülser C, 1999. Azerbaycan mil ovası topraklarının verimlilik düzeylerinin deneysel ve matematiksel olarak değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 138-153.
- Bhatia VS, Singh P, Wani SP, Chauhan GS, Kesova AVR, Mishra AK, Srinivas K, 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using GROPGRO-Soybean Model. *Agricultural And Forest Meteorology*, 148: 1252-1265.
- Black CA, 1965. *Methods of Soil Analysis Part I-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, USA, No: 9.
- Borgmann C, Secco D, de Marins AC, Junior LAZ, Bassegio D, de Souza SNM, Zang FN, da Silva TRB, 2021. Effect of soil compaction and application of lime and gypsum on soil properties and yield of soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(12): 1434-1447.
- Budka A, Lacka A, Gaj R, Jajor E, Korbas K, 2015. Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, 78: 84-91.
- Candemir F, Gülser C, 2010. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), pp.13-28.
- Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing factors and prediction of hydraulic conductivity in fine-textured alkaline soils. *Arid Land Research and Management*, 26(1), pp.15-31.
- Coşkan A, İşler E, Küçükymuk Z, Erdal İ, 2009. Isparta koşullarında soyada bakteri aşılmasının nodülasyona ve dane verimine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (2): 17-27.
- Demiralay İ, 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, No: 143.
- Dengiz O, Ekberli İ, 2017. Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısıl özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1): 45-52.
- Doğan B, Gülser C, 2019. Assessment of soil quality for vineyard fields: A case study in Menderes District of Izmir, Turkey. *Eurasian journal of soil science*, 8(2), pp.176-183.

- Doğan B, Gülser C, 2020. Soil quality assessment for olive groves areas of Menderes District, Izmir-Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(4), pp.298-305.
- 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.
- Ferreira CJB, Tormena CA, Severiano EDaC, Zotarelli L, Júnior EB, 2021. Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3): 383-396.
- Gülser C, 2004. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 19(3), pp.19-23.
- Gülser C, Candemir F, 2004. Changes in Atterberg limits with different organic waste applications. In *Natural Resource Management for Sustainable Land Use and Management, Soil Congress, SSST, Atatürk University, Erzurum-Turkey*.
- Gülser C, Yılmaz NK, Candemir F. 2008. Accumulation of Tobacco mosaic virus (TMV) at different depths clay and loamy sand textural soils due to tobacco waste application. *Environmental monitoring and assessment*, 146(1), pp.235-242.
- Gülser C, Selvi KÇ, İç S, 2009. Some mechanical properties and workability of soils in a Karadeniz Agricultural Research Institute Field. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5(4), pp.423-428.
- Gülser C, Demir Z, İç S, 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology*, 31(5): 671-674.
- Gülser C, Candemir F, 2014. Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(1): 77-81.
- Gülser C, 2016. Changes in soil physical properties with hazelnut husk and tobacco waste applications. VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016", 6-9 October, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. *Proceedings*, pp. 2032-2036.
- Gülser C, Ekberli İ, Candemir F, Demir Z, 2016. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(3): 192-200.
- Gülser C, Zharlygasov Z, Kızılkaya R, Kalimov N, Akça İ, Zharlygasov Z, 2019. The effect of NPK foliar fertilization on yield and macronutrient content of grain in wheat under Kostanai-Kazakhstan conditions. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(3), pp.275-281.
- Gülser F, Salem S, Gülser C, 2020. Changes in some soil properties of wheat fields under conventional and reduced tillage systems in Northern Iraq. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(4), pp.314-320.
- Gülser C, Kızılkaya R., 2020. Farklı sulama miktarlarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı ile verimlilik parametreleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(1), pp.46-52.
- Homer AD, Özçelik H, Üstün A, 2000. Karadeniz bölgesi soya ıslahı çalışmaları. *Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Samsun, 1999 Yılı Teklif, Gelişme ve Sonuç Raporları*, S: 22-30, Samsun.
- Huang F, Zhan W, Ju W, Wang Z, 2014. Improved reconstruction of soil thermal field using two-depth measurements of soil temperature. *Journal of Hydrology*, 519: 711-719.
- Jackson ML, 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 219-221.
- Karagül ET, Ay N, Meriç Ş, Huz E, 2011. Ege Bölgesi'nde ana ürün olarak yetiştirilen bazı soya genotiplerinin verimi, verim öğeleri ve nitelikleri üzerinde bir araştırma. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 59-68.
- Krause P, Boyle DP, Base F, 2005. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5: 89-97.
- Kars N, Ekberli İ, 2019a. Çarşamba ovasının buğday bitkisi altındaki topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 18-28.
- Kars N, Ekberli İ, 2019b. Buğday Bitkisinin Verim Parametreleri ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki Pedotransfer Modellerin Uygulanabilirliği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 153-164.
- Kars N, Ekberli İ, 2020a. The relation between yield indices of maize plant and soil physicochemical characteristics. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(1): 52-59.
- Kars N, Ekberli İ, 2020b. Mısır bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 9 (1): 25-36.
- Kosheleva NE, Kasimov NS, Samonova OA, 2002. Regression models fort he behavior of heavy metals in soils of the Smolensk-Moskow Upland. *Pocvovedeniye*, 8: 954-966.
- Kumar A, Pandey V, Shekh AM, Dixit SK, Kumar M, 2008. Evaluation of cropgro-soybean (glycine max. l. merrill) model under varying environment condition. *American-Eurasian Journal of Agronomy*, 1(2): 34-40.
- 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.

- Lipiec J, Usowicz B, 2018. Spatial relationships among cereal yields and selected soil physical and chemical properties. *Science of the Total Environment*, 633: 1579-1590.
- Manzoor AAB, Kaleri KK, 1971. Correlation in studies in soybean (*Glycine max L.*) Merrill. *Agriculture of Pakistan*, 22(2):155-163. (From PBA 43(8), No.6461, 1973).
- Marin A, 1975. The inheritance of some quantitative characters in soybean and the existence of correlations between them. *Biuletyn Instytutu Hodowli aklimatyzacji Roslin No.128/129*, 59-62. (From PBA 50(5), No.4590, 1980).
- Mazarji, M., Bayero, M.T., Minkina, T., Sushkova, S., Mandzhieva, S., Tereshchenko, A., Timofeeva, A., Bauer, T., Burachevskaya, M., Kızılkaya, R. and Gülser, C., 2021. Realizing United Nations Sustainable Development Goals for Greener Remediation of Heavy Metals-Contaminated Soils by Biochar: Emerging Trends and Future Directions. *Sustainability*, 13(24), p.13825.
- Minasny B, McBratney AB, 2008. Regression rules as a tool for predicting soil properties from infrared reflectance spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 94: 72-79.
- Minkina TM, Pinski DL, Zamulina IV, Nevidomskaya DG, Gülser C, Mandzhieva SS, Bauer TV, Morozov IV, Sushkova SN, Kızılkaya R, 2018. Chemical contamination in upper horizon of Haplic Chernozem as a transformation factor of its physicochemical properties. *Journal of Soils and Sediments*, 18(6), pp.2418-2430.
- Minkina T, Konstantinova E, Bauer T, Mandzhieva S, Sushkova S, Chaplygin V, Burachevskaya M, Nazarenko O, Kızılkaya R, Gülser C, Maksimov A, 2021. Environmental and human health risk assessment of potentially toxic elements in soils around the largest coal-fired power station in Southern Russia. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(6), pp.2285-2300.
- Murthy VRK, 2002. Crop growth modeling and its applications in agricultural meteorology. *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, 235-261.
- Nascente AS, Store LF, 2018. Cover Crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. *Rice Science*, 25(6): 340-349.
- Ovando G, Sayago S, Bocco M, 2018. Evaluating accuracy of DSSAT model for soybean yield estimation using satellite weather data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 138: 208-217.
- Öner T, 2006. Soya Sektör Raporu. İstanbul Ticaret Odası İstatistik Şubesi, İstanbul, 48 s. <https://www.yumpu.com/tr/document/read/23584997/soya-sektor-raporu-ito> (Erişim tarihi: 28.01.2020).
- Öztürk İ, Korkut KZ, 2018. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*)'in farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 128-137.
- Schaap MG, Leij FJ, van Genuchten MT, 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal Hydrology*, 251: 163-176.
- Sentelhas PC, Battist R, Câmara GMS, Farias JRB, Hampf AC, Nendel C, 2015. The soybean yield gap in Brazil magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *Journal of Agricultural Science*, 153: 1394-1411.
- Serafim ME, Zeviani WM, Ono FB, Neves LG, Silva BM, Lal R, 2019. Reference values and soil quality in areas of high soybean yield in Cerrado region, Brazil. *Soil & Tillage Research*, 195: 104362.
- Shein EV, Arkhangelskaya TA, 2006. Pedotransfer functions: state of the art, problems, and outlooks. *Pocvovedeniye*, 10: 1205-1217.
- Simpson JrAM, Wilcox JR, 1983. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean population. *Crop Science*, 23: 1077-1081.
- Sushkova S, Minkina T, Tarigholizadeh S, Antonenko E, Konstantinova E, Gülser C, Dudnikova T, Barbashev A, Kızılkaya R, 2020. PAHs accumulation in soil-plant system of *Phragmites australis* Cav. in soil under long-term chemical contamination. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(3), pp.242-253.
- Şaylan L, 1996. Soya veriminin CRPSM modeli ile belirlenmesi. *Kültür Teknik Derneği Toprak Su Dergisi*, 5(1): 12-17.
- Taban S, Çıkkılı 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.
- Takamoto A, Takahashi T, Nira R, 2020. Soil chemical properties affecting soybean yield on a nationwide scale in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(6): 900-905.
- Tamari S, Wösten JHM, Ruiz-Suárez JC, 1996. Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1732-1741.
- 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.
- Tümsavaş Z, Aksoy E, 2009. Kahverengi orman büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 93-104.
- Unakıtan G, Aydın B, 2012. An econometric analysis of soybean production in Turkey. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 9(1): 6-14.
- 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.
- 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.
- Yegül U, Eminoğlu MB, Türker U, 2019. Buğdayın verim ve kalite parametrelerinin toprağın elektriksel iletkenliği ile ilişkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3): 270-283.
- Yetkin SG, Arıoğlu H, 2009. Çukurova bölgesinde ana ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 20-1: 29-37.