

Toprakların Bazı Makro Besin Elementi İçeriklerinin Farklı Tarımsal Arazi Kullanımları Altında Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi**

Emine ARSLAN^{1*} Gökhan ÇAYCI² Orhan DENGİZ³ Mahmut YÜKSEL² Nuray ÇİÇEK ATIKMEN⁴

¹Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Mersin

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

⁴Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Çankırı

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): emine.arslan23trm@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 14.06.2018

Kabul tarihi (Accepted): 06.08.2018

DOI:10.21657/topraksu.460723

Öz

Elazığ İli Baskil İlçesi' ne bağlı Şeyh Hasan Köyü'nde yaklaşık 400 hektar alan üzerinde yürütülen bu çalışma, toprakların farklı arazi kullanımları altında, toplam azot (N), yarayışlı fosfor (P_{av}) ve yarayışlı potasyum (K_{av}) içeriklerinin konumsal dağılımlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 174 farklı noktadan 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak alansal dağılımı belirlemek için 5 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılmış ve en iyi dağılımı veren yöntem belirlenerek toplam N, P_{av} ve K_{av} ' un konumsal dağılım haritaları hazırlanmıştır. Elde edilen dağılım haritalarına göre, çalışma alanı FAO sınıflaması dikkate alındığında toplam N ve K_{av} yönünden yeterli düzeyde belirlenmiştir. Diğer taraftan P_{av} ' in çalışma alanının çok az bir kısmında az düzeyde buna karşın genelde yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: toplam azot, yarayışlı fosfor, yarayışlı potasyum, enterpolasyon

**Doktora Tezinden Özetlenmiştir.

Determination of Spatial Distribution of Some Macro Nutrient contents of Soils Under Different Agricultural Uses

Abstract

This research was carried out in Şeyh Hasan village of Baskil district of Elazığ province covering about 400 ha. It was aimed to determine spatial distribution for total nitrogen (N), available phosphorus (K_{av}) and available potassium (P_{av}) elements of soils under different agricultural uses. For this aim, total 174 soil samples were collected from surface depth (0-15 cm) in the study area. In order to determine spatial distribution of samples, five different interpolation models were applied and the most suitable model was detected. Thus, spatial distribution maps of total N, P_{av} and K_{av} were generated using the most model for each. According to obtained distribution maps, N and K_{av} concentrations were sufficient by taking into consideration of FAO classes, whereas only small part of the study area was insufficient as to P_{av} concentration.

Key word: total nitrogen, available phosphorus, available potassium, interpolation.

GİRİŞ

Doğada oluşumu binlerce yıl süren ve üretilemeyen sınırlı temel kaynaklardan olan topraklar, farklı zaman ve mekan ölçeğinde oluşumunda etkili olan doğal süreçler ile yönetim uygulamalarının bir sonucu olarak biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından büyük ölçüde değişkenlik gösterirler. Doğal değişkenlik faktörleri ile birlikte arazi kullanımı ve sürdürülebilirliği açısından toprak yönetimi gibi dış faktörler, biyolojik göstergeler üzerinde etkili olmakla beraber farklı arazi kullanım sistemleri de toprağın mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerini etkileyebilmektedir (Nougeira vd., 2006).

Sürdürülebilir toprak verimliliği ve bitkisel üretim açısından topraklarda meydana gelen reaksiyonlar kadar toprakta besin elementlerinin dengesi de son derece önemlidir. Tarımsal üretimde bitkilerin optimal bir şekilde büyüme ve gelişme gösterebilmeleri için toprakta bulunması gereken zorunlu makro besin elementlerinden azot, fosfor ve potasyum seçilen toprak yönetim metotlarına bağlı olarak toprakta cereyan eden kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerde doğrudan veya dolaylı olarak rol aldıklarından toprak verimliliğini etkilemektedirler. Ayrıca bitkisel üretim için büyük öneme sahip bu bitki besin maddeleri, toprakta bitkilerin yararlanabilmeleri için çoğunlukla yeter düzeyde değildir. Bu nedenle, tarım topraklarının verim gücünü yükseltmek, ürünün nitelik ve niceliğini arttırmak amacıyla çeşitli şekillerde topraktan uzaklaşan bitki besin maddelerinin tekrar toprağa ilave edilmesi amacıyla içerisinde bir veya birkaç besin maddesi bulunduran bileşiklerden en fazla azot, fosfor ve potasyum kimyasal gübre olarak kullanılmaktadır. Çiftçiler tarafından her bir bitki türünün topraktan her yıl aynı besin elementlerini sömürdüğü, toprağı yorduğu ve fakirleştirdiği göz önüne alınmayarak, ürün verimini arttırmak amacıyla çoğunlukla azot, fosfor, potasyum olmak üzere toprağa birçok kimyasal girdi ilave edilmektedir.

Toprak özellikleri dikkate alınmadan bilinçsizce yapılan tarımsal faaliyetlerdeki uygulamalar (gübreleme, sulama vb.), yanlış toprak yönetimi, erozyon, çoraklaşma, amaç dışı arazi kullanımı ve toprak kirliliği sonucu tarım topraklarımızın sınırları her geçen gün daha da daralmakta, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tahrip olmakta ve bunlara bağlı olarak kaliteleri de azalmaktadır. Bu nedenle bitkisel üretimi maksimum seviyeye

çıkarmak için toprak ve çevre şartları göz önüne alınarak iyi bir toprak yönetim sistemi ile birlikte iyi bir arazi kullanım planlanması yapılması için toprak özelliklerinin zamansal ve konumsal değişkenliği hakkında bilgi sahibi olmak son derece önem taşımaktadır.

Toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal olarak değişim göstermesi ve bu değişimin izlenebilirlik olanakları, girdi optimizasyonu sağlayan, çevreye duyarlı hassas tarım ve değişken oranlı gübre uygulamaları teknolojilerini doğurmuştur. Hassas tarım uygulamaları ile üretimde optimizasyon sağlanabilmekte, çevreye daha duyarlı tarımsal uygulamalar geliştirilebilmektedir (Güçdemir vd., 2004). Özyazıcı vd. (2016) Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, tarım alanlarını temsil edecek şekilde 2.5 x 2.5 km grid mesafelerde 0-20 cm toprak derinliğinden toplam 3400 adet toprak örnekleri alarak toprakların CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yardımıyla temel bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ait dağılım haritaları oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, bölge topraklarının %58.83'ünde fosfor noksanlığı görürlerken, toprakların %42.68'inde ise ekstrakte edilebilir potasyumun yeterli düzeylerde olduğunu belirlemişlerdir.

Toprak verimlilik özellikleri mekansal değişiklik gösterdiğinden klasik istatistiksel yöntemler, toprakların mekansal olarak gösterdiği bu değişkenliği ortaya koymada yetersiz kalmaktadır (Başbozkurt vd., 2013). Bilinen klasik istatistiksel yöntemler belli bir alan içerisinde bireysel örneklerin birbirinden istatistiksel olarak bağımsız olduğunu varsaymakla birlikte örnek noktalarının uzaysal ilişkisi hakkında herhangi bir bilgi sunmamaktadır. Bu nedenle örneklenmiş bir nokta, örneklenmiş diğer noktalardan elde edilen bilgilerden faydalanılarak tahmin edilebilmekte ve coğrafi bağımlılık söz konusu olduğundan klasik istatistiksel yöntemlerin yerine jeostatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Jeostatistik, örnekler arası uzaysal korelasyonu istatistiksel ve analitik olarak kullanan ve araştırmacılara oldukça yararlı bilgiler sunan öğelerden oluşan enterpolasyon ve ekstrapolasyon tekniğidir (Ersoy ve Yünsel, 2008). Belli bir alan içerisinde incelenen bir toprak özelliği açısından çoğunlukla örnekleme noktaları arasındaki mesafe azaldıkça örnekler arasında bir

ilişkinin (uzaysal korelasyon) olduğu (birbirlerini tanımlayıcı), aralarındaki mesafe arttıkça benzerliklerin azaldığı ve belirli bir mesafeden sonra örneklerin birbirleri ile ilişkili olmadığı kabul edilmektedir. Ayrıca belirli hata sınırları içerisinde alınabilecek en uygun örnekleme yoğunluğunun belirlenmesi en az örnek alınarak en fazla bilginin elde edilmesinde büyük önem taşımaktadır (Taşan ve Demir, 2017).

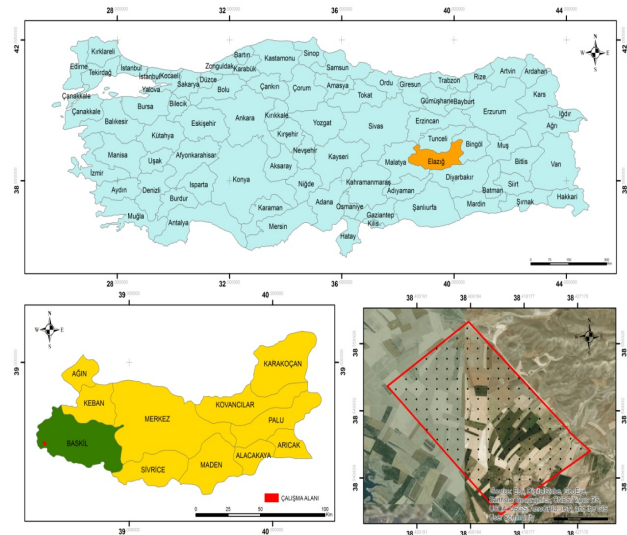
Günümüzde toprağın değişken parametrelerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi ve parametrelerle ilgili daha iyi değerlendirme yapılabilmesi için CBS yazılımlarına entegre edilen jeostatistik yöntemler kullanılmaktadır. Belirli kriterlere göre sınıflandırılan veriler, bilgisayar ortamına aktarılarak CBS’nde değerlendirilmesinde enterpolasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Konumsal enterpolasyon teknikleri ile ölçülen coğrafik veriler, tüm alana dağıtılarak alana ait dağılım haritaları elde edilmektedir (Heuvelink, 2006). Türkiye’de ve Dünya’da konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması konusunda çeşitli alanlarda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Mair ve Fares, 2011; Doğru vd., 2011; Luo ve He, 2011; Arslan vd., 2012; Akyürek vd., 2013; Wang vd., 2014; Temizel, 2016).

Tarımsal faaliyetlerin optimum bir şekilde yüksek verim almaya yönelik planlanabilmesi için toprak özelliklerinin belirlenmesi ve izlenmesi gerekmektedir. Toprak değişkenlik süreçlerini ve dağılımını anlayıp yorumlamak, doğru ve etkili bir toprak yönetimi için önemlidir. Çünkü toprakta meydana gelen değişimleri göz ardı etmek, istenilmeyen sonuçlara yol açabilmektedir (Behera ve Shukla, 2015). Topraklardaki mekansal değişiklik, doğal toprak oluşum süreçlerinden kaynaklandığı gibi insan aktivitelerinden de kaynaklanabilmektedir. Tarımsal üretimde toprağa çeşitli kimyasal ve organik girdilerin ilave edilmesi, bazı önemli elementlerin çeşitli yollarla topraktan uzaklaşması, kullanılan tarım ilaçları ve yetiştirilen ürünler toprak değişkenliği üzerinde oldukça etkilidir. Elazığ İli Baskil İlçesi’ne bağlı Şeyh Hasan Köyünde yaklaşık 400 hektar alan üzerinde yürütülen bu çalışmayla, toprakların farklı arazi kullanımlar altında, toplam azot (N), yarayışlı fosfor (P_{av}) ve yarayışlı potasyum (K_{av}) içeriklerinin konumsal dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanının konumu, toprak ve iklim özellikleri

Araştırma, Doğu Anadolu Bölgesi’nde Elazığ ili’ne bağlı Baskil İlçesinde yer alan, batı sınırı Karakaya Baraj Gölü’ne dayanan ve Şeyh Hasan Köyü sınırları içerisinde kalan alanda yürütülmüştür. Çalışma alanının içerisinde bulunduğu Şeyh Hasan Köyü Elazığ İli’ne 81 km, Baskil İlçesi’ne 43 km uzaklıktadır. Çalışma alanı $38^{\circ} 33' 42''$ – $38^{\circ} 32' 09''$ kuzey enlemleri ve $38^{\circ} 23' 42''$ – $38^{\circ} 25' 45''$ doğu boylamları arasında yer almakta olup yaklaşık 400 ha’dır (Şekil 1). Alanın haritalama çalışmalarında 6 derecelik dilimdeki Universal Transverse Mercator (UTM) ile WGS-84 (World Geodetic System 1984) datumu kullanılmış olup Dilim Orta Meridyeni (bölge/zone) 37 olarak alınmış ve oluşturulan haritalar kadastral haritalara uyumlu hale getirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası

Figure 1. Location map of the study area

Doğu Anadolu Bölgesi’nde, Elazığ İli’ne bağlı bir ilçe olan Baskil’in kuzeyinde Keban, doğusunda Sivrice ve Elazığ Merkez İlçeleri, batısında ve güneyinde Malatya İli bulunmaktadır. İlçede, yazların sıcak ve kurak, kışların soğuk ve kar yağışlı geçtiği karasal iklim egemendir. Çalışma alanının bulunduğu köyün iklimi de bu karasal iklimin etki alanı içerisinde olmakla beraber Baraj Gölü’nün etkisi nedeniyle ılıman iklim özellikleri de taşımaktadır. Yıllık ortalama yağış ve sıcaklık miktarları 408 mm ve $13.2^{\circ}C$ dir. Toprak taksonomisine göre (1999) toprak sıcaklık

ve nem rejimleri ise sırasıyla Mesic ve Xeric olarak belirlenmiştir.

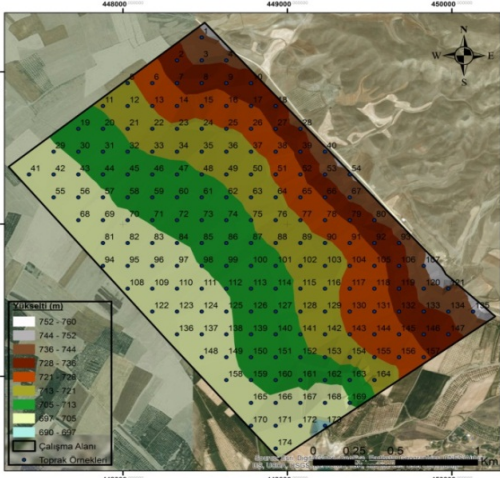
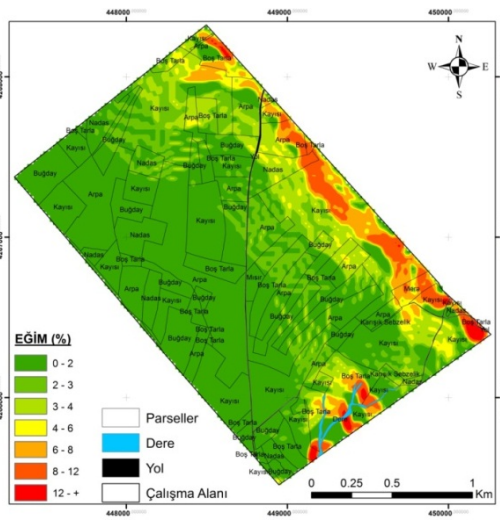
Araştırma alanı çoğunlukla düz-düze yakın ve hafif eğimli olup (%2-%4), kuzey doğu kesimlerinde eğim %12 üzerine çıkmaktadır (Şekil 2). Sel alma tehlikesine sahip değildir ve alanda göllenme görülmemektedir. Yüzeysel akışı çok az veya çok yavaştır. Karakaya Baraj Gölü kıyı şeridinde yer alan çalışma sahasını alüvyal (Kuvaterner) malzeme yüzülemektedir (Turan ve Bingöl, 1991). Çalışma alanı içerisinde bulunan araziler genellikle çevresinden alçak yerlerdedir. Çalışma alanının ortalama denizden yüksekliği 690 m ile 760 m arasında değişmektedir (Şekil 2).

Şeyh Hasan Köyü sınırları içerisinde bulunan çalışma alanı ürün dağılıma göre farklı alan büyüklüklerine sahip toplam 171 parselden

Çizelge 1. Çalışma alanı arazi kullanımını alansal ve oransal dağılımı

Table 1 Spatial and ration distribution of the land use in the study area

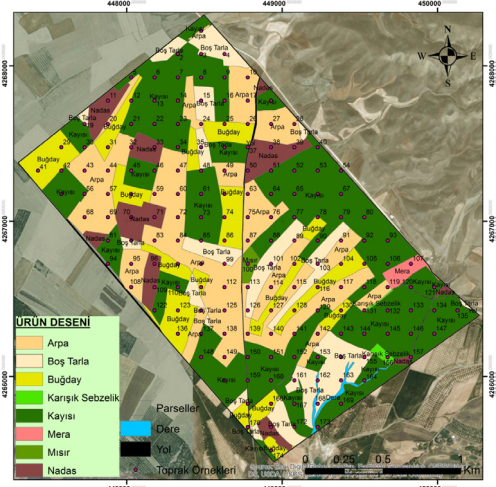
Arazi Kullanımı/ Ürün/Deseni	Ekili/Dikili Alan	
	(ha)	%
Arpa	99.8	24.94
Boş Tarla	47.1	11.77
Buğday	51.1	12.77
Karışık Sebzelik	1.2	0.30
Kayısı	165.4	41.34
Mera	2.9	0.72
Mısır	1.8	0.45
Nadas	25.9	6.47
Diğer (Dere. yol vb.)	4.9	1.22
Toplam	400.021	100



Şekil 2. Çalışma alanı eğim ve yükselti dağılım haritası

Figure 2. Slope and elevation distribution maps of the study area

oluşmaktadır. Toprak işlemeli tarım yapılan parsellerin toplam alanı 400.02 ha' dır. Toprak işlemesi çeşitli toprak işleme aletleri kullanılarak farklı sürüm dönemlerinde 10-25 cm derinlikler arasında yapılmaktadır. 2015 yılı üretim sezonunda 171 parselde kayısı, buğday, arpa, mısır ve karışık sebzelik alanlarda biber, domates ve patlıcan olmak üzere 7 farklı bitkinin üretimi yapılmıştır. Çalışma sahası içerisinde ürün olarak en fazla yaklaşık 165 hektar alanda kayısı, en az ise yaklaşık 1.5 hektar alanda ise karışık sebze yetiştirilmektedir (Çizelge 1, Şekil 3). Tarım arazilerinin dışında çalışma alanı içerisinde mera, vasfı tarla olan boş (kullanılmayan) araziler ile Hazine Arazileri de bulunmaktadır. Bitkisel üretim sırasında çiftçiler tarafından yoğun olarak özellikle amonyum nitrat,



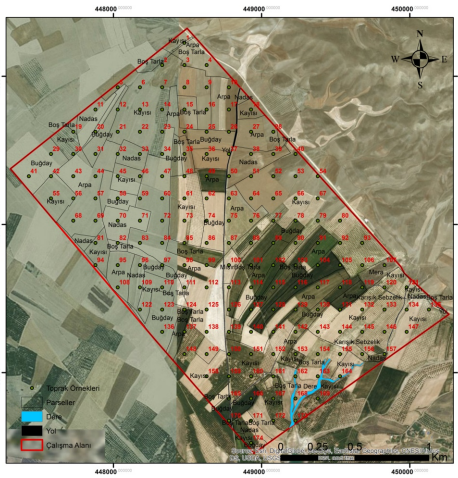
Şekil 3. Çalışma alanı arazi kullanım deseni

Figure 3. Land use pattern of the study area

amonyum sülfat, üre, diamonyum fosfat (DAP), triple süper fosfat (TSP), 20-20-0, 15-15-0 olmak üzere 7 farklı kimyasal gübre çeşidi kullanıldığı belirlenmiştir.

Toprak Örnekleri ve Analizler

Çalışma alanında dağılım gösteren toprakların azot, fosfor ve potasyum içeriklerini belirlemek amacıyla hazırlanmış olan örnekleme planına göre örnekleme noktaları arazi içerisinde Total Station aleti ile belirlenmiştir (Şekil 4). Total Station aleti hem mesafe hem de koordinat okuma özelliğine sahip olması nedeni ile arazi çalışmasında örnek



Şekil 4. Çalışma alanındaki toprak örnekleme deseni
Figure 4. Soil sampling pattern of the study area

Çizelge 2. Toprakların eşik değerlerine göre sınıflandırılması (FAO, 1990)

Table 2 Classification of the soils according to their threshold

Besin Elementleri	Sınır Değerleri	Tanımlama
Toplam N (%)	< 0.045	Çok az
	0.045-0.09	Az
	0.09 - 0.17	Yeterli
	0.17-0.32	Fazla
	> 0.32	Çok fazla
P _{av} (mg kg ⁻¹)	< 2.5	Çok az
	2.5- 8.0	Az
	8.0 - 25.0	Yeterli
	25.0 - 80.0	Fazla
	> 80.0	Çok fazla
K _{av} (mg kg ⁻¹)	< 50	Çok az
	50-140	Az
	140-370	Yeterli
	370-1000	Fazla
	> 1000	Çok fazla

noktalarının yerlerinin koordinat düzleminde belirlenmesi ve arazide 150x150 m lik grid düzleminin oluşturulması amacıyla kullanılmıştır

Çalışma alanı içerisinde doğu ve güneydoğu doğrultusunda 150 m' lik mesafelerle grid-ızgara sistemi oturtturularak her karenin köşe noktalarına gelen 174 adet poligon noktası belirlenmiştir. 2015 yılı sonbaharında hasat sonrası yapılan arazi çalışması ile daha önce belirlenen noktalarda 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bozulmuş toprak örneklerinde toplam N, P_{av} ve K_{av} analizleri yapılmıştır.

Alınan 174 adet toprak örneklerinde toplam azot (N) Kjeldahl yöntemine göre (Bremner, 1982), alınabilir potasyum (K_{av}) içerikleri Jackson (1958)' e göre, alınabilir fosfor (P_{av}) ise Olsen vd. (1954) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. Ayrıca toprakların toplam N, P_{av} ve K_{av} yeterlilik düzeylerine yönelik olarak Çizelge 2' den yararlanılmıştır.

Tanımlayıcı İstatistik Yöntemleri

Yapılan çalışmada, arazi tespitleri ve laboratuvar analizlerinden elde edilen veriler kullanarak örnekleme yapılan alanlardaki toprakların toplam N, (P_{av}) ve (K_{av}) verilerinin en büyük, en küçük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık ve basıklık gibi tanımlayıcı parametreleri SPSS programı yardımı ile hesaplanmıştır.

Enterpolasyon Yöntemleri

Toprak analizlerinden elde edilen noktasal verilerin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon modelleri kullanılması suretiyle en uygun model belirlenerek çalışma alanı topraklarının toplam N, (P_{av}) ve (K_{av}) içeriklerinin dağılım haritaları üretilmiştir. Çalışma alanında koordinatları belirlenmiş örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları ve çalışma alanının coğrafik verileri enterpolasyon metotları kullanılarak ArcGIS 10.2.2 programı ile konumsal dağılım haritaları hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında deterministik yöntemlerden Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi, stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) metotları karşılaştırılmıştır. Çalışmada IDW metodunda birinci, ikinci ve üçüncü kuvvet (IDW-1, IDW-2, IDW-3), RBF metodunda Düzeltmiş Spline (Completely Regularized Spline, CRS) , İnce Plaka

Spline (Thin Plate Spline, TPS), ve Spline With Tension (ST) modelleri, kriging metotlarında ise Küresel (Spherical), Üssel (Exponential) ve Gaussian modelleri kullanılmıştır.

ArcGIS 10.2.2 "Geostatistical Extension" programı, üretilen haritalarda tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin standardize ortalama hatalar karekökü kriterlerini kullanmaktadır (RMSE) (Çelik ve Dengiz, 2018). Hazırlanan haritalarda, tahminin ortalama hatası 0' a yakın ve tahminin standardize ortalama hatalar karekökü ise 1' e ne kadar yakın ise haritanın aynı oranda doğru olduğu anlaşılmaktadır (Johnston vd., 2001).

Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Değerlendirme

Yöntemler arasında en uygun yöntemin seçilmesinde daha geniş ifade ile ölçülen değerler ile enterpolasyonlar sonucu tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek ve ölçülen değerlere en yakın sonucu veren yöntemi seçebilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin de göz önünde bulundurulduğu görülmektedir (Emadi ve Baghernejad, 2014). Yöntemlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesinde genel olarak en yaygın kullanılan yöntemler; Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE), tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki korelasyon değerlerinin kullanıldığı yöntemlerdir. Bu çalışmada en uygun yöntemlerin seçilebilmesi için yöntemlerin karşılaştırmalarında Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) yöntemi kullanılmıştır. Model belirlemede ise en düşük RMSE değerini veren yöntem en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki Eşitlik 1. kullanılmıştır (Ding vd., 2011).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i - Z_i^*)^2}{n}} \quad (1)$$

Eşitlikte; Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* ölçülen değer be n örnek sayısını ifade etmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tanımsal İstatistik

Araştırma alanı içerisinde bulunan örnekleme noktalarından 0-15 cm derinlikten alınan toprakların toplam N, P_{av} ve K_{av} ' un analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3'

Çizelge 3. Çalışma alanı toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistik parametreleri

Table 3 Descriptive statistics parameters of the soil samples in the study area

Tanımsal İstatistik	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)
Ortalama	0.19	12.28	500.94
Standart Sapma	0.04	8.00	220.14
Değişkenlik Katsayısı, %	21.05	65.15	43.95
Varyans	0.00	64.07	48461.10
En Düşük Değer	0.06	2.47	149.78
En Yüksek Değer	0.33	61.27	1395.80
Çarpıklık *	0.00	3.06	1.23
Basıklık	1.53	14.05	2.00
n (örnek sayısı)	174	174	174

*Çarpıklık < 1± 0.51 = Normal Dağılım, 0.5-1.0 = Veri setine kadar dönüşümü uygulanır. ÇK> 1.0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

de sunulmuştur. Çizelge 3'de çalışma alanına ait toprak örneklerinden elde edilen verilerin tanımsal istatistikleri değerlendirildiğinde; verilen çarpıklık katsayılarına göre toplam N için normal dağılım gösterdiği P_{av} ve K_{av} için ise normal dağılımdan uzak (log normal) pozitif çarpıklık gösterdiği görülmektedir. Pozitif çarpıklık katsayıları, incelenen toprak özelliklerinin ortalamasının üzerinde aşırı uç değerlere sahip olduğunu gösterirken, toprak özelliklerinde ortaya çıkan bu farklı değerler, toprak özelliklerine ait değişkenlik katsayılarının da farklı olmasını sağlamaktadır.

Wilding (1985)' e göre değişkenlik katsayısı %15 den az olanlar düşük, %15-35 arası olanlar orta ve %35 den fazla olanlar ise değişkenliği yüksek olarak nitelendirilmektedir. Buna göre çalışma alanı toprak örneklerinde toplam N, P_{av} ve K_{av} değişkenlik katsayılarına bakıldığında, toplam azotun orta değişkenliğe sahipken, P_{av} ve K_{av} ' un yüksek değişkenliğe sahip olduğu görülmektedir. Araştırma alanının hakim toprak yapısını alüvyal topraklar oluşturmaktadır. Alüvyal arazilerde toprak özelliklerinin en önemli özelliği kısa mesafelerde yüksek değişkenlik göstermesinin beklenilmesidir. Ayrıca, toprakların yoğun tarımsal faaliyetler altında olmalarının özellikle makro besin elmenlerindeki değişkenliğin nedeni olduğu düşünülmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Enterpolasyon Yöntemleri

Çizelge 4. Çalışma alanı topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Table 4 RMSE values of the interpolation methods for the study area's soils

	IDW			RBF			Kriging								
	1	2	3	TSP	CRS	TS	OK			SK			UK		
							G	Ü	K	G	Ü	K	G	Ü	K
N (%)	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
P (mg kg ⁻¹)	7.54	7.77	8.11	9.76	8.15	7.92	7.48	7.52	7.51	7.47	7.60	7.48	7.48	7.52	7.51
K (mg kg ⁻¹)	165.8	163.3	162.6	177.0	162.6	162.5	166.8	161.9	163.2	165.3	162.3	163.6	166.8	162.9	163.2

G: Gaussian, Ü: Üssel, K: Küresel. Tabloda kalın siyah ve altı çizili olarak yazılan değerler uygun enterpolasyon yöntemi olarak seçilen en küçük kare kök ortalama hata değerlerine ait verilerdir. OK: Doğal, SK: Basit, UK: Evrensel

Toprak analizlerinden elde edilen noktasal verilerin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon modellerinden en çok kullanılan deterministik yöntemlerden IDW, RBF, stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) metotları kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmış olup en düşük Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) değerini veren yöntem en uygun yöntem olarak seçilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde; toplam N ve P_{av} değerleri için en düşük RMSE değerlerinin SK yönteminde toplam N için Üssel, P_{av} için ise Gaussian modellerinden elde edildiği,

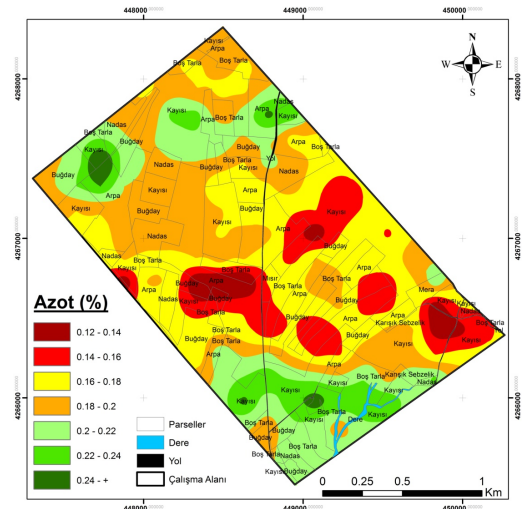
K_{av} değerlerin en uygun alansal dağılımı için ise en iyi yöntemin OK yönteminde Üssel model olduğu görülmektedir.

Toplam Azot Dağılımı

Toprak azotunun kaynağını atmosferdeki azot ile birlikte toprak organik maddesi veya humus oluşturmaktadır. Toprak azotunun % 92-96'sı organik azottur. Tarımsal üretimde bitkilerin optimal bir şekilde büyüme ve gelişme gösterebilmeleri için toprakta bulunması gereken zorunlu makro besin elementlerinden azot, seçilen toprak yönetim metotlarına bağlı olarak toprak verimliliğini önemli derecede etkilemektedir.

Yoğun tarımsal üretim ortamı olarak kullanılan çalışma alanı topraklarının toplam azot miktarı %0.06 ile % 0.33 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 3). Ayrıca, 174 toprak örneğinin toplam azot değerlerinin ortalama olarak yeterli ve fazla sınıf aralığına girmiş olduğu belirlenmiştir.

Topraklarda toplam azot içeriğinin değişkenliğinin daha hassas bir şekilde özellikle azotlu gübre yönetimi açısından değerlendirildiğinde, toplam azotun alansal dağılım haritası yedi farklı sınıf aralığında incelenmiştir (Şekil 5). Toplam azot dağılım haritasına göre, toprak örneklerinin azot içeriklerinin özellikle %0.16-0.20 değerleri arasında yoğun dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Toplam azotun nispeten daha az olduğu alanlar genellikle araştırma alanının doğusunda ve orta kısımlarında, çok fazla olduğu alanlar ise kuzeyinde ve güneyinde dağılım göstermektedir. Toplam azotun yeterli ve fazla olduğu alanlarda yoğun kimyasal gübre kullanımı ile birlikte yoğun toprak işlemeli tarım yapıldığı tespit edilmiştir. Özellikle ürün verimini arttırmak kaygısıyla kayısı bahçesi



Şekil 5. Çalışma alanında toplam azot dağılım haritası

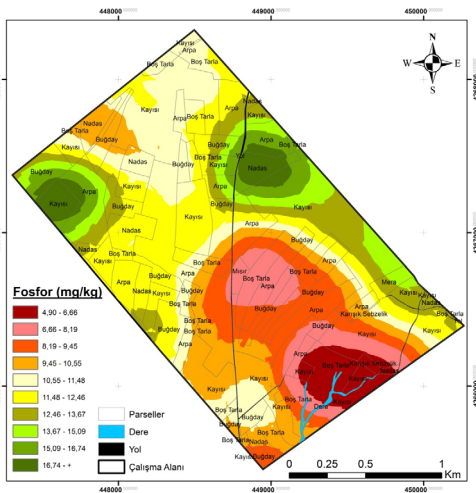
Figure 5. Distribution map of total nitrogen in the study area

alanlarında aşırı azotlu gübre uygulamalarına bağlı olarak azot fazlalığı yoğun görülmektedir.

Alınabilir Fosfor Dağılımı

Fosfor toprak verimliliğinin bir göstergesidir. Bitkinin kök gelişimi, olgunlaşması, dölllenme, erken tohum teşekkülü ve hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından çok önemli bir makro besin elementidir. Fosforun topraktaki fiksasyonu fazla olduğundan bitki açısından da elverişliliği doğal ortam şartlarına ve toprak yönetim uygulamalarına göre oldukça değişkenlik göstermektedir.

Çalışma alanında yer alan toprakların P_{av} içerikleri 2.47 mg kg^{-1} ile 61.27 mg kg^{-1} arasında değişmektedir (Çizelge 3). 174 toprak örneğinde P_{av} az ve yeterli sınır değeri arasında değişim göstermekte olup ortalama 12.28 mg kg^{-1} 'dir. Toprakların P_{av} içeriğinin değişkenliğinin daha hassas bir şekilde incelenebilmesi için alansal dağılım haritalarında on farklı sınıf aralığında dağılımları belirlenmiştir (Şekil 6). Dağılım haritasına göre, toprak örneklerinin P_{av} içeriklerinin çok az ile fazla arasında farklılık göstermekle birlikte, 8.19 mg kg^{-1} - 13.67 mg kg^{-1} arasında olan az ve yeterli düzey değerleri arasında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Fosforun az olduğu alanlar genellikle araştırma alanının güney doğusunda ve en az olduğu sınır değerlerinde özellikle tarla alanlarında, çok fazla olduğu alanlar ise kuzey doğusu ve kuzey batısında yer almaktadır. Ayrıca fosforun en yüksek sınır değerleri de, yoğun olarak kayısı bahçelerinde dağılım göstermektedir.



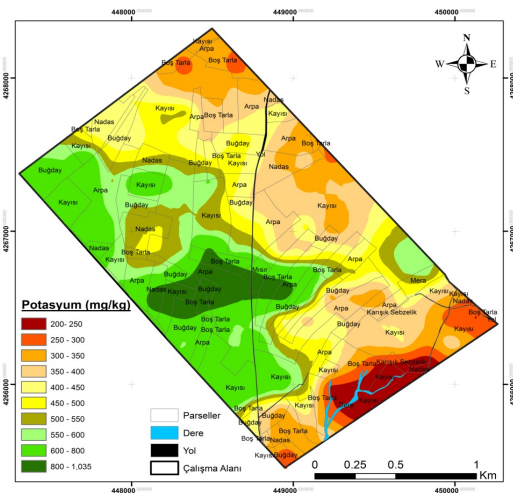
Şekil 6. Çalışma alanında alınabilir fosfor (P_{av}) dağılım haritası

Figure 6. Distribution map of available phosphorus (P_{av}) in the study area.

Alınabilir Potasyum Dağılımı

Potasyumun toprakta tutulması veya tekrar bitkiler için yararlı formaya dönüşmesi süreci henüz tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamıştır (Bilen ve Sezen, 1993). Buna rağmen topraktaki potasyumun dinamik yapısını toprak reaksiyonlarındaki değişimlerin etkilediği bilinmektedir. Toprakların kil miktarı ve çeşidi, kireç içeriği, pH değeri gibi diğer bazı toprak özelliklerinin toprakta potasyumun serbest bırakılması veya tutulması (fikse edilmesi) gibi süreçler üzerinde etkili olmasından dolayı potasyumun toprakta dağılımı değişkenlik göstermektedir.

Çalışma alanında yer alan toprakların K_{av} içerikleri $149.78 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $1395.80 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmektedir (Çizelge 3). Çizelge 2' deki sınır aralık değerleri dikkate alındığında topraklar K_{av} bakımından yeterli ve çok fazla sınır değerleri arasında sınıflanmaktadır. Toprakların K_{av} içeriğinin değişkenliğinin daha hassas bir şekilde incelenebilmesi için alansal dağılım haritalarında 10 farklı sınıf aralığı belirlenmiştir (Şekil 7). Yapılan analiz sonuçlarına göre toprak örneklerinin K_{av} içerikleri, çalışma alanının güneydoğusunda küçük bir alanda $200\text{-}250 \text{ mg kg}^{-1}$ yeterli sınır değerleri arasında, buna karşın önemli bir bölümü çalışma alanının batı ve güneybatısında $450\text{-}800 \text{ mg kg}^{-1}$ sınır değerleri arasında yoğunlaşarak dağılım göstermektedir. K_{av} dağılımının, arazi kullanımına bağlı olarak yer yer değişkenlik göstermekle birlikte artan kil oranına bağlı olarak en yüksek sınır değerlere ulaştığı tespit edilmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanında alınabilir potasyum (K_{av}) dağılım haritası

Figure 7. Distribution map of available potassium (K_{av}) in the study area

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sulu ve kuru tarım yapılan yaklaşık 400 ha alanda 174 farklı örnekleme noktasında yüzey toprak derinliğinden (0-15 cm) alınan toprak örneklerinin, toplam N, P_{av} ve K_{av} içeriklerinin mesafeye bağlı ilişki ve değişimlerinin en uygun enterpolasyon yöntemiyle konumsal dağılımları belirlenmiştir. Böylece oluşturulan haritalar, arazi kullanım desenini gösteren parsel haritası ile coğrafi bilgi sistemi ortamında birleştirmek suretiyle değişimin olumlu ya da olumsuz etkilendiğinin ortaya konulması ve olumsuz etkilenen alanlarda ne gibi tedbirlerin uygulanması gerektiği gibi önerilerde bulunulması için önemli bir kaynak oluşturmuştur. Bu amaçla IDW, RBF, SK, UK ve OK yöntemleri test edilmiştir. Doğrulamalarda toplam N ve P_{av} değerlerinin dağılımında en düşük RMSE değerleri veren SK, K_{av} değerlerinin dağılımında ise en düşük RMSE değerleri veren OK yöntemleri en iyi sonuç vermiştir.

Tarımsal üretimde yüksek oranda ve kaliteli ürün elde edilmesi açısından bitkinin ihtiyaç duyduğu bitki besin elementlerinin toprağa yeterli miktarlarda ve usulüne uygun olarak verilmesi oldukça önem arz etmektedir. Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda çalışma alanında yer yer bazı örnekleme noktalarında az olmakla beraber toprakların genelinde azot içeriğinin yeterli veya fazla olduğu görülmektedir. Yapılan arazi tespit çalışmaları ve toprakların analizinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, azot kaynağının yalnızca az bir kısmının organik madde kaynaklı olduğu anlaşılmış olup, özellikle çiftçiler tarafından bilinçsizce yapılan yanlış zamanda, aşırı azotlu gübre (amonyum nitrat, amonyum sülfat, DAP, Üre) uygulamaları nedeniyle topraklarda azot fazlalığı görülmektedir. Toprakta yetersiz azot bitki gelişmesini olumsuz etkilerken aşırı miktarlardaki azot içerikleri de bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, topraktan yıkanma yoluyla olan azot kayıpları taban suları, göl ve baraj gibi su kütlelerine erismeleri ile çevresel kirlenmelere de sebep olabilmektedir. Dolayısıyla bu durum gerek ekolojik gerekse de ekonomik olarak olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir.

Benzer durum araştırma alanının fosfor ve potasyum içeriği için de geçerlidir. Çalışma alanı topraklarının genelinde potasyum içeriğinin yeterli ve fazla sınıf aralığında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının potasyumca zengin

olması dolayısıyla potasyumlu gübre uygulamaları önerilmemektedir. Araştırma alanı içerisinde yalnızca yaklaşık 115 hektar alanda 50 örnekleme noktasında toprakların fosfor içeriği çok az ve az sınıfta değerlendirilmektedir. Bu bölgelerde ihtiyaç duyulan miktarda ve doğru uygulama zamanında fosfor içerikli ticari gübrelerin uygulanması gerekmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada elde ettiğimiz bulgular arazi kullanımı ile toprak özelliklerinin değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu değişimler ve bitki özellikleri dikkate alınarak söz konusu alanlarda gübre yönetim planlamasını gerçekleştirmek, başarılı bir toprak yönetiminin önemli öğelerinden biri olacaktır.

KAYNAKLAR

Akyürek Ö, Arslan O, Karademir A (2013). SO₂ ve PM₁₀ hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13 Kasım, Ankara.

Arslan H, Cemek B, Güler M, Yıldırım D (2012). Değişebilir sodyum yüzdesinin (ESP) konumsal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs, İzmir.

Başbozkurt H, Öztaş T, Karabrahimoğlu A, Gündoğan R, Genç A. (2013). Toprak özelliklerinin mekansal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(2): 169-181.

Behera S K, Shukla A K (2015). Spatial distribution of surface soil acidity, electrical conductivity, soil organic carbon content and exchangeable potassium, calcium and magnesium in some cropped acid soils of India. Land Degradation Development, 26: 71-79.

Bremner J M, Mulvaney C S (1982). Nitrogen-Total. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. 2 nd ed. Agronomy 9: 595-624.

Bilen S, Sezen Y (1993). Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2): 156-166.

Çelik P, Dengiz O (2018). Aksendi Ovası tarım topraklarının temel özellikleri ve bitki besin durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(1): 9-18.

Ding Y (2011). Research on the spatial interpolation methods of soil moisture based on GIS, International Conference on Information Science and Technology, pp.709-711, 26-28 March, Nanjing, China.

Doğru A Ö, Keskin M, Özdoğu K, İliev N, Uluğtekin N N, Bektaş Balçık F, Göksel Ç, Sözen S (2011). Meteorolojik verilerin değerlendirilmesi ve sunulması için enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi. 31Ekim-4 Kasım, Antalya.

- Emadi M, Baghernejad M (2014). Comparison of spatial interpolation techniques for mapping soil pH and salinity in agricultural coastal areas, northern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(9): 1315– 1327.
- Ersoy A, Yünel T Y (2008). Maden rezerv hesapları klasik ve jeostatistik yöntemler. Nobel Kitabevi, Adana, s.103.
- FAO, 1990. Micronutrient. Assessment at the country level: an international study . FAO soil bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.
- Güçdemir İ H, Türker U, Karabulut A, ve Arcak Ç (2004). Gübreleme teknolojilerindeki yenilikler (Hassas tarım uygulamaları) ve bunun tarımsal üretime etkileri üzerine bir çalışma. 3. Ulusal Gübre Kongresi. Cilt I. Tarım Sanayi Çevre, 1005- 1014. 11-13 Ekim, Tokat.
- Heuvelink GBM (2006). Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. *Accuracy 2006 (7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences)* , pp. 32-47. 5-7 July, Lisbon, Portugal.
- Jackson M L (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. Engewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Johnston K , Hoef M, Krivoruchko K, Lucas N (2001). *Using ArcGIS geostatistical Analyst*, ESRI, New York, USA.
- Luo H, He X (2011). An improved inverse distance weighted interpolation method for InSAR tropospheric delay error corrections. *International Conference on Information Science and Technology*, pp. 480-482. 10 May, Nanjing, China.
- Mair A, Fares A (2011). Comparison of rainfall interpolation methods in a mountainous region of a tropical island, *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(4): 371-383.
- Nougeira M A, Albino U B, Brandao-Junior O, Braun G, Cruz M F, Dias B A, Duarte R T D, Gioppo N M R, Menna P, Orlandi J M, Raimam M P, Rampazo L G L, Santos M A, Silva M E Z, Vieira F P, Torezan J M D, Hungria M, Andrade G (2006). Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 115: 237-247.
- Olsen S R, Cole C V, Watanable F S, Dean L A (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular 939*. U.S Government Printing Office, Washington D.C.
- 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.
- Soil Survey Staff (1999) *Keys to Soil Taxonomy*. USDA. SMSS. Technical Monograph No:19.
- Taşan M, Demir Y (2017). Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32: 64-73.
- Temizel K E (2016). Mapping of some soil properties due to precision irrigation in agriculture. *Agronomy Research*, 14(3): 959–966.
- Turan M, Bingöl A F (1991). Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektonostratigrafik özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Ahmet Acar Sempozyumu. Bildiriler*: 213-227. Adana.
- Wang S, Huang G H, Lin O G, Li Z, Zhangand H, Fan Y R (2014). Comparison of interpolation methods for estimating spatial distribution of precipitation in Ontario, Canada, *Int. J. Climatol*, 34: 3745–3751.
- Wilding L P (1985). Spatial variability: it's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *Soil Spatial Variability*. (Eds: Nielsen, D.R. and J. Bouma) Pudoc, pp. 166-194, Wageningen, The Netherlands.