

Araştırma Makalesi

Akdeniz Ekolojik Koşulları Altında Mısır Yetiştiriciliği Yapılan Tarım Topraklarının Ekim Öncesi ve Sonrası N, P ve K Elementlerinin Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi

Cihangir Sürme¹  Orhan Dengiz¹  Emine Arslan^{2*}  Orhan Kara² 

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun Türkiye

²Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erdemli, Mersin, Türkiye

*Sorumlu yazar: emine.arslan23trm@gmail.com

Geliş Tarihi: 01.02.2024

Kabul Tarihi: 13.03.2024

Öz

Günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak oluşturulan toprak veri tabanları ve toprağın değişken parametrelerinin alansal dağılım haritaları ile toprak özelliklerinin değişimi konusunda etkili veri ve bilgi akışı sağlanarak, üreticiyi doğru zaman ve alanda etkili miktarda girdi ile harekete geçirecek ve planlama konusunda yönlendirecek bir karar verme mekanizmasının oluşturulmasına imkan sağlanmaktadır. Bu çalışma, mısır yetiştiriciliği yapılan 61.5 dekar sulu tarım arazisinde ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların temel besin elementlerinden olan toplam azot (N), alınabilir fosfor (P_{al}) ve alınabilir potasyum (K_{al}) içeriklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaç doğrultusunda, 63 örnekleme noktasından 0-30 cm derinlikten topraklar alınmıştır ve 5 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırılarak en iyi dağılımı veren yöntem göre toplam N, P_{al} ve K_{al} 'in alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır. FAO sınıflandırmasına göre toprakların toplam N içeriği, hem ekim öncesi hem de hasat sonrası yeterli düzeyde, ekim öncesi az düzeyde olan P_{al} içeriği, hasat sonrası yeterli düzeyde bulunmuştur. Ekim öncesi alanın %53.97' sinde yeterli düzeyde, %46.03' ünde fazla düzeyde; hasat sonrası ise alanın %38.10'unda yeterli, %61.90'ında fazla düzeyde toprakların K_{al} içerdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışma alanında özellikle sürdürülebilir toprak yönetim planlaması yapılabilmesi için söz konusu toprak özelliklerinin değişimi ve bitki istekleri dikkate alınarak etkili ve doğru bir gübreleme programı hazırlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Alansal dağılım, enterpolasyon, makro besin elementleri, mısır

Determination of Spatial Distribution of N, P, K Elements based on Before Sowing and Postharvest of Cultivated Soils under Mediterranean Ecological Condition

Abstract

It is possible to create a decision-making mechanism that will mobilize the producer with an effective amount of input at the right time and area and guide them in planning by providing effective data and information flow on the change of soil properties with soil databases and spatial distribution maps of variable parameters of the soil, produced based on today's developing technology. This study was carried out to determine the spatial distribution of total nitrogen (N), available phosphorus (P_{al}), and available potassium (K_{al}) contents which are among essential macro nutrients of the soils before sowing and postharvest in 61.5 decares of irrigated agricultural land where corn is grown. For this purpose, soils were taken from 63 sampling points at 0-30 cm depth, and the spatial distribution maps of total N, P_{al} and K_{al} were prepared according to the method that gave the best distribution when 5 different interpolation methods were compared. According to the FAO classification, the total N content of the soils was found to be sufficient both before sowing and postharvest and the P_{al} content, which was low before sowing, was found to be sufficient postharvest. It was determined that the soils contained sufficient K_{al} content in 53.97% of the area before sowing and at an excess level in 46.03% of the area, and at an adequate level in 38.10% of the area and at an excess level in 61.90% of the area postharvest. Therefore, an effective and accurate fertilization program should be prepared by taking into account the changes in soil properties and plant requirements in order to make sustainable soil management planning in the study area.

Keywords: Spatial distribution, interpolation, macro nutrient elements, corn.

Giriş

Sürdürülebilir tarımsal üretim yaklaşımında, mevcut doğal kaynaklara zarar vermeden, sınırlı ekilebilir arazilerin öz nitelikleri ile değişken toprak özellikleri dikkate alınarak tarımsal faaliyetlerin planlanması, tarımsal üretimin temelini oluşturan toprağın etkili ve sürdürülebilir kullanılması açısından oldukça önemlidir.

Dünyada artan nüfus ile birlikte besleme ihtiyacının karşılanabilmesi için tarımsal üretimde uygulanan plan ve stratejiler, genellikle yalnızca bitkisel ürünlerin üretim miktarını artırmayı hedeflemektedir (Tuğay, 2012). Bu nedenle, üreticiler tarafından bitkisel üretimi en üst düzeye çıkarmak için toprak ve çevre koşulları dikkate alınmadan tarımsal üretimde yoğun ve kontrolsüz gübre kullanımı söz konusu olabilmektedir. Özellikle bitkisel üretimde yoğun kullanılan ve gübreleme yoluyla eksikliği giderilmeye çalışılan en önemli makro besin elementleri azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K)'dur. Bu besin elementlerinin topraktaki noksanlığı durumunda bitki gelişimi olumsuz etkilenmekle birlikte fazlalığı da bitki ve çevre için olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Turan ve ark., 2010). Ayrıca aşırı gübre kullanımı sonucu, tarım toprakları tahrip olmakta ve verimlilikleri azalmaktadır. Bu durum, yanlış tarım ve su politikalarının uygulandığı, yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Çukurova Bölgesi tarım topraklarında çok fazla görülmektedir (Anonim, 2022).

Türkiye'de coğrafi özellikleri, iklimi, verimli toprakları ve su kaynakları ile tarımsal üretim açısından stratejik öneme sahip Çukurova Bölgesi, verimli delta ovalarında çok çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır (Anonim, 2014). Bu nedenle, Çukurova Bölgesi toprakları yoğun tarımsal faaliyetler nedeniyle baskı altında tutulmaktadır. Özellikle bölgede üreticiler tarafından yapılan aşırı toprak işleme, tek yönlü üretim ve yoğun kimyasal girdi kullanımı, tarım topraklarında büyük kayıplara neden olmaktadır (Anonim, 2022). Bu duruma, bölgede yoğun şekilde tarla ve özellikle mısır tarımının yapıldığı topraklarda sıklıkla rastlanılmaktadır.

Çukurova Bölgesinde mısır yetiştiriciliği, hem bölgede sanayi alt kollarının bulunması hem de sanayi için mısırın önemli bir hammadde olması ve ekonomiye büyük katkısı nedeniyle üreticiler tarafından büyük oranda tercih edilmektedir. Türkiye'de mısır, yem ve mısır nişastası endüstrisi olmak üzere iki sanayi kolunda hammadde olarak kullanılmaktadır. Adana ili, 718 bin ton mısır üretimi ile bölgenin en büyük üreticisi konumundadır. Osmaniye ili 306 bin ton, Mersin ili 92 bin ton, Hatay ili de 73 bin ton ile Adana ilinden sonra bölgenin en büyük mısır üreticileri olan illerdir. Her yıl mısır ekim alanlarının azalmaya başlaması mısırdaki bir arz açığının artmasına neden olmaktadır (TEBGE, 2021). Bu nedenle, sanayide arz açığının kapatılabilmesi için mısır üretim alanlarının ve miktarlarının artırılması son derece önemlidir. Bu durum, diğer tarım ürünlerinde de olduğu gibi mısır yetiştiriciliği açısından üretim potansiyeli yüksek Çukurova Bölgesi topraklarını daha önemli hale getirmektedir. Bu nedenle, bölgede arazi yönetiminde karşılaşılan problemleri aşmak için özellikle yoğun tarımsal faaliyetler (toprak işleme, gübreleme, sulama vb.) nedeniyle insan kaynaklı değişen toprak özelliklerinin belirlenmesi ve izlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Tarımsal üretimde özellikle aşırı ve plansız gübre kullanımı sonucu topraklar daha fazla heterojen bir yapı sergilemektedir. Bu durum, arazinin kullanım şekli ve yoğunluğuna göre toprak özelliklerinin konumsal değişkenliğini büyük oranda etkilemektedir (Trangmar ve ark., 1985). Tarım arazilerinde, benzer ya da aynı tarımsal uygulamalar sonucunda elde edilen ürünlerin, arazinin farklı alanlarında değişiklikler sergilemesinin asıl nedenlerinden biri de kısa mesafelerde olsa dahi toprak özelliklerinin değişkenlik göstermesidir (Robertson ve Freckman, 1995; Mulla ve McBratney, 2000; Jiang ve ark., 2006). Bu nedenle, özellikle toprak özelliklerinin değişkenliği konusunda etkili veriler ile bilgi akışını sağlayarak, üreticiye doğru zaman ve alanda uygun miktarda girdi ile harekete geçirecek ve planlama konularında yönlendirebilecek bir karar verme mekanizmasının oluşturulması; topraktaki besin dengesinin sağlanabilmesi, toprak özelliklerinin düzeltilebilmesi, toprak verimliliği ve tarımsal üretim bakımından oldukça önem arz etmektedir. Özellikle tarımsal üretimde girdi maliyetlerinin büyük kısmını oluşturan gübrelemenin etkinliği, çevre ve insan sağlığını dikkate alarak bitki besleme konusunda kaliteli, ekonomik ve sürdürülebilir yönetim stratejilerinin oluşturulmasına bağlıdır. Bu doğrultuda, özellikle son yıllarda yüksek kazanç, çevre koruma, sürdürülebilirlik, arazideki konumsal değişkenliklerin belirlenmesi, değişken faktörlerin analizi ve iyi bir toprak yönetim planlaması yapılması amacıyla bilgi ve teknolojiye dayalı hassas uygulamalı tarım sistemleri de büyük bir uygulama alanı bulmuştur (Robert ve ark., 1995).

Günümüzde hassas tarım uygulamaları kapsamında gelişen teknolojiye bağlı olarak uzaktan algılama, küresel konum belirleme (GPS), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), değişken oranlı uygulamalar

ve verim izleme sistemlerinin entegre kullanımı ile gübre uygulamalarında alansal kontrol imkanı sağlanabilmekte, tarla farklı verimlilik seviyelerinde sınıflandırılabilen ve alana özel gübre uygulamaları yapılabilmektedir. Tarla içerisinde eksik veya fazla alanlar ayrı ayrı değerlendirilerek değişimin olumlu ve olumsuz olduğu alanlarda ne gibi tedbirler alınabileceği konusunda yardımcı olmaktadır. Özellikle oluşturulan veri tabanları ve toprağın değişken özelliklerinin konumsal dağılımlarının belirlenmesi ve bu özellikler ile ilgili iyi bir değerlendirme yapılması amacıyla CBS ve CBS yazılım sistemlerine entegre edilen jeoistatistik yöntemler ile hazırlanan toprağın verim özelliklerinin alansal değişkenliğine ait dağılım haritaları üretilebilmektedir. Arazide örnekleme noktaları arasındaki mesafeye bağlı ilişkiyi ve toprak özelliklerinin değişkenliğini belirlemek için jeoistatistik yaygın kullanılan bir yöntemdir (Unlu ve ark., 1990; Logsdon ve Jaynes, 1996). CBS ortamında konumsal enterpolasyon yöntemleri kullanılarak ölçülen coğrafi verilerin tüm alana dağıtılması ile alansal dağılım haritaları oluşturulmaktadır (Heuvelink, 2006). Bu oluşturulan haritalar ile tarım arazilerinde toprak koşullarının ve buna bağlı olarak değişen verimliliğinin gözlemlenmesi, doğru gübreleme zaman ve miktarının belirlenmesi açısından faydalı olacaktır. Bu durum üreticiye, karar verme sürecinde kolaylık sunmakla birlikte zaman tasarrufu, üretim girdilerinin ve mevcut kaynakların en uygun ve etkin şekilde kullanılması ve dolayısıyla verimin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi konularında önemli faydalar sağlayacaktır. Arslan ve ark. (2018) tarafından Elazığ İli Baskil İlçesi sınırları içerisinde yer alan Şeyh Hasan Köyü'nde 400.02 hektar alanda yürütülen çalışmada, farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların toplam N, alınabilir fosfor (P_{al}) ve alınabilir potasyum (K_{al}) içeriklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, 5 farklı enterpolasyon metodu karşılaştırılarak, en iyi dağılımın elde edildiği yöntem belirlenmiş olup toplam N, P_{al} ve K_{al} ' in alansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Hazırlanan dağılım haritalarına ve FAO (1990) sınıflamasına göre çalışma alanı topraklarının toplam N ve K_{al} bakımından yeterli seviyede olduğu tespit edilmiştir. P_{al} 'ın ise yalnızca çalışma alanının çok az bir bölümünde az düzeyde fakat genel olarak yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, bölgede sürdürülebilir toprak yönetimi için gübre yönetim planlaması yapılmasının gerekliliğine değinilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Çukurova Bölgesinde yoğun tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü ve mısır tarımının yapıldığı tarım arazisinde ekim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere arazi kullanımı ve toprak yönetim sistemlerine bağlı olarak, değişkenlik gösterebilen toprağın bazı verimlilik özelliklerinin mesafeye bağlı ilişki ve değişimlerinin en uygun enterpolasyon yöntemi ile alansal dağılımlarının belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma; Akdeniz Bölgesi Aşağı Seyhan Havzasının Tarsus Ovası kısmında ve Tarsus ilçesinin yaklaşık 10 km güneydoğusunda bulunan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü yerleşkesi içerisinde yer alan ve 61.5 dekar sulu tarla vasfında olan tarım arazisinde yürütülmüştür (Şekil 1). Arazinin eğimi %0-1 arasında olup düz veya düze yakındır. Çalışma alanında taşlılık, göllenme ve toprak erozyon riski bulunmamaktadır. Çalışma sahası toprakları, akarsuyun getirmiş olduğu alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş olup killi tın bünyeli, hafif alkali, tuzsuz ve fazla kireçlidir ve toprakların organik madde içeriği azdır (Dinç ve ark., 1990; Sönmez ve ark., 2018). Çalışma alanının denizden yüksekliği ortalama 11 m ile 12 m arasında değişmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü arazinin bulunduğu bölge, tipik Akdeniz iklimi etkisi altında bulunmaktadır. Çukurova Bölgesinde Toros Dağlarının yakın eteklerinde bulunan kıyı bölgelerinde kış ayları ılık ve yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Meteoroloji İstasyonundan elde edilen iklimsel verilere göre çalışma alanı bölgesine yıllık toplam 601.9 mm düşmektedir. Yağışların çok büyük bir bölümü yağmur şeklinde olmaktadır. Ortalama yıllık sıcaklık 18°C'dir. Ağustos ayı 27 °C ile en yüksek sıcaklık ortalamasına sahiptir. Ortalama en soğuk ay ise 8.9 °C ile Ocak ayıdır. Nisbi nemin uzun yıllar ortalaması %70.1'dir. Toprak taksonomisine (1999) göre çalışma alanı toprak sıcaklık rejimi Thermic ve nem rejimi ise Xeric olarak belirlenmiştir (Bayramın ve ark., 2011).

Çalışma alanında, yoğun toprak işlemeli tarım yapılmaktadır. Toprak işleme için çok çeşitli toprak işleme alet ve makinaları kullanılmakta olup farklı sürüm dönemlerinde 10-25 cm toprak derinliği arasında yapılmaktadır. Çalışma alanı içerisinde yıllar bazında değişkenlik göstermekle beraber en çok buğday, arpa ve mısır yetiştirilmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü 2022 yılı üretim sezonunda arazide dane mısır üretimi yapılmıştır. Bitkinin tüm yetişme dönemi süresince gübre olarak

bölge koşullarına ve mısır tarımına uygun olarak 20-25/da kg saf azot ve 8-10 kg/da fosfor uygulaması yapılmıştır.

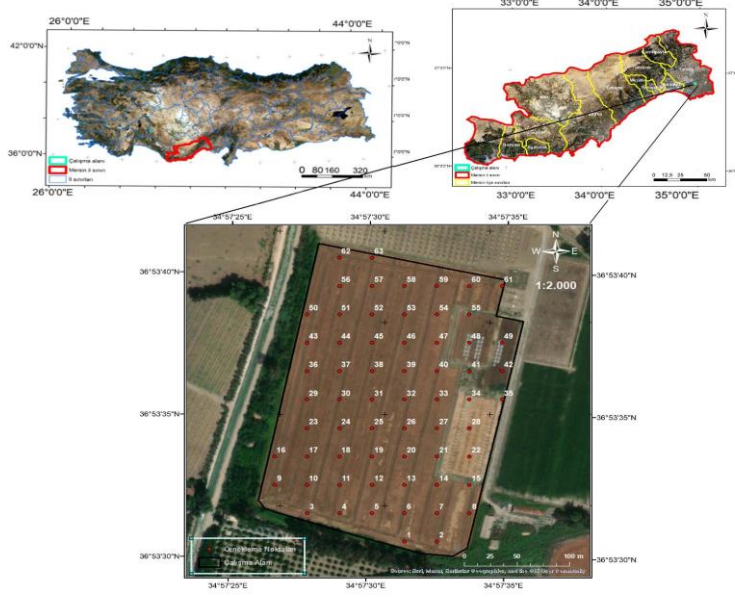


Figure 1. Location map of the study area
Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası

Toprak Örnekleri ve Analizler

Çalışma alanı topraklarının toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin alansal dağılımının belirlenmesi ve alansal dağılım haritalarının oluşturulabilmesi için enterpolasyon modellerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, mısır tarımı yapılan arazide, 31 m x 31 m grit mesafesine göre toplamda 63 örnekleme noktasından ekim öncesi ve hasat sonrasında yüzey (0-30 cm) bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 2).

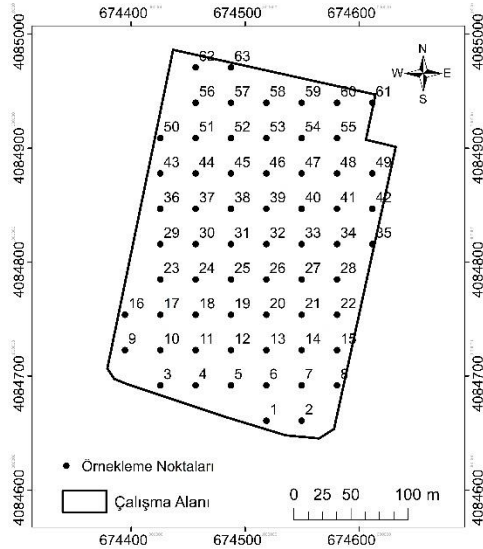


Figure 2. Soil sampling pattern in the study area
Şekil 2. Çalışma alanındaki toprak örnekleme deseni

Alınan bozulmuş toprak örneklerinin toplam N, P_{al} ve K_{al} analizleri yapılmıştır. Mısır bitkisi ekimi öncesi ve hasat sonrası olmak üzere 63 örnekleme noktasından alınan toplam 126 adet toprak örneğinde toplam azot (N) Kjeldahl yöntemine göre (Bremner ve Mulvaney 1982), alınabilir potasyum (K_{al}) içerikleri Jackson (1958)'e göre, alınabilir fosfor (P_{al}) ise Olsen ve ark. (1954) tarafından

belirlenen yöntemlere göre tespit edilmiştir. Ayrıca, toprakların toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin yeterlilik düzeylerine ilişkin sınıflama yapabilmek için olarak Çizelge 1’den faydalanılmıştır.

Table 1. Classification of the soils according to threshold values (FAO, 1990)

Çizelge 1. Toprakların eşik değerlerine göre sınıflandırılması (FAO, 1990)

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme
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 (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 (mg kg ⁻¹)	< 50	Çok az
	50-140	Az
	140-370	Yeterli
	370-1000	Fazla
	> 1000	Çok fazla

Tanımlayıcı İstatistik Yöntemleri

Çalışmada, toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucu elde edilen toplam N, P_{al} ve K_{al} verilerinin en büyük, en küçük, standart sapma, değişim katsayısı, varyans, ortalama, çarpıklık ve basıklık olmak üzere 8 adet tanımlayıcı parametreleri SPSS programında hesaplanmıştır.

Enterpolasyon Yöntemleri

Çalışma alanı topraklarının toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin dağılım haritaları, koordinatlı örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları ve çalışma alanının coğrafi verileri ArcGIS 10.3 programına tanımlandıktan sonra programa entegre edilen enterpolasyon yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. Bu çalışma kapsamında, deterministik yöntemlerden IDW metodunda birinci, ikinci ve üçüncü kuvvet (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon, IDW-1, IDW2, IDW-3), RBF (Radyal Tabanlı Fonksiyon) metodunda Düzeltmiş Spline (Completely Regularized Spline-CRS), İnce Plaka Spline (Thin Plate Spline,-TPS) ve Gergin Spline (Spline With Tension-ST) yöntemleri; stokastik yöntemlerden ise Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) yöntemleri test edilmiştir. Kriging metodlarında Küresel (Spherical), Üssel (Exponential) ve Gaussian modelleri kullanılmıştır. ArcGIS 10.3 “Geostatistical Extension” programı, oluşturulan dağılım haritalarında tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin standardize hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) kriterlerini kullanmaktadır (Çelik ve Dengiz, 2018). Üretilen haritalarda, tahminin ortalama hatası 0’a yakın ve tahminin standardize hata kareler ortalamasının karekökü 1’e ne kadar yakın ise haritanın aynı oranda tahmin doğruluğunun yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Johnston ve ark., 2001).

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

(1)

Z_i: tahmin değeri, Z: gerçek değer, n: gözlem sayısı

Bulgular ve Tartışma

Tanımsal İstatistik

Çalışma alanı içerisindeki örnekleme noktalarından, mısır ekimi ve hasat sonrası 0-30 cm toprak derinliğinden alınan toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarına göre toplam N, P_{al} ve K_{al} verilerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’de tanımlayıcı istatistik verileri değerlendirildiğinde; normallik varsayımı bakımından çarpıklık katsayısına göre toplam N, P_{al} verilerinin normal dağılım gösterdiği, K_{al} verilerinin ise ekim öncesi normal dağılımdan uzak (log normal) pozitif çarpıklık gösterdiği, hasat sonrası ise normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. K_{al}’ın pozitif çarpıklık katsayısı, K_{al}’ın çalışma sahasının bazı alanlarında ortalamanın üzerinde aşırı uç değerler aldığını göstermektedir. Toprak özelliklerinin bu uç değerleri, toprak özelliklerinin değişim katsayılarının da farklı olmasına neden olmaktadır. Wilding (1985), toprak verilerinin değişkenlik durumunu, değişkenlik katsayısı %15 den az olanlar için düşük, %15-35 arası olanlar için orta ve %35 den fazla olanlar için ise yüksek olarak sınıflandırmaktadır. Bu sınıflama dikkate alındığında; çalışma alanı topraklarının toplam N, P_{al} ve K_{al}’ın değişkenlik katsayılarına bakıldığında, toplam N’ nin orta değişkenlik, P_{al} ve K_{al}’ın ise yüksek değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Çalışma alanı toprakları, zaman içerisinde akarsuların taşıdığı alüvyal depozitler üzerinde oluşmuştur. Alüvyal arazilerde toprakların en önemli özelliği, çok kısa mesafelerde dahi özellikle bazı fiziko kimyasal özelliklerde (kil, silt, kum, organik madde vb.) yüksek değişkenlik göstermesidir (Dengiz, 2010).

Table 2. Descriptive statistical parameters of soil samples in the study area

Çizelge 2. Çalışma alanı toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistik parametreleri

Tanımlayıcı İstatistik	A1 (EKİM ÖNCESİ)			A2 (HASAT SONRASI)		
	N (%)	P _{al} (mg kg ⁻¹)	K _{al} (mg kg ⁻¹)	N (%)	P _{al} (mg kg ⁻¹)	K _{al} (mg kg ⁻¹)
Ortalama	0.13	5.70	378.51	0.15	17.97	411.75
Standart Sapma	0.20	0.94	44.59	0.02	1.13	76.91
Değişkenlik Katsayısı*	16.12	16.52	11.78	14.58	6.33	18.68
Varyans	0.00	0.89	1988.69	0.00	1.29	5916.12
En Düşük Değer	0.08	2.62	298.47	0.09	14.14	275.94
En Yüksek Değer	0.17	7.20	476.90	0.19	20.03	571.26
Çarpıklık	-0.21	-0.41	0.68	-0.21	-0.08	0.29
Basıklık	-0.68	0.52	-0.26	-0.24	-0.45	-0.64
n (Örnek Sayısı)	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00

*Değişkenlik katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35=Orta Değişkenlik, > 35=Yüksek Değişkenlik

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

Ekim öncesi ve hasat sonrası toprakların toplam azot, P_{al} ve K_{al} içerikleri kıyaslandığında, hasat sonrasında ekim öncesine göre toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Ortalama değerler olarak, toplam N %0.13’den 0.15’e, P_{al} 5.70 mg kg⁻¹’den 17.97 mg kg⁻¹’e, K_{al} ise 378.51 mg kg⁻¹’den 411.75 mg kg⁻¹’e yükselmiştir (Çizelge 2). Çalışma alanında, üretim süresince yapılan yoğun tarımsal uygulamaların (toprak işleme, sulama ve gübreleme) ekim öncesi ve hasat sonrası toprakların makro besin element içeriklerinde değişkenliğe neden olduğu ve bunun alansal dağılıma da yansıtıldığı düşünülmektedir.

Besin Elementlerinin Konumsal Dağılımları

Toprakların toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon modellerinden en çok kullanılan deterministik yöntemlerden IDW, RBF, stokastik yöntemlerden Ordinary (Doğal) Kriging (OK), Simple (Basit) Kriging (SK), Universal (Evrensel) Kriging (UK) yöntemleri kullanılmıştır ve yöntem sonuçları karşılaştırılmıştır. Doğrulamalarda en düşük hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) değerini veren model en uygun yöntem olarak seçilmiş olup alansal dağılım haritaları üretilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde; mısır bitkisi ekim öncesi topraklarda toplam N için IDW-1, P_{al} için SK yönteminde Küresel model ve K_{al} için ise OK Gaussian modeli, en düşük RMSE değerine sahip olması nedeniyle alansal dağılımları en az hata ile tahmin edilebilmesinde en uygun modeller olarak belirlenmiştir.

Table 3. RMSE values of interpolation methods of before sowing (A1) soils of the study area

Çizelge 3. Çalışma alanı ekim öncesi (A1) topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

A1	IDW			RBF			Kriging								
	1	2	3	TPS	CRS	ST	OK			SK			UK		
							G	Ü	K	G	Ü	K	G	Ü	K
N (%)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P (mg kg ⁻¹)	0.95	0.96	0.98	1.15	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.93	0.93	0.93	0.97	0.96	0.96
K (mg kg ⁻¹)	35.9	36.0	36.5	41.7	36.5	36.1	35.7	36.3	36.0	36.5	37.6	36.1	35.7	36.3	36.0
	3	6	2	2	5	6	6	1	7	5	1	3	6	1	7

OK: Doğal, SK: Basit, UK: Evrensel, G: Gaussian, Ü: Üssel, K: Küresel.

Tabloda kalın siyah ve altı çizili olarak yazılan değerler uygun enterpolasyon yöntemi olarak seçilen en küçük hata kareler ortalamasının karekökü değerlerine ait verilerdir.

Hasat sonrası toprak özelliklerinin de değişkenlik göstermesi nedeniyle tahmin modellerinin de değiştiği belirlenmiştir. Hasat sonrası toplam N için RBF yönteminde CRS modeli, P_{al} için SK yönteminde Gaussian modeli, K_{al} için ise OK yönteminde Gaussian modeli en düşük RMSE değerini vermiştir.

Table 4. RMSE values of interpolation methods of postharvest (A2) soils of the study area

Çizelge 4. Çalışma alanı hasat sonrası (A2) topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

A2	IDW			RBF			Kriging								
	1	2	3	TPS	CRS	ST	OK			SK			UK		
							G	Ü	K	G	Ü	K	G	Ü	K
N (%)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P (mg kg ⁻¹)	1.11	1.13	1.17	1.42	1.18	1.15	1.10	1.11	1.10	1.09	1.10	1.09	1.10	1.11	1.10
K (mg kg ⁻¹)	59.6	59.6	60.4	73.1	61.9	60.9	59.1	61.2	60.1	62.3	63.2	61.5	59.1	61.2	60.1
	5	8	5	2	1	1	3	9	5	1	9	4	3	9	5

OK: Doğal, SK: Basit, UK: Evrensel, G: Gaussian, Ü: Üssel, K: Küresel.

Tabloda kalın siyah ve altı çizili olarak yazılan değerler uygun enterpolasyon yöntemi olarak seçilen en küçük hata kareler ortalamasının karekökü değerlerine ait verilerdir.

Çalışma alanında mısır bitkisinin ekim öncesi ve hasat sonrası toprak özelliklerinin değişimine bağlı olarak konumsal olarak da değişkenlik görülmektedir. Toplam N, P_{al} içerikleri için en düşük RMSE değerini veren model değişkenlik gösterirken yalnızca K_{al} için model değişkenlik göstermemiştir.

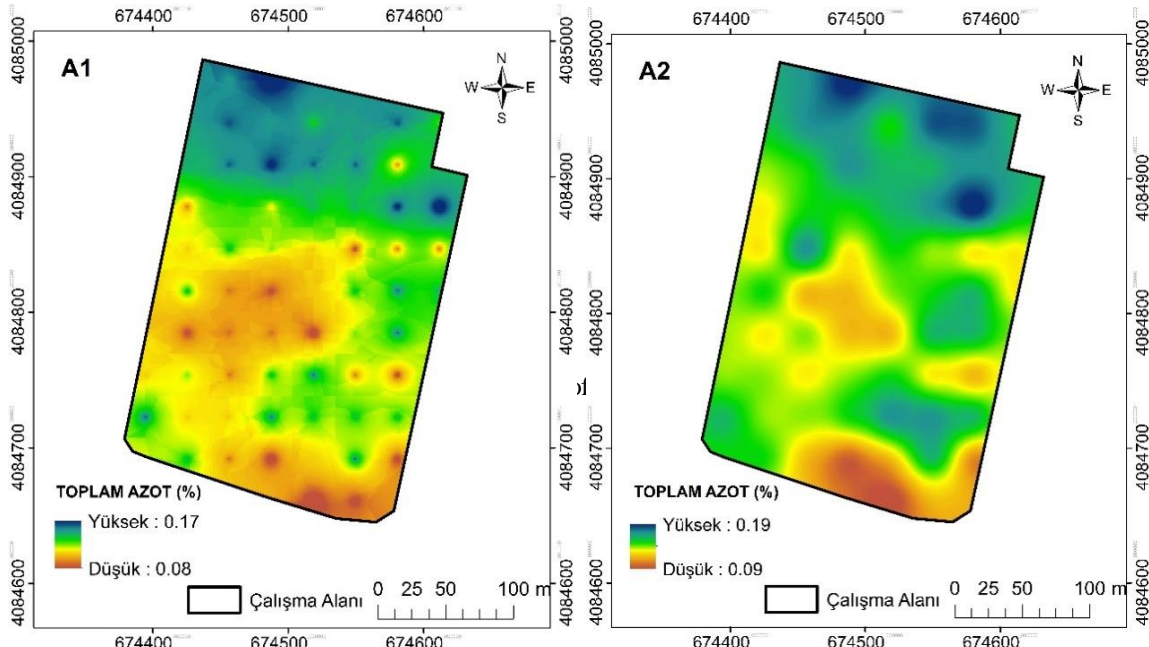
Kravchenko (2003) tarafından toprak özelliklerinin etkili ve doğru şekilde haritalandırılmasının hassas tarım uygulamaları bakımından oldukça önemli olduğu ve haritalanan toprak özelliklerinin örnekleme noktaları arasındaki mesafe, örnekleme sayısı ve enterpolasyon işlemlerinin seçimine göre farklı anlaşılabilceği belirtilmiştir.

Toplam Azot Dağılımı

Azot, bitki büyümesi için gerekli olan makro besin elementlerinin başında gelmektedir ve doğadaki azotun ana kaynağı atmosferdir (Bolat ve Kara, 2017). Topraktaki N' nin temel kaynağı ise organik maddedir. Zamanla organik maddenin ayrışması sonucu bitkiler N'den faydalanabilmektedir (Çepel, 1996; Boşgelmez ve ark., 2001). Bu nedenle bir tarım toprağında N, arazi kullanımı ve toprak yönetim sistemlerine göre konumsal olarak değişkenlik göstermektedir.

Yoğun tarımsal faaliyet altında bulunan çalışma alanı toprağının mısır bitkisi ekim öncesi ve sonrasında toplam N miktarı alanda değişkenlik sergilemektedir. Ekim öncesinde çalışma alanında toplam N, 0.08 mg kg⁻¹ ile 0.17 mg kg⁻¹ değerleri arasında dağılım göstermektedir (Şekil 3). Yalnızca tek bir örnekleme noktasında 0.08 mg kg⁻¹ değeri almaktadır. Diğer tüm örnekleme noktalarından alınan toprakların toplam N miktarı >0.08 mg kg⁻¹'dir ve topraklar toprak azot içerikleri bakımından FAO (1990) sınıflandırmasına göre yeterli sınıf aralığında bulunmaktadır. Alanın güney kısımlarına doğru N düşme, kuzeye doğru gidildikçe yükselme eğilimi sergilemektedir. En yüksek değerlerine çalışma alanının kuzey kesiminde ve özellikle sınırı limon bahçesi olan alanlarda ulaşmaktadır.

Çalışma alanına yakın sınırdaki bulunan limon bahçesi tesisinden kaynaklı yoğun bir azotlu gübreleme söz konusudur. Hasat sonrası ise toplam N, 0.09 mg kg^{-1} ile 0.19 mg kg^{-1} değerleri arasında alanda dağılım göstermektedir. FAO (1990) sınıflandırmasına göre (Çizelge 1), bu değerler yeterli sınıf aralığındadır. Ekim öncesinde olduğu gibi hasat sonrasında da toplam azot en düşük değerlerine alanın güney kesimlerinde ulaşmaktadır. Ayrıca, çalışma alanının güney sınırında okaliptüs ağaçları bulunmaktadır. Özellikle, okaliptüs ağaçlarının beslenme durumları da göz önünde bulundurularak bu alanlarda toplam N'nin diğer alanlara kıyasla düşük olmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca hasat sonrası toplam N miktarının ekim öncesine kıyasla çok az da olsa yüksek oranlarda dağılım göstermesinin nedeni olarak, bitkisel üretim boyunca yapılan azotlu gübre uygulamaları ve hasat sonrası bitki atıkları gösterilebilir. Bunların yanı sıra, daha önce de belirtildiği gibi çalışma alanı toprağının alüvyal karakterde olması nedeniyle alanda kısa mesafelerde değişkenlik görülmesini mümkün kılmaktadır. Bursa'nın Karacabey ilçesinde yoğun olarak mısır tarımı yapılan 40 adet tarlada toprak verimliliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada, toprakların toplam N içerikleri yönünden %22.5'nin "yeterli" ve %77.5'nin ise "fazla" ve "çok fazla" sınıfı içerisinde oldukları belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak; N değişkenliğinin yüksek çıkmasının, üreticilerin azotlu içerikli gübreleri gereğinden fazla kullanmaları nedeniyle olabileceği belirtilmiş olup bölge üreticilerine toprak analiz sonuçlarına göre azotlu gübre kullanmaları konusunda önerilerde bulunulmuştur (Ordu ve Aşık, 2021).



Şekil 3. Çalışma alanında mısır bitkisi ekimi öncesi (A1) ve hasat sonrası (A2) toplam N dağılım haritası

Yine benzer şekilde Soba ve ark., (2015) tarafından Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi amacıyla yapılan çalışmada toprakların toplam N içeriği, hazırlanan konumsal dağılım haritalarına göre değerlendirilmiş olup toplam N'nin çoğunlukla yeterli sınıf aralığında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Çalışmada, sürdürülebilir toprak verimliliği için toprak analizlerine göre dengeli bir gübreleme programı yapılması gerekliliğine değinilmiştir.

Alınabilir Fosfor Dağılımı

Topraktaki P'nin ana kaynağı apatit mineralidir. Bunun yanı sıra organik madde de yapısında P içerdiği için toprakta organik P bileşikler de bulunmaktadır (Kantarcı, 2000). Toprakta P; bitki kök gelişimi, olgunlaşma, dölleme, erken tohum oluşumu ve bitkinin hastalık ve zararlılara karşı direnç sağlamasında önemli rol oynamaktadır. P, toprakta sürekli fiksasyona uğradığından bitki için yararlı olma durumu, mevcut doğal koşullara ve toprak yönetim sistemlerine göre oldukça değişkenlik gösterebilmektedir.

Mısır ekimi öncesi çalışma alanında toprakların P_{al} içeriğinin 5.29 mg kg^{-1} ile 6.11 mg kg^{-1} arasında yoğun dağılım gösterdiği ve FAO (1990) sınıflandırmasına göre az düzeyde olduğu

belirlenmiştir (Şekil 4, Çizelge 1). Çalışma alanının orta kısımlarından kuzeye doğru P_{al} içeriğinin artma eğiliminde olduğu, toplam N'e benzer şekilde güneye doğru ise azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Hasat sonrası ise toprakların P_{al} içeriği 17.36 mg kg^{-1} ile 18.67 mg kg^{-1} değerleri arasında yoğun dağılım gösterdiği ve bu değerlerin FAO (1990)'ya göre yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 1). Hasat sonrası fosfor içeriğinin artmasının asıl nedenin taban gübresi uygulamaları olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ekim öncesi ve hasat sonrası toprakların P_{al} içeriklerinin alansal dağılımı benzerlik göstermektedir. Hasat sonrası toprakların P_{al} içeriği güneye doğru azalma eğilimi göstermektedir. Bu duruma yine sınırda bulunan okaliptüs ağaçlarının bulunmasının, güneye doğru az da olsa arazinin eğimli olmasının ve arazinin tesviye şeklinin neden olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde Özyazıcı ve ark. (2016) tarafından Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan tarım arazilerinde yapılan çalışmada, çalışma alanının %58.83'ünde P noksanlığı belirlenmiştir. Bu duruma, arazi eğimi ve eğime bağlı olarak toprak derinliklerinin az olması sebebiyle fosforlu gübrelerin toprağın altına verilememesi ve toprağa karıştırılmayan, toprak yüzeyine verilen fosforlu gübrelerin yüzeyden kolay bir şekilde yıkanmasının neden olabileceği bildirilmiştir.

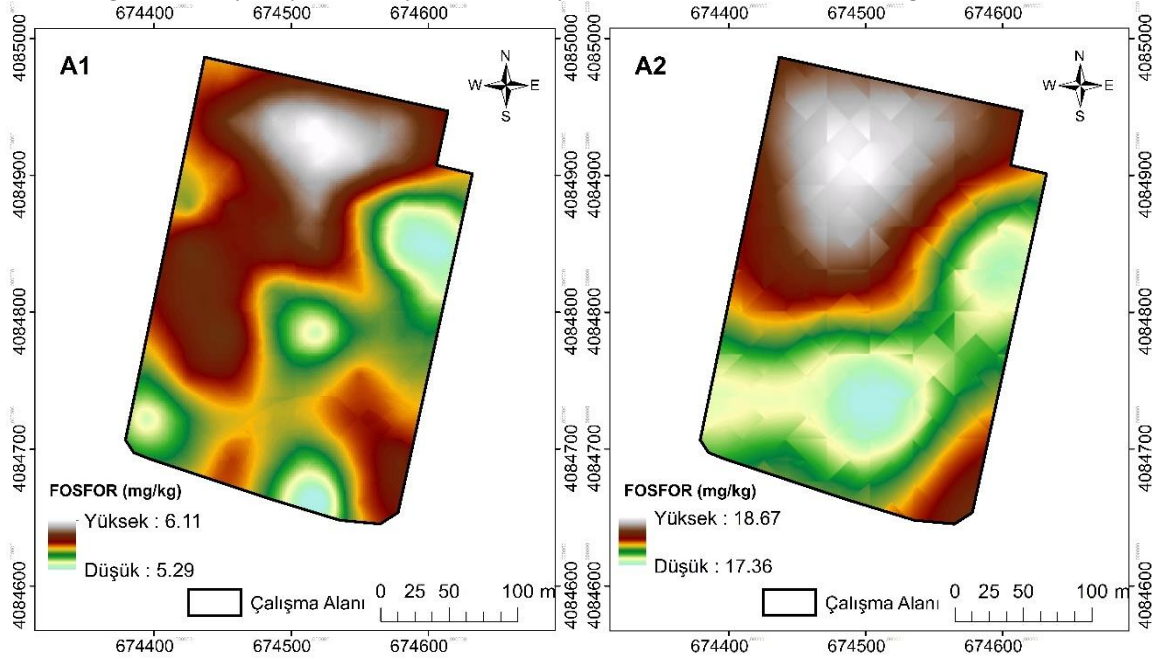


Figure 4. Distribution map of P_{al} before sowing of corn (A1) and postharvest (A2) in the study area
Şekil 4. Çalışma alanında mısır bitkisi ekimi öncesi (A1) ve hasat sonrası (A2) P_{al} dağılım haritası

Alnabilir Potasyum Dağılımı

Potasyum, toprakta feldispat (ortoklas ve mikrolin) ve mika (muskovit ve biyotit) gibi K içeren minerallerden oluşan kayaların zamanla dağılarak parçalanması neticesinde oluşmaktadır. Bunun yanı sıra K toprakta ikincil veya kil meralleri olarak da bulunabilmektedir (Kantarıcı, 2000; Kacar ve Katkat, 2010). K, bitkilerde gerçekleşen birçok enzim ve koenzim aktivasyonu, fotosentez, protein ve nişasta oluşumu ve şeker transferleri olaylarında temel rol oynamaktadır. Bitkilerde hastalık, kuraklık ve don olaylarına karşı dayanımı da artırmaktadır (Brady, 1990; McCauley ve ark., 2011). Bitkiler için önemli besin elementlerinden olan K'nin dinamik yapısı toprakta meydana gelen reaksiyonlara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu reaksiyonları en fazla etkileyen unsurlar, arazi kullanım şekli ve toprak yönetim sistemleridir.

Mısır ekimi öncesi çalışma alanında toprakların K_{al} içeriği, $331.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $447.30 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında yoğun olarak dağılım göstermektedir (Şekil 5, Çizelge 1). Toprakların K_{al} içeriği bakımından alanın %53.97'si yeterli sınıf aralığında iken, %46.03'ü fazla sınıf aralığında bulunmaktadır. K_{al} içeriği alanın doğusuna doğru artma, batıya doğru azalma eğilimi sergilemektedir. Hasat sonrası ise toprakların K_{al} içeriğinin dağılım şekli ekim öncesine paralellik göstermekle birlikte toprakların K_{al} içeriklerinin $325.61 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $502.85 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 5, Çizelge 1). Toprakların K_{al} içeriği, alanın %38.10'unun yeterli, %61.90' nında ise fazla sınıf aralığında dağılım göstermektedir.

Çalışma alanı toprakları killi tın bünyeli olup toprakların K_{al} içeriklerinin dağılımını ve miktarını belirleyici en önemli faktörün bünyenin alan içerisindeki alüvyal depozit karakterli dağılım değişimi olup özellikle kil tipi ve miktarı olduğu düşünülmektedir. Çünkü mısır üretim sezonu boyunca herhangi bir potasyumlu gübre uygulaması yapılmamıştır. Çelik ve Dengiz (2018), tarafından Gediz Havzasında Akselendi Ovası'nın yer aldığı taban araziler üzerinde bulunan tarım topraklarının K_{al} içeriklerinin 5.07 ile 435.33 $mg\ kg^{-1}$ arasında değişim gösterdiği, %52.4'ünün çok düşük ve düşük, %20.4'ünün orta, %17.1'sinin iyi, yüksek ve çok yüksek düzeyde K_{al} içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda; araştırma alanında, toprakların K_{al} içeriklerinin yetersiz bulunmasının toprakların kaba bünyeli olması dolayısıyla olabileceği bildirilmiştir.

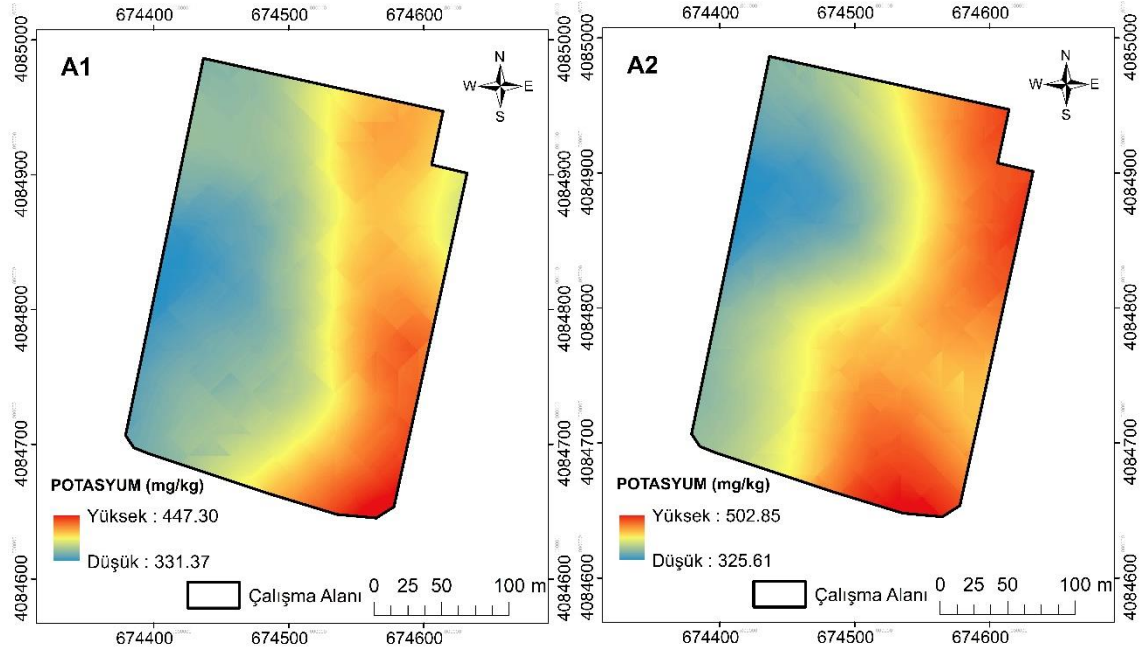


Figure 5. Distribution map of K_{al} before sowing of corn and postharvest in the study area
Şekil 5. Çalışma alanında mısır bitkisi ekimi öncesi ve hasat sonrası K_{al} dağılım haritası

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, mısır tarımı yapılan 61.5 da alanda ekim öncesi ve hasat sonrası 63 farklı örnekleme noktasında yüzey toprak derinliğinden (0-30 cm) alınan toprak örneklerinin, toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin mesafeye bağlı olarak ilişki ve değişimlerinin en uygun enterpolasyon yöntemi ile alansal dağılımları belirlenmiştir. Bu amaçla IDW, RBF, SK, UK ve OK enterpolasyon yöntemleri kullanılmış ve karşılaştırılmıştır.

Mısır bitkisi ekim öncesi toprakların toplam N için IDW, P_{al} için SK, K_{al} için ise OK yöntemleri, en düşük RMSE değerine sahip olması nedeniyle dağılımların en az hata ile tahmin edilebilmesinde en uygun modeller olarak belirlenmiştir. Hasat sonrasında ise, toplam N için RBF, P_{al} için SK, K_{al} için ise OK modeli en düşük RMSE değerini vermiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgular, kısa mesafelerde dahi toprağın toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin değiştiğini ortaya koymaktadır. Toprakta toplam N ve P_{al} içeriklerinde meydana gelen değişimlere mısır bitkisinin tüm yetişme süresi boyunca kullanılan gübrelerin neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanında aşırı ve plansız şekilde gübre kullanımı neticesinde ortaya çıkabilecek olumsuz durumların önlenmesi bakımından planlı ve kontrollü gübre uygulamaları oldukça önemlidir. Bu kapsamda, gübreleme programları hazırlanırken arazi öz niteliği, toprak özelliklerinin değişimi ve bitki istekleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Ancak böylelikle aşırı girdi kullanmanın önüne geçilerek çevre ve doğaya zarar vermeden mısır yetiştiriciliğinde verimliliği artırmak mümkün olabilecektir. Çalışma alanında gübreleme programında potasyumlu gübrelere yer verilmediğinden, toprağın K_{al} içeriğinin değişkenliğini ve alansal dağılımını etkileyen en önemli faktörün toprağın bünyesi olduğu

düşünülmektedir. Bu bakımdan, toprakta K_{al} değişimi izlenerek, gerekli alanlarda gübreleme programlarına K dahil edilmelidir.

Tarımsal üretim açısından özellikle toprak yönetim sistemlerinden oldukça kolay etkilenen toprak verimlilik özelliklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi ve tanımlanması oldukça önemlidir. Bu açıdan, çalışmanın yürütüldüğü, yoğun tarımsal faaliyetler altında bulunan ve mısır yetiştiriciliği yapılan tarım arazisinde toprakların toplam N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi için kullanılan enterpolasyon modelleri önemli avantajlar sağlamıştır. Özellikle, oluşturulan alansal dağılım haritaları, izlenebilirlik açısından bu özellikler ile ilgili bilgilere hızlı ve kolay erişim imkanı sunmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular; kullanılan enterpolasyon modellerinin, küçük yüzölçüme sahip tarım arazilerinde dahi toprakların N, P_{al} ve K_{al} içeriklerinin alansal dağılım haritalarının oluşturulmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Teşekkür: Bu çalışma, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)' ne bağlı Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü' ne ait tarım arazisinde yürütülmüştür. Bu nedenle, TAGEM başta olmak üzere Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü' ne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Anonim, 2014. Çukurova Kalkınma Ajansı. 2014-2023 Çukurova Bölge Planı. https://www.cka.org.tr/uploads/pages_v/2014--2023-cukurova-bolge-plani.pdf. (12.08.2023)
- Anonim, 2022. Çukurova'nın bereketi kaçtı: Toprak kirlendi, su kurudu. Yeşil Gazete, <https://yesilgazete.org/cukurovanin-bereketi-kacti-toprak-kirlendi-su-kurudu/>. (12.04.2023)
- Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M., Atikmen Çiçek, N., 2018. Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. Toprak Su Dergisi. 7(2):28-37.
- Brady, N.C., 1990. The nature and properties of soils (10th edition). Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Bayramın, İ., Kadioğlu, Y.K. Kadioğlu, S., Tunçay, T., Ekincioglu, E.E., Kurt, B.B., 2011. Yer radarı ve ohmmapper jeofizik yöntemlerinin drenaj sistemleri etkinliğinin belirlenmesinde kullanımları, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total. in: Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties. Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R (eds.), 2 nd ed. Agronomy. 9: 595-624.
- Bolat, İ., Kara Ö., Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 19(1): 218-228.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S., Paslı, N., 2001. Ekoloji – II (Toprak), Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara.
- Çelik, P., Dengiz, O., 2018. Akselendi Ovası tarım topraklarının temel özellikleri ve bitki besin durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 5(1): 9-18.
- Dengiz, O., 2010. Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. Tarım Bilimleri Dergisi. 16(3):205-212.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, S., Dericci, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Schlichting, E., 1990. Çukurova Bölgesi toprakları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 26, Adana.
- FAO. 1990. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An international study. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa, Rome.
- Heuvelink, G.B.M., 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, 5-7 July, Lisbon, Portugal, 32-47.
- Jackson, M.L., 1958. Soil chemical analysis. Prentice Hall, Inc. Engewood Cliffs, New Jersey, USA.

- Jiang, Z., Huete, A. R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., Xiaoyu, Z., 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*. 101: 366-378.
- Johnston, K., Hoef, M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001. Using ArcGIS geostatistical analyst. ESRI, New York, USA.
- Kacar, B., Katkat, V., 2010. Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Kızılay, Ankara.
- Kantarıcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 462, Çantay Basımevi, İstanbul.
- Kravchenko, A.N., 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of American Journal*. 67: 1564-1571.
- Logsdon, S.D., Jaynes, D.B., 1996. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. *Soil Science Society of America Journal*. 60: 703-709.
- McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J., 2011. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. Nutrient management module No. 9. Montana State University Extension Service. Publication, 4449-9, 1-16.
- Mulla, D.J., Mc Bratney, A.B., 2000. Soil spatial variability. In: *Handbook of Soil Science*, Malcom, E. (ed), CRS Press, A-321-A-351.
- 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.
- Ordu, D., Aşık, B.B., 2021. Mısır tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/Bursa Örneği). *Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 35(1): 145-161.
- 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.
- Robert, P.C., Rust, R.H., Larson, W.E., 1995. Preface. In: *Proceedings of site-specific management for agricultural systems*. Minneapolis, Minnesota, Robert, P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E. (Eds.). American Society of Agronomy, Madison, WI
- Robertson, G.P., Freckman, D., 1995. The spatial distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. *Ecology*. 76: 1425-1432.
- Soba, M.R., Türkmen F., Taşkın M.B., Akça, O., Öztürk, H.S., 2015. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarını incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*. 4 (1): 7-17.
- Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S., Keçeci, M., 2018. "Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veritabanının oluşturulması". Proje Sonuç Raporu (TAGEM/TSKAD/11/A13/P03). Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü. Ankara.
- TEBGE. 2021. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Durum tahmin . Mısır. Yayın No: 347.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Wehara, G., 1985. Application of geostatistical to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*. 38: 65-91.
- Tuğay, M.E., 2012. Türk tarımında bitkisel üretimi artırma yolları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 5(1): 01-08.
- Turan, M.A., Katkat, A. V., Özsoy, G. ve Taban, S., 2010. Bursa ili alüvyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 24(1): 115-130.
- Unlu, K., Nielsen, D. R., Biggar, J.W., 1990. Statistical parameters characterizing the spatial variability of selected soil hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal*. 54: 1537-1547.
- Wilding, L.P., 1985. Spatial Variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *soil spatial variability*. Nielsen, D.R. and J. Bouma (eds), Pudoc, 166-194, Wageningen, The Netherlands.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.