

Orta Karadeniz Bölgesinde Tütün Ekim Alanlarının Karbon Depolama Potansiyeli ve Bitki Beslenme Durumlarının Mesafeye Bağlı Değişkenliği

Elif Günal^{1*}, Nurullah Acir², H. Günal³

¹ Bağımsız Araştırıcı, Tokat, Türkiye

² Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kırşehir, Türkiye

³ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, Türkiye

Araştırma Makalesi

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi : 9 Kasım 2020

Kabul Tarihi : 18 Aralık 2020

*Sorumlu yazar:

elifgunal@yahoo.com

ÖZ

Çoğunlukla eğimli arazilerin yer aldığı ormanlık alanlarda, alternatif bir geçim kaynağı olduğundan tütün yetiştiriciliği için önemli miktarda ormanlık alan tahrip edilerek tarım arazisine dönüştürülmüştür. Daimi bitki örtüsünün tahrip edilmesinin ardından,

toprağın işlenerek tarımsal üretimde kullanılması, uzun yıllar boyunca depolanan organik maddenin azalmasına, toprakların bozulmaya karşı dirençlerinin zayıflamasına ve erozyona hassas hale gelmesine yol açmıştır. Bu çalışma, Orta Karadeniz Bölgesinde, çoğunlukla potansiyel orman alanı olan, günümüzde ise buğday/ayçiçeği-tütün rotasyonunda kullanılan arazilerin toprakların temel özellikleri, karbon stoku ve bazı besin elementleri içeriklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin mesafeye bağlı değişkenliklerinin analizi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Toplam 73911,35 ha genişliğindeki çalışma alanında yer alan 324 tütün ekili arazinin yüzey toprağı (0-20 cm) örneklenmiştir. Temel toprak özellikleri, makro besin elementleri ve karbon depolama durumları belirlendikten sonra jeostatistiksel yöntemler ile mekansal dağılımlar modellenmiş ve haritalar üretilmiştir. Topraklarının reaksiyonu, orta asidik (4,89) ile hafif alkali (8,46) arasında değişmekte olup, tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Kireç içeriğı az (%0,72) ile çok (%46,18) arasında değişmektedir. Ortalama %8,94 olan kireç içeriğı, çalışma alanında değişkenliği en yüksek (VK=%106,9) toprak özelliğı olarak öne çıkmaktadır. Karbon stoku, 6,05 ile 113,42 Mg C ha⁻¹ toprak⁻¹ arasında olup, ortalama C stoku miktarı 27,98 Mg C ha⁻¹ toprak⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Çok yüksek değişkenliğe sahip olmasına rağmen toprakların fosfor konsantrasyonları tütün yetiştiriciliğı için yeterli düzeydedir. Çalışılan alanda en küçük oto korelasyona sahip özellik Cstok (193 m) ve en uzun değerin ise kireç (17,2 km) ve değişebilir Mg (18,71 km)'un olduğu görülmektedir. Olduęca geniş ve karmaşık arazilerde çalışılırken, çalışılan alanının toprak oluşum faktörleri bakımından daha homojen bölgelere ayrılmasının mekansal yapının tanımlanması ve alansal dağılımın oluşturulmasında kullanılan modellerin güvenilirliğini arttıracakğı düşünölmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbon stoku, alansal dağılım, fosfor, kireç, tütün, Bafra.

Spatial Variability of Carbon Storage Potential and Plant Nutrition Status of Tobacco Planting Areas in the Central Black Sea Region

ABSTRACT

Significant amount of forest areas, located on mostly sloping lands has been degraded and converted into agricultural land for tobacco cultivation being an alternative source of income. Cultivation of soils following the destruction of permanent vegetation and the use in agricultural production have led to decrease in sequestered organic matter in long-time, thus, the decrease in resistance of soils to degradation increased the vulnerability to erosion. This study was carried out to determine the basic properties, carbon stock and some nutrient content of soils, which are located mostly in potential forest lands and currently used in wheat/sunflower-tobacco rotation in the Central Black Sea

Bu makaleye atf:

Günal, E., Acir, N., Günal, H., 2020. Orta Karadeniz Bölgesinde Tütün Ekim alanlarının Karbon Depolama Potansiyeli ve Bitki Beslenme Durumlarının Mesafeye Bağlı Değişkenliği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 6(2): 68-81.



This work is licensed under CC BY-NC 4.0

Region, and to analyze spatial variability of these soil properties. Surface soils (0-20 cm) of 324 tobacco cultivated lands in total of 73911,35 ha land were sampled. Basic soil properties, macronutrients and carbon storage status of soil samples were determined, spatial distributions were modeled and maps were produced using geostatistical methods. Soil reaction ranged from moderately acidic (4, 89) to moderately alkaline (8,46), and no salinity problem encountered in the study area. Lime content ranged from low (0,72%) to an excessive (46,18%). Lime content with an average of 8,94% stands out as the soil property with the highest variability (CV=106,9%) in the study area. Carbon stock level was between 6,05 and 113,42 Mg C ha⁻¹ soil⁻¹, and the average C stock was calculated as 27,98 Mg C ha⁻¹ soil⁻¹. Despite being high variability, available phosphorus concentrations of soils was sufficient for tobacco cultivation. The shortest autocorrelation was obtained for Cstok (193 m) and the longest value was for lime (17,2 km) and exchangeable Mg (18,71 km). The results revealed that separation of a large and complex area into more homogeneous zones in terms of soil formation factors will increase the reliability of the models used in defining the spatial structure and creating the spatial distribution.

Key Words: Carbon stock, spatial distribution, phosphorus, lime, tobacco, Bafra.

1. Giriş

Genellikle ormanlık alanların ve ormanın bozulması ve ormansızlaşması yoluyla gerçekleşen arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimi, dünya yüzeyinin insan kaynaklı değişimini tanımlama amacı ile kullanılmaktadır (Ellis et al., 2010). Küresel iklim değişikliğine katkıda bulunan bu durum ekosistem hizmetlerinin sunumunu önemli düzeyde etkilemektedir. Doğal veya insan kaynaklı ortaya çıkan değişimler, doğada birbirleri ile ilişkili başka olayların durumunda değişikliğe neden olabilmektedir (MEA, 2005).

İnsanlar uzun zaman önce doğal bitki örtüsünü ortadan kaldırarak, bu arazilerde toprağı işlemeye ve bitkisel üretim yapmaya başlamışlardır. Tarihsel olarak 32,5 ile 35,7 milyon km² arasında orman, otlak ve bozkır alandaki doğal bitki örtüsü ortadan kaldırılarak işlemeli tarımın yapıldığı arazilere dönüştürülmüştür (DeFries et al., 1999). Sürdürülebilir olmayan tarımsal uygulamaların kullanımı toprağın organik maddesinin azalmasına (Budak ve ark., 2018a), toprak yapısının bozulmasına (Çelik et al., 2020), sıkışmanın (Korucu et al., 2009) ve erozyonun artmasına (Keesstra et al., 2016) yol açarak toprak verimliliğinin azalmasına neden olmuştur (Khaledian et al., 2017). Toprağın doğal düzenin bozulması ile birlikte gübreleme, sulama, kireçleme ve mekanizasyon gibi işlemler ile üretimin yoğunlaşması, topraktaki karbon (C) dinamiğinin değişmesine ve karasal ekosistemlerde depolanmış olan C'nun önemli oranda kaybına neden olmuştur (Lorenz and Lal, 2018). Küresel olarak ekili arazilerin miktarı 1850'den 2015'e geçen sürede %110 oranında ciddi bir artış göstermiştir. Bitkisel üretimin yapıldığı arazilerde tarımsal faaliyetler nedeni ile gerçekleşen toplam küresel salınımların 1850-2015 dönemi için 98400 Mt C olduğu tahmin edilmektedir (Houghton and Nassikas, 2017).

Toprak organik karbonu stoklarındaki değişiklikler, çoğunlukla ölü bitki materyali veya hayvan gübresi biçimindeki karbon girişleri ile

ayrışma, yıkanma ve erozyon şeklindeki çıkışlar arasındaki dengesizliğin bir sonucudur (Poepflau and Dan, 2015). Toprakta organik karbon zenginleşmesi terimi, karbon dioksitin (CO₂) atmosferden toprağı bitki kalıntıları veya diğer organik maddeler yoluyla aktarılması ve uzun bir süre toprak organik karbonunun bir parçası olarak tutulması veya depolanması ve böylelikle atmosfere geri yayılmaması sürecini ifade etmektedir (Olson et al., 2014). İklim, jeoloji, arazi ve ürün yönetimi uygulamaları, tarım arazilerindeki toprak C stokunun büyüklüğünü kontrol etmektedir. Ilıman bölgelerde arazilerin tarım arazilerine dönüştürülmesi, toprağın ilk 27 cm derinliğinde depolanmış olan C'unun % 36'sının tropik bölgelerde ise %30'unun atmosfere salınmasına neden olmuştur (Lorenz and Lal, 2018). Atmosferik karbonu toprakta depolanması ile gerçekleşen karbon zenginleşmesi, toprağın verimliliğinin artmasına ve küresel ısınmanın azaltılmasına önemli katkı yapmaktadır (Ratnayake et al., 2017).

Toprak erozyonu nedeniyle de tarım arazilerinde net C kayıpları meydana gelebilmektedir. Su ve rüzgâr ile gerçekleşen hızlandırılmış erozyon, hafif bir fraksiyon (parçacık yoğunluğu <1 Mg m⁻³) olduğu ve toprak yüzeyinin yakınında yoğunlaştığı için toprak organik karbonunun tercihli olarak taşınmasına neden olmaktadır (Lal, 2018). Yapılan araştırmalar, tarım arazilerinden erozyon ile birlikte önemli miktarda toprak organik karbonunun kaybolduğunu göstermiştir. Erozyon nedeni ile taşınan sediment ile birlikte, arazilerden 4000 ile 6000 Mt arasında kadar karbon taşındığı ve arazi içerisinde yer değiştirdiği ve bir kısmının ise atmosfere geri yayıldığı bildirilmektedir (Lal, 2003).

Toprak verimliliğinin en önemli göstergeleri arasında olan pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, yarıyışlı fosfor ve potasyum içerikleri, özellikle tarımsal alanlarda, bitkisel üretimde etkisiyle mekânsal ve zamansal olarak oldukça büyük değişkenlik göstermektedir (Bogunovic et al., 2017). Topraktaki besin maddelerinin mesafeye bağlı değişkenliği ana materyalin özellikleri,

topografya, iklim, bitki örtüsü, zaman ve insan faaliyetleri ile farklılaşmaktadır (Keestra et al., 2016). Toprak özelliklerinin dağılımının iyi anlaşılması, tarım arazilerinde toprak yönetiminin daha doğru planlanmasına katkıda bulunmak adına önemlidir (Brevik et al., 2003). Geoistatistiksel yöntemler tarımsal alanlarda toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmakta (De Paz et al., 2015) ve arazi kullanımının daha doğru yönetilmesine katkıda bulunmaktadır (Budak et al., 2018b). Bozulmuş alanların restorasyona temel oluşturacak olan haritalar mevcut kaynakların uygun bir şekilde değerlendirilmesine katkı sunacağından, üretilen haritaların da mümkün olduğunca doğru olmaları gerekmektedir (Brevik et al., 2015).

Geoistatistik, tarımsal ekosistemlerdeki toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Rosemary et al., 2017; Vasu et al., 2017; Behera et al., 2018; Sürücü et al., 2019). Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin yorumlanması esas olarak semivariogram analizi ve kriging enterpolasyonu kullanılarak gerçekleştirilir. Sıradan (ordinary) kriging, toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını tahmin etmek için kullanılan en popüler enterpolasyon yöntemlerinden biridir (Vasu et al., 2017; Sürücü et al., 2019), ancak bu yöntem diğer çevresel faktörlerle ilişkili toprak değişkenlerinin mekânsal yapılarını ve arazideki desenleri görmezden gelir (Ferreiro et al., 2016).

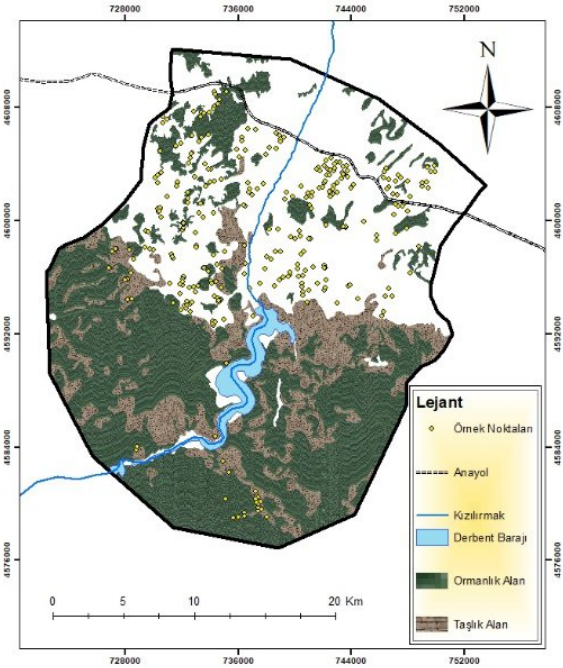
Tütün bitkisi, çoğunlukla hafif ve orta tekstüre sahip, organik madde içeriği düşük ancak yarıyıllı potasyum, fosfor ve demir bakımından zengin olan toprakları tercih eden subtropik bir kültür bitkisidir. Kil içeriği yüksek olan topraklarda yüksek su tutma kapasitesinden dolayı olgunlaşma döneminde daha koyu kahverengi veya kırmızı renkli tütünler üretilebilirken kum içeriği yüksek olan topraklarda ise sarı veya parlak renkli tütünlerin yetiştirilmesi mümkün olabilmektedir (Anonim, 2020a). Farklı kültür bitkilerinin ekili olduğu tarım arazileri, meyve ağaçlarının bulunduğu bahçeleri, ormanlık örtüsünün bulunduğu ormanlık alanları ve daha birçok spesifik arazi çeşidinde yer alan toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin mekânsal dağılımını konu eden çok sayıda araştırma yapılmış ve yayınlanmıştır. Ancak, tütün ekili arazilerin yoğun olduğu bir bölgede, toprakların genel özelliklerinin belirlendiği ve bu özelliklerin mekânsal dağılımlarının araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, ülkemizde tütün yetiştiriciliğinin en yoğun yapıldığı bölgelerden biri olan Samsun-Bafra'da yer alan tütün ekili arazilerin toprak özellikleri belirlenmiş ve alansal dağılımları modellenerek haritalandırılmıştır.

Toprakların temel özellikleri ile alansal dağılımlarının belirlenmesi, tütün tarımında bölgeye özgü sürdürülebilir toprak kalitesi değerlendirmelerinin yapılması ve tütün tarımında uygun amenajman kararlarının alınması için önemlidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Arazi çalışmaları, Samsun ili Bafra ilçesinde tütün yetiştiriciliği yapılan 73 köy yerleşim yerini kapsamaktadır. Örnekleme alanının toplamı 73911,35 ha olup, bu alanın 29703,75 ha'lık kısmı orman arazisi ve 11693,97 ha'lık kısmı ise kayalık ve taşlık tarım dışı arazidir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktalarının konumu

Tipik Karadeniz iklimine sahip olan Bafra ilçesinde, yazları serin, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 700 mm civarında olan ilçede en fazla yağış Kasım ayında, en az yağış ise Mayıs ayında düşmektedir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme

Tamamı tütün ekili araziler olmak üzere 324 noktadan 0-20 cm derinliğinde bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Tütün yetiştiriciliği yapılan araziler, çalışma alanı içerisinde rasgele dağılım gösterdiğinden toprak örnekleme de bu düzende alınmıştır. Toprak örnekleri etiketlenmiş plastik

poşetlerde laboratuvara taşınmış, oda sıcaklığında kurutulmuş ve içerisindeki kök ve taşlar temizlendikten sonra tahta tokmaklar ile parçalanmış ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı içerisinde çoğunlukla ormanlık alanlarda yer alan tütün ekili alanlardan bir görüntü

2.2.2. Toprak Analizleri

Toprakların fiziksel ve kimyasal analizlerinde kullanılan yöntemler ve kullanılan kaynaklar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Toprak örneklerinin analizlerinde kullanılan yöntemler ve kaynaklar

Özellik	Yöntem ve Literatür
Tekstür	Hidrometre Yöntemi; Gee and Boudier (1986)
Kireç (CaCO ₃)	Kalsimetre Yöntemi; Kacar, (2009)
Organik Madde	Değiştirilmiş Walkey-Black Yöntemi; Nelson and Sommers, (1982)
pH ve Elektriksel İletkenlik	1:2.5 toprak/su ekstraktında; Rhoades et al. (1989)
Bitkiye yararlı fosfor	Sodyum Bikarbonat Yöntemi; Olsen et al. (1954)
Değişebilir potasyum, sodyum, kalsiyum ve magnezyum	Nötr 1 Normal Amonyum Asetat ekstraktında Fleymfotometrik Yöntem; Jackson, (1958)
Hacim Ağırlığı	Saxton et al. (1986) tarafından geliştirilen model kullanılarak tahmin edilmiştir.

Organik karbon stoku hesaplaması Mishra et al. (2010) tarafından kullanılan ve toprağın organik karbon içeriği ve hacim ağırlığı esaslarına dayanan yöntemle tahmin edilmiştir.

$$Cs = (Cm \times Db) \times D \times A \quad (1)$$

Burada Cs:toprağın organik karbon stoku (kg m⁻²), Cm:organik karbon miktarı (kg kg⁻¹), Db:hacim ağırlığı (g cm⁻³), D: toprağın derinliği ve A:örnekleme alanını (ha:10⁴ m²) belirtmektedir.

2.2.3. Alansal Dağılımın Modellenmesi ve Haritalama

Çalışma alanı toprak özelliklerine ait en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı şeklindeki tanımlayıcı parametreler SPSS programı (SPSS 21) ile hesaplanmıştır. Toprak özelliklerinin mekansal yapısını (mekânsal oto korelasyon) yapısını belirlemek için semivariogramlar oluşturulmuştur. Normal bir dağılıma yaklaşmak ve varyansları stabilize etmek için gerekirse normal dağılım göstermeyen özellikler için log dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Daha sonra eşitlik 1'de gösterilen denklem kullanılarak her bir özellik için deneysel semivariogramlar oluşturulmuştur. Anizotropik semivariogramlar yöne bağlı mekansal bağımlılıkta herhangi bir farklılık göstermediğinden izotropik semivariogramlar kullanılmıştır. Deneysel semivariogramların modellenmesinde GS⁺ (sürüm 7) yazılımı kullanılmıştır (Gamma Design Software 2004).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} + \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2 \quad (\text{Eşitlik. 1})$$

Eşitlikte; h , x_i ve x_i+h noktaları arasındaki ayrılma mesafesi, $N(h)$ h mesafesi ile birbirlerinden ayrılan çiftlerin sayısı; $z(x_i)$, x noktasında ölçülen veri; $z(x_i + h)$, $x+h$ mesafesi ile ayrılmış bir lokasyondaki veriyi tanımlamaktadır.

Farklı lag (noktalar arası mesafe) uzunlukları denenecek deneysel semivariogramlardan model semivariogramları oluşturulmuştur. Toprak özelliklerinin her biri için en iyi modelin belirlenmesinde, semivariogram modelinin r^2 ve RSS (Artık Kareler Toplamı) değerleri incelenmiştir. Modele ait r^2 değeri 1.0'e yakın ve RSS değeri sıfıra yakın olan modeller en iyi uygun model olarak seçilmiştir (Yang et al., 2019).

Model semivariogramını kullanarak, kriging enterpolasyonu için giriş parametrelerinin yanı sıra mekansal yapı hakkında bilgi sağlayan nugget (külçe) (C_0), sill (eşik) ($C + C_0$) ve aralık (A) gibi temel mekansal parametreler hesaplanmıştır. Nugget, sıfır mesafedeki varyanstır, sill, bir değişken için bir değer komşu değerleri etkilemediği ölçümler arasındaki gecikme mesafesidir ve aralık, bir değişkenin değerlerinin mekansal olarak diğerinden bağımsız hale geldiği mesafedir (Lopez-Granadoz et al., 2002)

Semi varyogram modelleri ve çapraz doğrulama tekniği ile elde edilen en uygun modeller her bir değişkenin mekansal dağılım haritalarını elde etmek

için kullanılmıştır. Toprak özelliklerinin kriging haritaları, ArcGIS 10.2.1'in jeostatistiksel uzantısı kullanılarak oluşturulmuştur (ESRI, 2014).

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Tarih boyunca, ormanlar temizlenerek tarımsal üretim amacı ile işlenmiş ve Amerika, Afrika ve Eski Sovyetler Birliği'nde ise önemli miktarda doğal mera alanı işlenerek üretimin yapıldığı tarım arazisine dönüştürülmüştür (Ramankutty et al., 2008). Özellikle tropik bölgelerde yer alan tarım arazilerinin yaklaşık %80'inin daha önce orman olan alanları işgal ettiği rapor edilmektedir (Gibbs et al. 2010). Çalışma alanında tütün yetiştiriciliği yapılan arazilerin büyük bir kısmı da, uzun yıllar önce orman olan eğimin yüksek olduğu, orman içi arazilerde yer almaktadır (Şekil 2 ve 3). Her ne kadar tapu da tarım arazisi görünse de bulunduğu konum itibari ile orman arazisi olması gereken arazilerde toprak işleme ile yapılan buğday-tütün rotasyonu arazilerin büyük bir kısmını erozyona karşı oldukça hassas hale getirmiştir. Eğime dik yapılan toprak işleme nedeni ile birçok arazide yüzey toprağının önemli miktarının taşındığı, çevre arazilere kıyasla daha açık renkli yüzey altı katmanının yüzey toprağı haline geldiği ve kaya parçalarının yüzeyde taşlılık oluşturduğu görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Orman içi tütün ekili araziler ve erozyonla yüzeye çıkan taşlar

3.1. Genel Toprak Özellikleri

Çeşitli ana materyallerin farklı fizyografik ünitelerin yer aldığı çoğunlukla eğimli yüzeylerde ayrışması ile oluşmuş toprakların yer aldığı tütün ekili arazilerden alınan toprak örneklerinin bir kısım fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tütün ekili araziler oldukça geniş bir alana yayıldığından dolayı, belirlenen toprak özelliklerinden hacim ağırlığı ve pH haricindekilerin tamamı, çalışma alanı içerisinde orta ve çok yüksek değişkenlik göstermiştir. Belirlenen özelliklerin çalışma alanı içerisindeki değişkenliğinin boyutunu ifade etmede Wilding (1985) tarafından varyasyon katsayısı (VK) değerlerine göre belirtilen sınıflama yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflamaya göre; bir özelliğe ait VK değeri %15'ten küçük olduğunda az değişken, $\geq\%15$ ile $\leq\%35$ arasında ise orta değişken ve $\geq\%35$ olduğunda ise çok değişken olarak değerlendirilmektedir. Toprağın sahip olduğu fonksiyonların birçoğunun gerçekleşmesine önemli düzeyde etki yapan, parçacık büyüklük dağılımı bileşenlerinden kum, çalışma alanı içerisinde çok değişken (VK=43,8%), kil (VK=20,2%) ve silt (VK=25,8%) ise orta düzeyde değişkenlik göstermektedir. Tütün yetiştirilen arazilerin hemen hemen tamamı yüksek miktarda kil içeriğine sahiptir. Köy arazilerinin kil içeriği %8,6 ile 78,6 arasında değişmekte ve ortalama kil içeriği tüm alanda %52,5'dir. Araştırma alanı topraklarının kum içeriği ise %1,4 ile 61,4 arasında değişmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışma alanı topraklarının bir kısım fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

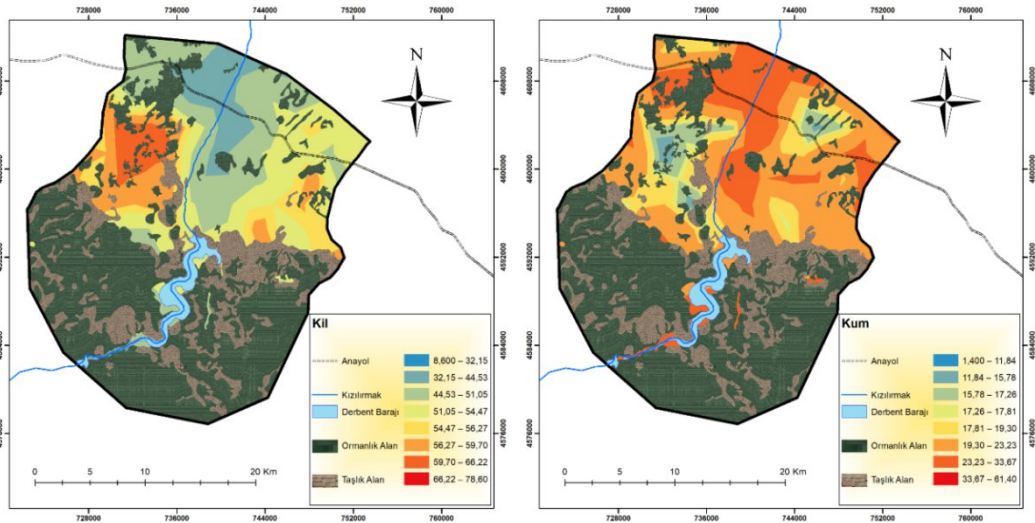
N=324	Birim	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	VK	Yatıklık	Basıklık
Kil		8,6	78,6	52,5	10,57	20,2	-0,51	0,92
Kum	%	1,4	61,4	21,0	9,18	43,8	1,16	2,84
Silt		12,5	85,0	26,6	6,86	25,8	2,12	15,33
pH		4,89	8,46	7,48	0,56	7,5	-2,09	4,72
EC	dS m ⁻¹	0,24	2,07	0,89	0,32	36,4	0,68	0,49
Organik C	%	2,36	43,03	11,32	4,61	40,7	1,82	7,76
Kireç		0,72	46,18	8,94	9,56	106,9	1,53	1,75
C Depolama	Mg C ha ⁻¹ toprak ⁻¹	6,05	113,42	27,98	11,87	42,4	2,16	10,29

Yüksek kil içeriğine sahip olan bu topraklarda, uygun olmayan nem içeriğinde toprak işleme başta olmak üzere yapılacak tarla içi uygulamalar yüzey ve yüzey altında sıkışmaya neden olabilir. Tütün

tarımı yapılan arazilerin önemli bir bölümünde sulama yapılmadığı göz önüne alındığında, yağış ile birlikte toprak yüzeyine gelen suyun toprak içerisinde muhafazasının ne denli önemli olduğu

kolaylıkla anlaşılacaktır. Kil içeriği yüksek olan bu topraklar, daha yüksek su ve besin elementi tutma kapasitesine sahip olmalarına rağmen, arazinin hazırlanması dönemlerinde uygun nem içeriğinin olması önemlidir. Aksi takdirde oluşacak taban taşı, bitki köklerinin derinlere gitmesine engel olacağı gibi, sulama imkânı bulunmayan arazilerde yağışlı dönemde gelen suyun toprak profilinde depolanması mümkün olmayacak ve yüzey akışa neden olarak toprağın taşınmasına yol açacaktır. Çoğunlukla eğimin yüksek olduğu arazilerde yapılan tütün yetiştiriciliği, bu arazilerin özellikle su erozyonuna karşı da hassas olmalarına yol açmaktadır. Araştırma alanı içerisinde de yüksek kil içeriğine sahip topraklar çoğunlukla eğimli arazilerde toplanmıştır.

Kil içeriği yüksek alanlar Şekil 4’de görülmektedir. Bu olumsuzlukların olduğu koşullarda ise tütünde arzu edilen verimin alınması mümkün olmayacaktır. Bunlara rağmen, kil içeriği yüksek olan topraklar, yüksek katyon değiştirme kapasitesi ile rezerv besin elementlerini depolama ve suyu tutabilme yeteneklerinden dolayı verimlilik fonksiyonları yüksektir. Çalışma alanı içerisinde kum içeriğinin yüksek olduğu arazilerin ise çoğunlukla Bafra ovasında Kızılırmak nehrinin etrafında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4). Çalışma alanı içerisinde %1,4 ile %61,4 arasında değişen ve ortalama %21 olan kum içeriği yüksek topraklar ise, Kızılırmak nehrinin düzlüğe indiği arazilerde nehir boyunca uzanmaktadır (Çizelge 2 ve Şekil 4).

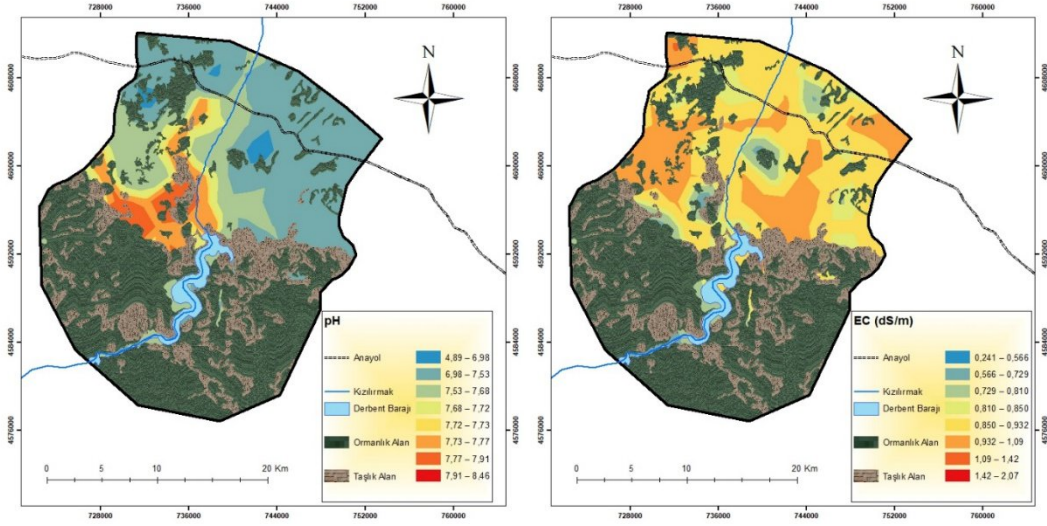


Şekil 4. Çalışma alanında toprakların toplam kil ve kum içeriklerinin dağılımı

Toprakta besin elementlerinin yayırlılığı üzerine önemli düzeyde etki yapan, toprak reaksiyonu (pH) değerleri 4,89 (orta asidik) ile 8,46 (orta alkali) arasında değişmekte, olup ortalama toprak pH’sı 7,48 (hafif alkali)’dir (Çizelge 2). Toprakta bulunan birçok besin elementinin yayırlılığının en üst seviyede olduğu pH aralığının 6,5 ile 7,0 arasında olduğu rapor edilmesine rağmen, birçok bitki için önerilen optimum pH aralığı 5,5-7,5 arasındadır. Bununla birlikte, birçok bitki bu pH aralığının dışına da kendilerini adapte etmiş ve başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir (Anonim, 2020b). Bu değerlerin altında ve üstünde besin elementlerinin yayırlılığı çeşitli etkileşimlerden dolayı azalmaktadır. Toprakta yeterince besin elementi bulunmasına rağmen, bitkiler bu besin elementlerinden yeterince faydalanamamaktadır. Orta (4,5-5,5) asit pH değerlerinin olduğu arazilerde, özellikle fosfor yayırlılığı yüksek alüminyum konsantrasyonundan dolayı sınırlandırılabilir ve bu arazilerde alüminyum toksikliği bitkisel üretimde

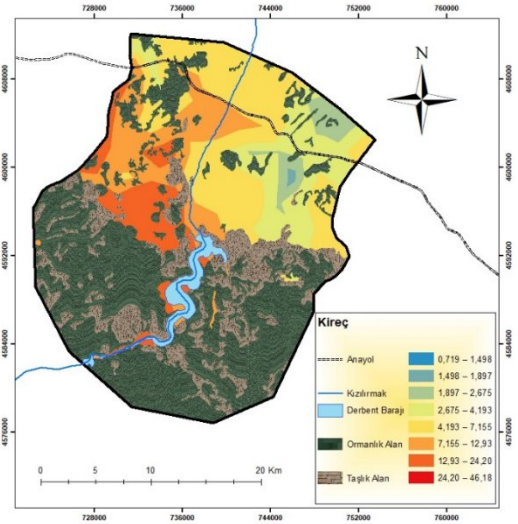
sorun yaratabilir (Weil and Brady, 2017). Düşük toprak pH’sı nedeni ile sorun yaşanabilecek arazilerin, iki ayrı lokasyonda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 5). Bu alanlarda yapılacak kireçleme ile toprak pH’sının besin elementlerinin bitkiler tarafından daha yayırlı olabileceği bir pH aralığına yükseltilmesi mümkün görülmektedir.

Çalışma alanında yer alan tütün ekili arazilerde elektriksel iletkenlik değerleri 0,24 ile 2,07 dS m⁻¹ arasında değişmekte ve ortalama EC değeri 0,89 dS m⁻¹’dir. Bu değerler, tütün yetiştiriciliği yapılan arazilerin tamamında tuzluluk ile ilgili bir sorunun olmadığını göstermektedir (Çizelge 2). Bununla birlikte, yüzey toprağında EC değerinin 2,0 dS m⁻¹ civarında olması, toprak profilinde tuz hareketi olduğunun bir göstergesi olarak algılanmalıdır. Bununla birlikte, EC değerlerinin alansal dağılım haritasında da açık bir şekilde EC değerinin yüksek olduğu arazinin çok küçük bir alan kapladığı görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanında toprakların pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin dağılımı

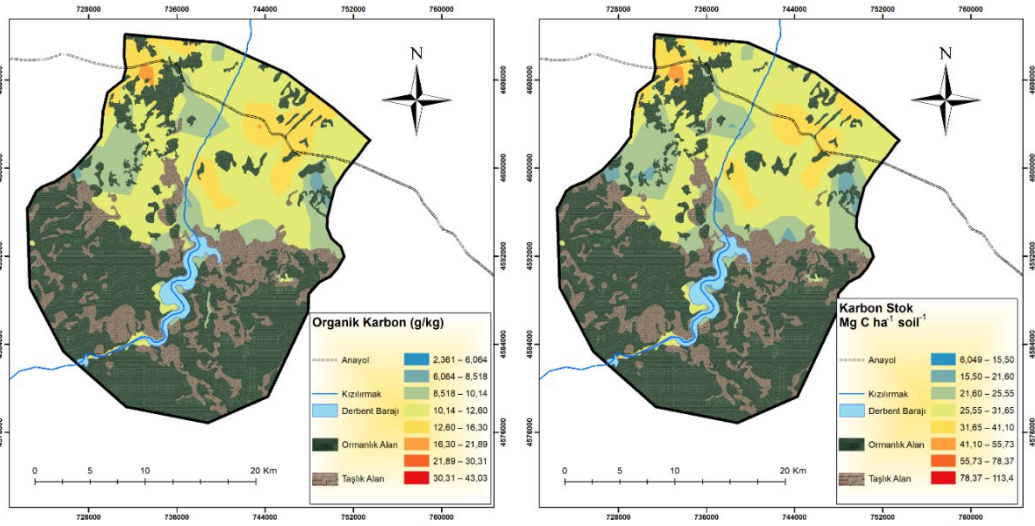
Çoğunlukla ana materyalden kaynaklanan kireç içeriği bakımından örneklenen arazileri oldukça yüksek düzeyde bir varyasyona sahiptir. Çalışma alanı içerisinde %0,72 (az kireçli) ile 46,18 (çok kireçli) arasında değişen ve ortalama %8,94 olan kireç içeriği, çalışılan toprak özellikleri içerisinde değişkenliği en yüksek (VK= %106,9) olan toprak özelliği olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 2). Toprakta bulunan kireç, başta fosfor olmak üzere bir kısım besin elementlerinin yararıslılıklarını olumsuz etkileme potansiyeline sahiptir. Çalışma alanının güney batısında ormanlık arazinin bittiği bölgede yer alan topraklar en yüksek kireç içeriğine sahip iken çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan arazilerin çok daha düşük kireç içeriğine sahip oldukları görülmektedir (Şekil 6). Bu kapsamda, araştırma alanı içerisinde, yüksek kireç içeriği nedeni ile besin elementlerinin alınımının etkileneneği araziler olduğu gibi, bunun tam aksine %0,72 gibi çok düşük kireç içeren bir kısım arazilerde kireçleme yapılması verim artışı sağlayabilir.



Şekil 6. Çalışma alanında toprakların kireç içeriklerinin dağılımı

3.2. Toprak Organik Karbonu ve Karbon Stoku

Toprak organik karbonu (SOC) toprağın katı kısmının önemli bir bileşenidir ve çeşitli ayrışma aşamalarındaki bitki ve hayvan dokuları ile mikrobiyal biokütleden oluşmaktadır. Toprak derinliği, kil içeriği ve mineralojisi, yararıslı su tutma kapasitesi, besin elementi miktarı, arazideki pozisyonuna ve var olan toprak OC stokuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilen toprak organik karbon içeriği (Lal, 2018), %2,36 ile 43,03 arasında değişmekte olup (Çizelge 2; Şekil 7), çalışma alanındaki ortalama değeri (%11,32) Türkiye ortalamasının oldukça üzerindedir. Tütün yetiştiriciliği yapılan arazilerin, oldukça farklı özelliklere sahip olmasını yanında, üreticilerin arazi içi uygulamalarının farklılıkları da OC miktarının oldukça yüksek değişkenlik göstermesine neden olmuştur.



Şekil 7. Çalışma alanında toprakların organik karbon içeriği dağılımı ve karbon stok durumu

Arazi kullanım yönetimi, toprakta karbon depolamasını ve küresel karbon döngüsünü etkileyen en kritik faktörlerden biridir (Kucuker et al., 2015). Bir tarımsal üretim yönteminde toprağa katılan C girdiler ve topraktan olan kayıplar arasındaki net denge, belirtilen yönetim şekli altında toprağın C'ü depolayabilme kapasitesini tanımlamada kullanılmaktadır (Lorenz and Lal, 2018). Samsun ili Bafra ilçesinde tütün yetiştiriciliği yapılan 324 farklı araziden alınan toprak örnekleri sonuçları, tütün ekili arazilerde C stoku değerinin 6,05 ile 113,42 Mg C ha⁻¹ toprak⁻¹ arasında değiştiğini ve arazilerin ortalama C stoku miktarının 27,98 Mg C ha⁻¹ toprak⁻¹ olduğunu göstermiştir (Çizelge 2). Çalışma alanı topraklarının C depolama durumunu gösteren haritadan da görüleceği gibi, alanın doğu ve batı sınırlarında, ormanlık arazilerin aralarında kalan tütün ekili arazilerin C stoku değerlerinin diğer arazilere kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 7). Orman örtüsü altında uzun yıllar depolanmış olan organik karbonun, arazilerin tarımsal üretime açılması ile birlikte atmosfere salınması, organik C stokunun bu denli düşük olmasına yol açmıştır. Çalışma alanı topraklarının farklı ana materyaller üzerinde gelişmiş olmasının yanında, arazi kullanım geçmişlerinin farklılığı, üreticilerin tarla içi uygulamalarındaki farklılıklar, C stoku değerlerinin bu kadar geniş bir aralıkta değişmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanına ait haritalarda da görüldüğü gibi, tütün ve diğer kültür bitkileri üretiminin yoğunluğu ormandan açılma tarım arazilerinde gerçekleştirilmektedir. Başta tarımsal amaçlı olmak üzere dünya ormanlarının yok edilmesinin, yoğunlukla toprak organik maddesinin hızlandırılmış bir şekilde ayrışmasına neden olan tarımsal üretimden kaynaklanan 2 x 10¹⁵ g yıl⁻¹'a kadar karbon saldığı tahmin edilmektedir (Han et al., 2009).

3.3. Tütün Yetiştiriciliği Yapılan Alanların Beslenme Durumu

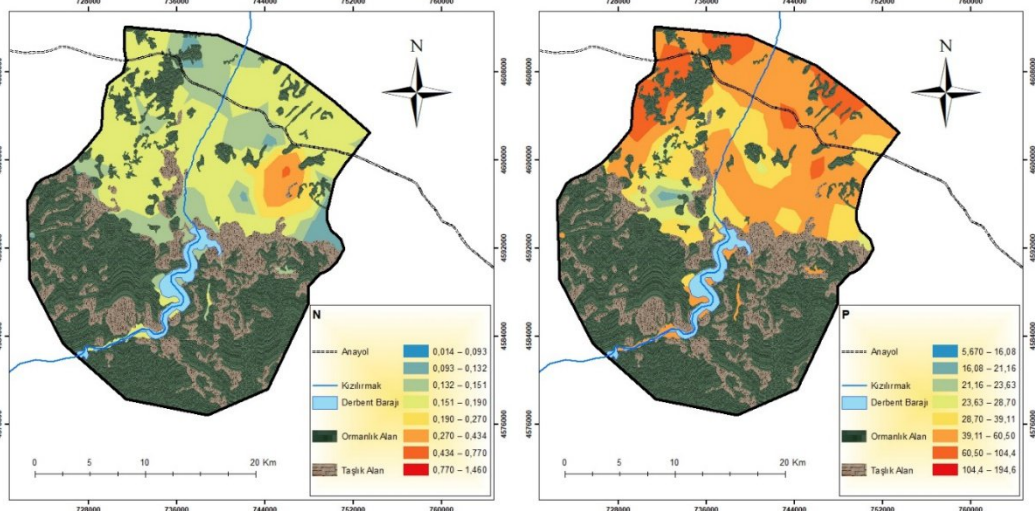
Azot bitki gelişimi için mutlak gerekli olan ve bitkiler tarafından çok yüksek miktarda tüketilen besin elementlerinin başında gelmektedir. Topraklarının toplam azot konsantrasyonu %0,1 ile 1,46 arasında değişmekte olup ortalama toplam azot konsantrasyonunun %0,16 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Toplam azot, organik ve inorganik azot formlarından oluşmaktadır. FAO (1990) tarafından toplam azot için yapılan değerlendirmelerde bu değere sahip topraklar, azot konsantrasyonu yeterli olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak çalışma alanının kuzey batı sınırına yer yer toplam azot konsantrasyonunun yetersiz olduğu alanların olduğu da görülmektedir (Şekil 8).

Çizelge 3. Çalışma alanı topraklarının makro ve mikro besin elementlerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=324	Birim	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	VK	Yatıklık	Basıklık
N	%	0,01	1,46	0,16	0,09	54,79	10,37	151,39
P		5,67	194,62	43,64	33,13	75,92	1,64	2,86
K		46,15	1653,07	287,65	222,13	77,22	2,53	8,52
Mg	mg kg ⁻¹	61,33	1444,51	433,79	228,77	52,74	0,77	0,42
Ca		1150,66	7742,27	4807,13	1550,81	32,26	-0,41	-0,83
Na		8,80	415,48	53,90	57,60	106,86	3,40	13,11

Çalışma alanında fosfor konsantrasyonu 5,67 (az) ile 194,62 mg kg⁻¹ (çok fazla) arasında değişmektedir (Çizelge 3 ve Şekil 8). Toprak örnekleme yapılan arazilerin nerede ise tamamında fosfor konsantrasyonu tütün üretiminde noksanlık oluşturacak boyutlarda değildir. Toprak örnekleme sırasında üreticiler ile yapılan görüşmelerde, üreticilerin tamamının dikimle birlikte hektara yaklaşık 250 ile 350 kg di amonyum

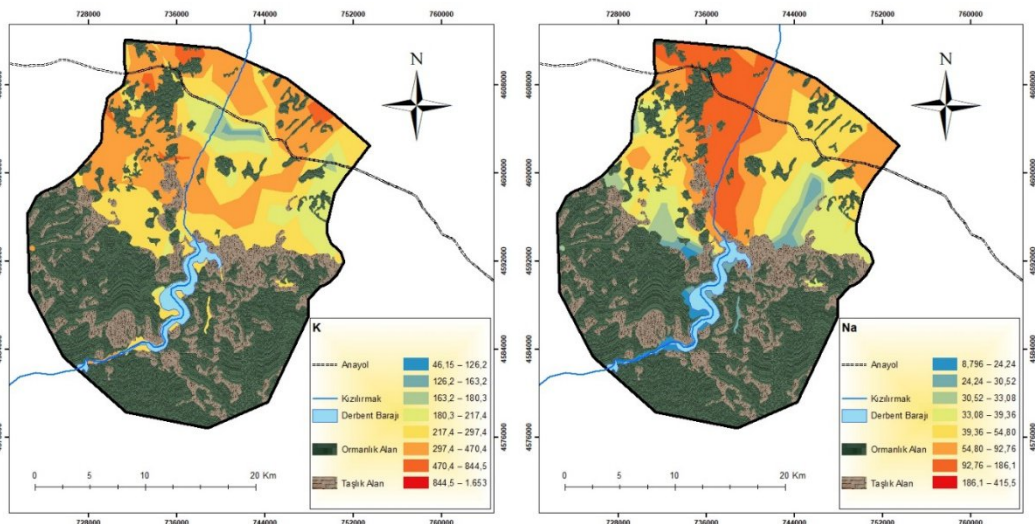
fosfat (DAP- 18N, 46P₂O₅- 0K₂O) gübresi uyguladıkları belirlenmiştir. Toprak örnekleme, vejetasyon dönemi içerisinde yapıldığından, bitkinin dikimi ile birlikte verilen fosforun da etkisi ile örneklenen noktalarının tamamında yarayışlı fosfor konsantrasyonunun yeterli düzeyde çıktığı düşünülmektedir.



Şekil 8. Çalışma alanında toprakların toplam azot (N) ve yarayışlı fosfor (P) konsantrasyonlarının dağılımı

Tütün bitkisinin en fazla tükettiği besin elementlerinden bir tanesi potasyumdur. Örneklenen tütün arazilerinin topraklarının potasyum konsantrasyonu 46,15 ile 1653,07 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 3; Şekil 9). Özellikle kum içeriği yüksek topraklarda yıkanma potansiyelinden dolayı noksanlık görülen potasyum elementi, örnekleme sahalarının yüksek kil içeriğinden dolayı oldukça yüksek konsantrasyonlardadır. FAO (1990)

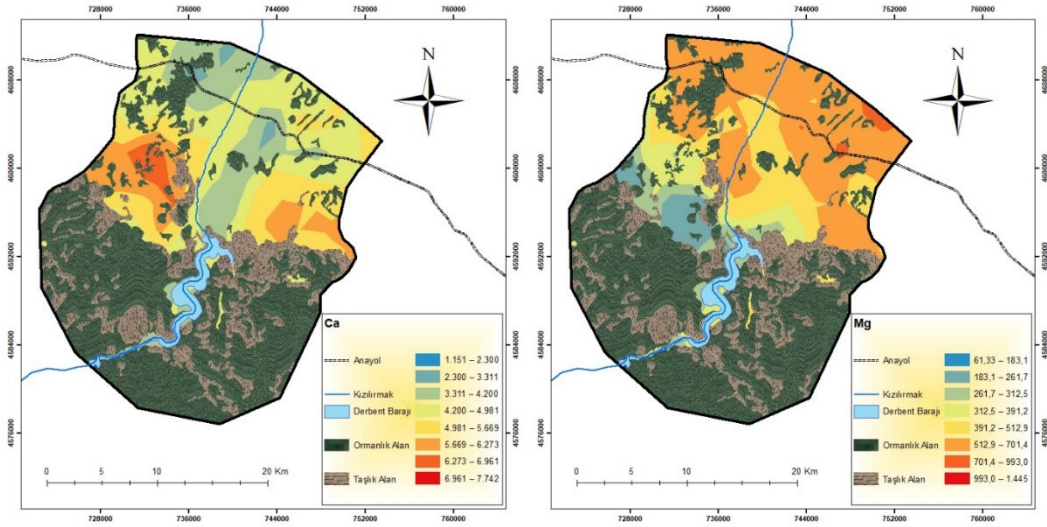
tarafından yapılan değerlendirmede 110 mg kg⁻¹ ve üzeri potasyum konsantrasyonunun bitkiler için yeterli olacağı belirtilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, noksanlık sınırına yakın birkaç örnekleme noktasının haricinde tütün yetiştiriciliği yapılırken potasyumlu gübre kullanımına gerek bulunmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 9. Çalışma alanında toprakların potasyum (K) ve sodyum (Na) konsantrasyonlarının dağılımı

Çalışma alanı içerisinde örneklenen toprakların kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları sırası ile 1150,66-7742,27 mg kg⁻¹ ve 61,33-1444,51 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama konsantrasyonlar 4807,13 ve 433,79 mg kg⁻¹ şeklindedir (Çizelge 3). Örnekleme yapılan arazilerin tamamında FAO (1990) değerlendirmesine göre toprakların kalsiyum konsantrasyonları bitki gelişimi için yeterlidir. Ortalama magnezyum konsantrasyonu da FAO

(1990) değerlendirmesine göre yeterli (>160 mg kg⁻¹) görülmekle birlikte, birkaç noktada bitkilerin magnezyum beslenmesine yetecek rezervlerinin olmadığı (<160 mg kg⁻¹) anlaşılmaktadır. Derbent Barajının kuzey batısında yer alan arazilerde, mümkün olduğunda magnezyum takviyesinin yapılması, bitkilerin daha sağlıklı gelişimlerini destekleyeceği düşünülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Çalışma alanında toprakların kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonlarının dağılımı

3.4. Mesafeye Bağlı Değişkenliğin Modellenmesi ve Alansal Dağılımlar

Çalışılan her bir özelliğin mekânsal yapısının tanımlanmasına en uygun olan modellerden elde edilen semivariogramlara ait parametreler Çizelge 4'de verilmiştir. Toprak özelliklerinin değişkenliklerinin tanımlanmasında üstel (exponential) ve küresel (spherical) modellerin en iyi tahmin yapan modeller olduğu anlaşılmıştır. Aynı çalışma alanında toprak özelliklerine ait en uygun modellerin farklılığı toprak özelliklerinin mekânsal yapılarının karmaşıklığını ve değişkenliğini yansıtmaktadır (Tang et al., 2017). Bu modeller, toprak özelliklerinin mekânsal dağılımları ile ilgili yapılan çalışmada en yaygın kullanılan modeller

olarak öne çıkmaktadır (Reza et al., 2016; Budak et al., 2018b; Gürel ve Erşahin, 2020). Bulgularımız, toprak özelliklerinin mekânsal bağımlılıklarında önemli farklılıkların olduğunu göstermiştir. Parçacık büyüklük dağılımı bileşenlerinden kile ait range değeri 8700 m iken, kum içeriğinin range değerinin 579 m olması kil içeriğine kıyasla çok daha kısa aralıklarla anlamlı değişim gösterdiğine işaret etmektedir. Çalışılan alanda en küçük oto korelasyon (range) değerleri organik karbon (198 m), Cstok (193 m) ve azot için (207 m) için elde edilirken en uzun range değerlerinin kireç (17.2 km), değişebilir Ca (11.41 km) ve Mg (18,71 km) olduğu görülmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toprak özelliklerinin mekânsal yapısının incelenmesinde elde edilen modeller ve model parametreleri

Özellik	Model	Nugget	Sill	Range (m)	Mekânsal Bağımlılık %	RSS	r ²	Dönüşüm
Kil	Küresel	58,1	116,3	8700	50,0	895	0,897	-
Kum	Üstel	0,1	61,54	579	0,16	28,9	0,831	-
pH	Küresel	0,001	0,336	516	0,30	0,0182	0,787	-
Elektriksel İletkenlik	Üstel	0,00176	0,12220	384	1,47	5,112E ⁻⁰⁴	0,608	-
Kireç	Küresel	44,8	116,7	17220	38,4	939	0,928	-
Organik Karbon	Küresel	0,0002	0,1404	198	0,14	8,934E ⁻⁰⁴	0,804	Log
CStok	Küresel	0,0003	0,1416	193	0,21	1,718E ⁻⁰³	0,687	Log
Azot	Üstel	0,00001	0,00254	207	0,39	4,412E ⁻⁰⁷	0,816	-
Fosfor	Üstel	0,1818	0,4496	867	40,4	8,745E ⁻⁰³	0,821	Log
Potasyum	Küresel	15530	31070	5930	49,9	9,195E ⁺⁰⁷	0,862	Log
Kalsiyum	Küresel	1349000	2699000	11410	49,9	3,949E ⁺¹¹	0,900	-
Magnezyum	Küresel	25700	64930	18710	39,6	8,378E ⁺⁰⁸	0,809	-
Sodyum	Küresel	0,20490	0,5108	6050	40,1	0,0155	0,857	Log

Toprak verimliliğinin en önemli göstergeleri arasında olan pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, yarayışlı fosfor ve potasyum içerikleri, özellikle tarım arazilerinde, bitkisel üretimde etkisiyle mekânsal ve zamansal olarak oldukça büyük değişkenlik göstermektedir (Bogunovic et al., 2017). Tüm toprak özelliklerinin nugget değerlerinin yüksek olması, örnekleme hatası, kısa mesafe değişkenliğinin yüksekliği, rastgele örnekleme deseni ve doğal değişkenlik gibi etmenler ile açıklanmaktadır. Çalışılan özelliklere ait nugget varyansının yüksek olması, özellikle çalışma alanının oldukça geniş olması nedeni ile en düşük örnekleme mesafesinin bağımlı değişkene ait kısa mesafeli değişkenlikleri açıklamadığını göstermektedir (Glendell et al., 2014). Yüksek nugget değerlerinin enterpolasyon esnasında ağırlıkların daha homojen dağıtılmasına neden olacağı ve bunun da özelliklerin çalışma alanı içerisinde tahminlerini yükselteceğini bildirmişlerdir (Schloeder et al., 2001).

Toprak özelliklerinin çalışma alanı içerisindeki değişken sınıflarını tanımlamak için nugget ve sill oranı kullanılmıştır (Cambardella et al., 1994). Oran %25'ten az ise değişkenin güçlü bir mekânsal bağımlılığa sahip olduğu, oran %25 ile 75 arasındaysa orta derecede mekânsal bağımlılığa sahip olduğu, aksi takdirde değişkenin zayıf bir mekânsal bağımlılığa sahip olduğu kabul edilir. Çalışılan özelliklerden kum, pH, elektriksel iletkenlik, organik karbon, Cstok ve azot içeriklerinin mekânsal bağımlılıklarının güçlü, buna karşılık kil, kireç, fosfor, potasyum, değişebilir kalsiyum, magnezyum ve sodyum içerikleri ise orta derecede mekânsal bağımlıdır (Çizelge 4). Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliği genellikle arazi kullanım türleri, topografya ve iklim gibi toprak oluşum faktörleri, toprak derinlikleri ve insan faaliyetleri tarafından etkilenmektedir (Vasu et al.,

2017). Bu çalışmada olduğu gibi, toprak pH'sının değişkenliğinin toprak ana materyali gibi genetik faktörlere bağlı olarak değiştiği ve güçlü bir mekânsal bağımlılık gösterdiği bildirilmiştir (Ferreiro et al., 2016). Bitki besin elementlerinin çoğunun (N hariç) orta düzeyde mekânsal bağımlılık gösteriyor olması, toprakta bulunan besin elementleri konsantrasyonlarının ise hem genetik hem de gübreleme, sulama, toprak işleme gibi dış etkenler tarafından etkilendiğini bildiren Wang et al. (2009)'ın bulguları ile uyumludur.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışma alanının genişliği nedeniyle ana materyalin çok değişken olması, birçok toprak özelliğinin de değişken olarak tanımlanmasına neden olmuştur. Bu kapsamda az kireçli (%0,72) ile çok kireçli (%46,18) arasında kireç içeriğine sahip olan çalışma alanında değişkenliğin en yüksek olduğu toprak özelliği (VK= %106,9) kireç içeriğidir. Bu durum, tütün ekili arazilerde, kireçleme yapılacak kadar düşük araziler olduğu gibi, yüksek kireç içeriği nedeni ile besin elementi yarayışlılıklarında sorun yaşayabilecek araziler olduğunu göstermektedir.

Ormanlık alan içerisinde yüksek eğimli arazilerde açılan tarım arazilerinde karbon miktarının erozyon ve toprak işleme ile birlikte çok hızlı bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki ana materyalin çeşidi, arazideki konumu, üreticinin uygulamaları gibi çok fazla değişkenin etkili olduğu fosfor konsantrasyonu, çalışma alanında çok yüksek değişkenliğe sahip olmasına rağmen genel olarak tütün yetiştiriciliği için yeterli düzeydedir. Organik maddenin de çok yüksek olduğu bazı arazilerde tespit edilen oldukça yüksek yarayışlı fosfor içeriğinin ise bir kısım besin elementlerinin alımı için sorun oluşturabileceği

unutulmamalıdır. Ayrıca, eğimli arazilerde yüzey toprağı ile taşınma riski bulunan fosforun, yüzey sularında ötrofikasyona neden olma potansiyeli bulunan besin elementlerinden biri olduğundan ihtiyaçtan fazla olan fosforun kullanımının önüne geçilmesi maliyetin azaltılması ve çevre kirliliğinin önüne geçilmesi adına son derece gereklidir.

Çalışılan alanın çok farklı ana materyal ve bitki örtüsüne sahip olması ve topoğrafyanın değişken olması, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin modellenmesi ve haritalanmasında başarının düşük olmasına neden olmuştur. Bu nedenle, çalışma alanının toprak oluşum faktörleri açısından değişkenliğin daha az olduğu bölgelere ayrılması, mesafeye bağlı değişkenliğin yapısının tanımlandığı modellerin ve bu modeller kullanılarak oluşturulacak olan haritaların güvenilirliğinin artmasına katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Öz Ege Tütün Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi ve Socotab Yaprak Tütün Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketinin destekleri ile yürütülmüştür.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Anonim 2020a. Tobacco growers information. NC State University, Cooperative extension. <http://tobacco.ces.ncsu.edu> (Accessed 01.06.2020).

Anonim, 2020b. Soil pH. Queensland Department of Environment and Heritage Protection. www.qld.gov.au (Accessed 03.06.2020).

Behera, S.K., Mathur, R.K., Shukla, A.K., Suresh, K., Prakash, C., 2018. Spatial variability of soil properties and delineation of soil management zones of oil palm plantations grown in a hot and humid tropical region of southern India. *Catena*, 165, 251-259.

Bogunovic, I., Trevisani, S., Seput, M., Juzbasic, D., Durdevic, B., 2017. Short-range and regional spatial variability of soil chemical properties in an agroecosystem in eastern Croatia. *Catena*, 154, 50-62.

Brevik, E.C., Fenton, T.E., Jaynes, D.B., 2003. Evaluation of the accuracy of a central Iowa soil survey and implications for precision soil management. *Precis. Agric.* 4, 323-334.

Brevik, E.C., Sauer, T.J., 2015. The past, present, and future of soils and human health studies. *Soil* 1, 35-46.

Budak, M., Günel, H., Çelik, İ., Nurullah, Acir., Sirri, M., 2018a. Dicle Havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 103-115.

Budak, M., Günel, H., Çelik, İ., Yıldız, H., Acir, N., Acar, M., 2018b. Soil quality assesment of upper Tigris basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(1), 301-316.

Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil science society of America journal*, 58(5), 1501-1511.

Çelik, İ., Günel, H., Acar, M., Acir, N., Bereket Barut, Z., Budak, M., 2020. Evaluating the long-term effects of tillage systems on soil structural quality using visual assessment and classical methods. *Soil Use and Management*, 36(2), 223-239.

DeFries, R.S., Field, C.B., Fung, I., Collatz, G.J., Bounoua, L., 1999. Combining satellite data and biogeochemical models to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity. *Glob. Biogeochem. Cycle* 13, 803-815.

De Paz, J.M., Albert, C., Visconti, F., Jiménez, M.G., Ingelmo, F., Molina, M.J., 2015. A new methodology to assess the maximum irrigation rates at catchment scale using geostatistics and GIS. *Precis. Agric.* 16

Ellis, E.A., Baerenklau, K.A., Marcos-Martínez, R., Chávez, E., 2010. Land use/land cover change dynamics and drivers in a low-grade marginal coffee growing region of Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 80(1), 61-84.

ESRI, 2014. ArcGIS 10.2.1 for Desktop Functionality Matrix, @ <http://goo.gl/u1Yw5i>, (Accessed 6.11.2020).

FAO. 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome.

Ferreiro, J.P., de Almeida, V.P., Alves, M.C., de Abreu, C.A., Vieira, S.R., Vázquez, E.V., 2016. Spatial variability of soil organic matter and cation exchange capacity in an Oxisol under different land uses. *Comm. in Soil Sci. Plant Analysis*, 47, 75-89.

Gamma Design Software, 2004. GS+: Geostatistics for the environmental sciences. Plainwell. Mich. USA.

Gee, G.W., Boudier, J.W., 1986. Particle Size Analysis. In: A. Clute (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I Agronomy No: 9 Am Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA.*

Gibbs, H.K., Ruesch, A. S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38), 16732-16737.

Glendell, M., Granger, S.J., Bol, R., Brazier, R.E., 2014. Quantifying the spatial variability of soil physical and chemical properties in relation to mitigation of diffuse water pollution. *Geoderma*, 214, 25-41.

- Gürel, F., Erşahin, S., 2020. Ilgaz Ormanlarında Saf Uludağ Göknarı ve Saf Uludağ Göknarı-Sarıçam Meşcerelerinde Bazı Toprak Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliği. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(2), 544-555.
- Han, S.K., Han, H.S., Page-Dumroese, D.S., Johnson, L.R., 2009. Soil compaction associated with cut-to-length and whole-tree harvesting of a conifer forest. *Can. J. For. Res.* 39, 976-989.
- Houghton, R.A., Nassikas, A.A., 2017. Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015. *Glob Biogeochem Cycles* 31, 456–472.
- Jackson, M., 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. pp. 1-498.
- Kacar, B., 2009. *Toprak analizleri* Ankara: Nobel Yayın Dağıtım. p. 467.
- Keestra, S., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E.C., Azorin-Molina, C., Parras-Alcántara, L., Jordán, A., Cerdà, A., 2016. Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards. *Sci. Total Environ.* 551, 357-366.
- Khaledian, Y., Kiani, F., Ebrahimi, S., Brevik, E.C. Aitkenhead-Peterson, J., 2017. Assessment and monitoring of soil degradation during land use change using multivariate analysis. *Land Degradation & Development*, 28(1), 128-141.
- Korucu, T., Arslan, S., Günel, H. Şahin, M., 2009. Spatial and temporal variation of soil moisture content and penetration resistance as affected by post harvest period and stubble burning of wheat. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(9A), 1736-1747.
- Kucuker, M.A., Guney, M., Oral, H.V., Copty, N.K. Onay, T.T., 2015. Impact of deforestation on soil carbon stock and its spatial distribution in the Western Black Sea Region of Turkey. *Journal of environmental management*, 147, 227-235.
- Lal, R. 2003. Soil erosion and the global carbon budget. *Environ Int* 29, 437–450
- Lal, R., 2018. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Global change biology*, 24(8), 3285-3301.
- Lopez-Granados, F., Jurado-Exposito, M., Atenciano, S., Gracia-Ferrer, A., De La Orden, M.S., Gracia-Toreres, L., 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in Southern Spain. *Plant Soil* 246, 97-105.
- Lorenz, K. Lal, R., 2018. Carbon Sequestration in Cropland Soils. In *Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems*. Springer, Chapter 3. pp. 137-173.
- MEA, 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis Millennium Ecosystem Assessment*. Washington DC: Island Press
- Mishra, U., Ussiri, D. A., Lal, R., 2010. Tillage effects on soil organic carbon storage and dynamics in Corn Belt of Ohio USA. *Soil and Tillage Research*, 107(2), 88-96.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (Ed) 2nd Ed. SSS of Am. Inc. Pub., Madison, Wisconsin.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dept. of Agric. Cric.* 939.
- Olson, K.R., Al-Kaisi, M., Lal, R., Lowery, B., 2014. Experimental considerations, treatments and methods in determining soil organic carbon sequestration rates. *Soil Science Society of America Journal*, 78, 348–360.
- Poepflau, C. Don, A., 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33-41.
- Ramankutty, N., Evan, A.T., Monfreda, C., Foley, J.A., 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global biogeochemical cycles*, 22(1).
- Ratnayake, R.R., Perera, B.M.A.C.A., Rajapaksha, R.P.S.K., Ekanayake, E.M.H.G.S., Kumara, R.K.G.K., Gunaratne, H.M.A.C., 2017. Soil carbon sequestration and nutrient status of tropical rice based cropping systems: Rice-Rice, Rice-Soya, Rice-Onion and Rice-Tobacco in Sri Lanka. *Catena*, 150, 17-23.
- Reza, S. K., Nayak, D. C., Chattopadhyay, T., Mukhopadhyay, S., Singh, S. K., Srinivasan, R., 2016. Spatial distribution of soil physical properties of alluvial soils: a geostatistical approach. *Archives of agronomy and soil science*, 62(7), 972-981.
- Rhoades, J.D., Manteghi, N.A., Shouse, P.J., Alves, W.J., 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: new formulations and calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 433–439.
- Rosemary, F., Indraratne, S.P., Weerasooriya, R., Mishra, U., 2017. Exploring the spatial variability of soil properties in an Alfisol soil catena. *Catena*, 150, 53-61.
- Tang, X.L., Xia, M.P., Pérez-Cruzado, C., Guan, F.Y., Fan, S.H., 2017. Spatial distribution of soil organic carbon stock in Moso bamboo forests in subtropical China. *Scientific Reports*, 7, 1–13.
- Saxton, K.E., Rawls, W., Romberger, J.S., Papendick, R.I., 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Ame. J.*, 50(4), 1031-1036.
- Schloeder, C.A., Zimmerman, N.E., Jacobs, M.J., 2001. Comparison of methods for interpolating soil properties using limited data. *Soil science society of America journal*, 65(2), 470-479.
- Sürücü, A., Ahmed, T.K., Gunal, E., Budak, M., 2019. Spatial Variability of Some Soil Properties in an Agricultural Field of Halabja City of Sulaimania Governorate, Iraq. *Fresen. Environ. Bull.* 29,193-206
- Vasu, D., Singh, S.K., Sahu, N., Tiwary, P., Chandran, P., Duraisami, V.P., Ramamurthy, V., Lalitha, M., Kalaiselvi, B., 2017. Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management. *Soil & Tillage Research*, 169, 25–34
- Yang, S.H., Liu, F., Song, X.D., Lu, Y.Y., Li, D.C., Zhao, Y.G. and Zhang, G.L., 2019. Mapping topsoil electrical conductivity by a mixed geographically weighted regression kriging: A case study in the Heihe River Basin, northwest China. *Ecological Indicators*, 102, 252-264.

Wang, Y., Zhang, X. Huang, C., 2009. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Geoderma*, 150(1-2), 141-149.

Weil, R.R., Brady, N.C., 2017. *The nature and properties of soils*. 15th Edition. Prentice Hall International. Pearson.

Wilding, L.G., 1985. *Spatial Variability: Its Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys*. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds), *Soil Spatial Variability*, Pudoc, Wageningen, pp. 166- 193.