

Aydın İli Büyük Ova Kapsamında Yer Alan Tarım Arazilerindeki Toprakların Organik Karbon Stokları

Mustafa BOZKURT^{1*}, **Gönül AYDIN²**, **Mehmet Ali EMİNOĞLU²**

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın, Türkiye

Öz: Toprak verimliliği, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerle doğrudan ilişkili olup, bu özellikler toprak organik karbon (TOK) içeriğiyle yakından bağlantılıdır. Bu çalışma, Aydın ili Büyük Ova Projesi kapsamındaki tarım arazilerinde organik karbon stok düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Yüze (0–20 cm) ve alt katman (20–40 cm) olmak üzere iki farklı derinlikte toplam 800 toprak örneği alınmış; pH, EC, kireç, organik madde, hacim ağırlığı analizleri yapılmış ve karbon stokları hesaplanmıştır. Topraklar genellikle tınlı–kumlu tınlı yapıda, orta–hafif alkali, tuzsuz ve kireçli sınıfta yer almakta olup, organik madde oranı %0.5–1.7 arasında değişmektedir. Karbon stokları, çayır (%1.43 C), yonca (%1.38 C) ve anız alanlarında yüksek; pamuk (%0.84 C), mısır (%0.91 C) ve buğday (%0.88 C) ekili alanlarda ise daha düşük bulunmuştur. Tekstürel analizlerde, kil ile TOK arasında pozitif ancak zayıf ilişkiler ($R^2 = 0.0565–0.0968$), kum ile ise negatif ilişkiler ($R^2 = 0.0177–0.0875$) tespit edilmiştir. Söz konusu veriler, karbon stoklarının yalnızca toprak tekstürüyle değil, tarımsal uygulamalar ve organik madde girişleriyle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, karbon stoklarını artırmaya yönelik sürdürülebilir toprak yönetimi stratejileri, bölge tarımı ve toprak sağlığı açısından kritik önemdedir.

Anahtar kelimeler: Küresel toprak tehdidi, Büyük Ova, Organik Karbon, Arazi kullanımı

Organic Carbon Stocks of Soils in Agricultural Lands Located within the Great Plain of Aydın Province

Abstract: Soil fertility is directly related to physical, chemical, and biological properties, and these properties are closely linked to soil organic carbon (TOC) content. This study was conducted to determine organic carbon stock levels in agricultural lands within the scope of the Büyük Ova Project in Aydın province. A total of 800 soil samples were taken at two different depths, namely surface (0–20 cm) and sub-layer (20–40 cm); pH, EC, lime, organic matter, and bulk density were analyzed, and carbon stocks were calculated. Soils are generally loamy to sandy loam in structure, moderately to slightly alkaline, non-saline, and calcareous, with an organic matter content ranging from 0.5–1.7%. Carbon stocks were found to be high in grassland (1.43% C), alfalfa (1.38% C), and stubble areas, while lower in areas cultivated with cotton (0.84% C), corn (0.91% C), and wheat (0.88% C). Textural analyses revealed positive but weak correlations between clay and TOC ($R^2 = 0.0565–0.0968$), and negative correlations with sand ($R^2 = 0.0177–0.0875$). These data demonstrate that carbon stocks are directly linked not only to soil texture but also to agricultural practices and organic matter inputs. In this context, sustainable soil management strategies to increase carbon stocks are critical for regional agriculture and soil health.

Keywords: Global Soil Threat, Great Plain, Organic Carbon, Land use

GİRİŞ

Gıda üretimi ve birçok ekosistem hizmetlerinin ana unsuru olan topraklar, ekosistemler ve insan hayatı için elzem önem taşıyan mal ve hizmetleri barındıran, vazgeçilmez ve yenilenemeyen bir doğal kaynaktır (Lal ve ark., 2017). Dünyada ve ülkemizde, sanayi devriminden sonra nüfustaki hızlı artışa bağlı olarak yaşama gereksinimlerinde (beslenme, barınma, istihdam ve enerji) karşılanması amacıyla fazla miktarda fosil yakıt, maden, tarım ve orman ürünleri kullanımı ile ortaya çıkmıştır. Böylelikle, tarımsal üretimi arttırmak amacıyla tarım toprakları daha yoğun bir şekilde işlenmiş, kimyasal gübre ve ilaç kullanımı artmış (Hossain ve ark., 2022), tarım, orman ve mera alanlarının plansız sanayileşme ve kentleşme sebebiyle büyük bir baskı altında dağılmakla yüz yüze kalmıştır (Sarkar ve Maji, 2022). Bu duruma bağlı olarak yıllar öncesinde çeşitli çevre kirliliği sorunlarının ortaya çıkmasına bağlı olarak 20. yüzyılın sonlarına doğru, bilakis başta fosil yakıtları kullanımı ve farklı şekilde arazi kullanım olanaklarının ortaya çıkması

sonucunda bir küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları ile karşı karşıya kalmıştır (Soeeder, 2020).

Dünya üzerindeki toprakların %33'ünün orta veya yüksek seviyede bozulmaya uğradığı ve bu nedenle küresel ölçekte toprakların yüz yüze kalması beklenen ve sürdürülebilir toprak yönetimi hakkında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporları kapsamında da yer alan Dünya Toprak Kaynaklarının Durum (DTKD) üzerine Şekil 1'de gösterilen 10 farklı tehdit grubunun bulunduğu bildirilmiştir (FAO, 2017). Toprak üzerinde ve içinde bulunan bitkisel ve hayvansal kökenli maddelerin ve bunların dönüşüm ürünlerinin tamamını organik madde olarak tanımlamak mümkündür

***Sorumlu Yazar:** mstfbzkrt@hotmail.com

Bu çalışma doktora tez ürünüdür. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi BAP birimi tarafından ZRF-22032 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Geliş Tarihi: 21 Temmuz 2025

Kabul Tarihi: 11 Aralık 2025

(Dündar, 1987). Organik maddeler hem toprağın verimini artırır hem de toprak parçacıklarının birbirine bağlanmasını (agregasyon) sağlayarak iyi bir toprak yapısının oluşmasını destekler. Böylece toprak üzerindeki bitki örtüsü ve içindeki canlı türleri için yeteri kadar hava ve su barındırırlar.



Şekil 1. Sürdürülebilir Toprak Yönetimi (STY) Göstergeleri

Topraktaki karbon organik maddenin miktarının yaklaşık %48-58'ini oluşturduğundan dolayı toprak dünyamızda okyanuslardan sonra en büyük ikinci karbon havuzunu oluşturmaktadır ve atmosferik karbon havuzundan iki kat daha büyük bir hacme sahiptir (Jackson ve ark., 2017; Swift, 2001). Ayrıca, toprak organik maddesinin "Toprak Organik Karbonu" olarak da adlandırılması mümkündür (FAO, 2018; Powlson ve ark., 2013).

Tarımsal üretim yapılan topraklara organik madde ilavesi olmaksızın kimyasal gübre takviyesi yapılması toprakta bulunan organik maddenin daha hızla mineralize olmasına neden olmaktadır. Mineralizasyon sırasında ortaya çıkan karbondioksitin (CO₂)'in topraktan atmosfere geçmesiyle topraklar bir karbon emisyon kaynağı gibi davranıp atmosfer-yerküre karbon (C) dengesinin bozulmasına neden olur (Mackenzie ve ark., 1993; Zibilske, 1994). Emisyonların azaltılması ve organik madde miktarının artırılması gibi yolları ile AB topraklarında yıllık sera gazı emisyon miktarlarının yaklaşık 50 katına gibi bir orana denk düşecek miktarda olan 73-79 milyar ton karbon depolayabileceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2025). Bu bilgilerden anlaşılacağı üzere, doğal koşullarda devam eden küresel karbon döngüsünde, atmosferdeki karbondioksitin bitkiler tarafından bağlandığı, toprakta ve sularda depolandığı için sürekli olarak azalma eğiliminde olması beklenmektedir. Ancak arazi kullanımı ve toprak yönetimindeki değişiklikler depolanan karbon miktarının değişiminde rol oynamaktadır. Yoğun tarımsal işleme, bununla ilgili olarak agregatların parçalanıp organik maddenin ayrıştırılmasıyla, organik karbon miktarında azalma olmaktadır (Halvorson vd. 2002,

Blanco-Canqui ve Lal 2008, Mishra vd. 2010, Huang vd. 2015, Gao vd. 2017).

Toprakta organik karbonun kaynağı bitkisel ve hayvansal atık ve artıklardır. Tarım arazilerinin yoğun kullanımı, TOK'un azalmasına ve nihayetinde atmosfere salınan CO₂ miktarının artmasına neden olmaktadır (Mishra vd. 2010).

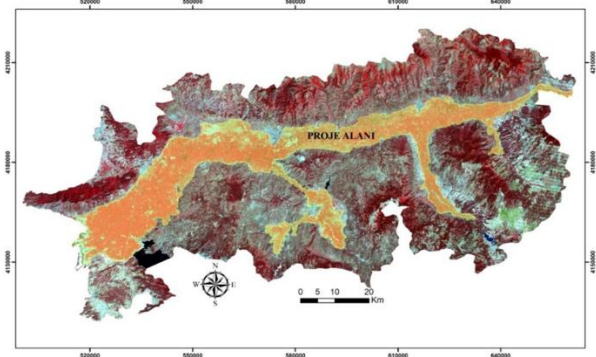
Toprakta organik karbon tutulumunun artırılması, en önemli doğal kaynaklarımızdan biri olan toprakların sürdürülebilir kullanımı, iklim değişikliğine neden olan sera gazlarından biri olan karbondioksitin topraktan atmosfere geçişinin azaltılarak küresel iklim değişikliğine olumsuz etkisinin azaltılması açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Aydın ili büyük ova kapsamında yer alan tarım arazilerindeki toprakların, küresel toprak tehditlerinden biri olan organik karbon içeriklerindeki değişimin hali hazırdaki düzeyinin ortaya konması, elde edilen verilerin arazi kullanımları ile ilişkilendirilerek değerlendirilmesi ve çalışma alanı için izlenebilir bir veri tabanı oluşturulması amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanının Genel Özellikleri

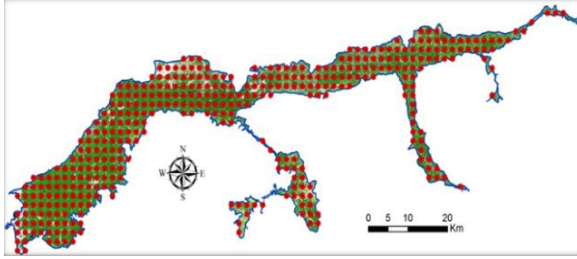
Çalışma alanı, Aydın ili sınırları içinde yer alan ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından ilgili mevzuat uyarınca 'Büyük Ova Koruma Alanı' olarak ilan edilen tarım arazilerinden oluşmaktadır. Saha, Büyük Menderes graben sistemine ait geniş alüvyal düzlüklere karşılık gelmekte olup ova tabanında düşük eğimli ($\leq 2\%$) ve sulanabilir parselleri kapsamaktadır. Bölge, Akdeniz iklimi (Köppen-Geiger Csa) özellikleri göstermekte; yaz aylarında belirgin kuraklık, üretimin yüzey ve yeraltı suyu kaynaklı sulamaya bağımlılığını artırmaktadır. Topraklar ağırlıkla genç alüvyal kökenli, ince-orta tekstürlü ve yer yer taban suyu etkisine açık profillerden oluşmakta; yoğun tarımsal kullanım nedeniyle organik madde içerikleri genellikle düşüktür. Bu özellikleri itibarıyla saha, yüksek üretim potansiyeline sahip büyük ovalar için temsil kabiliyeti sunmakta ve sürdürülebilir toprak-su yönetimine ilişkin bulguların genellenebilirliğini desteklemektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Aydın İli Büyük Ova içerisinde yer alan çalışma sahası

Yöntem

Çalışma alanı 4x4 km'lik gridlere bölünmüştür. Böylece toprak örneklemelerinin gerçekleştirileceği noktalar tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Toprak Örneklem Alanı ve Örneklem Noktaları

Toprak Örneklem ve Analizleri

Çalışmada 400 lokasyonda 0–20 cm ve 20–40 cm derinliklerden toplam 800 bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Kurutulan örnekler 2 mm çelik elekten geçirilerek analize hazırlanmıştır. Ayrıca tekstür farklılığına göre seçilen 40 noktadan 100 cm³ çelik silindirlerle bozulmamış örnekler alınarak hacim ağırlığı belirlenmiştir. Toprak analizleri standart yöntemlere göre yapılmıştır:

Bünye: Bouyoucus hidrometre yöntemi (Methods of Soil Analysis, 1986); pH: 1:2.5 toprak–su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile (Methods of Soil Analysis, 1982; ISO 10390); Elektriksel iletkenlik (EC): Saturasyon çamurunda kondaktivite ölçümüyle (Methods of Soil Analysis, 1982; ISO 1126, 1994); Kireç (CaCO₃): Scheibler kalsimetresiyle volümetrik yöntem (Methods of Soil Analysis, 1982); Organik madde: Modifiye Walkley-Black yöntemi (Methods of Soil

Analysis, 1982; ISO 14235, 1998); Organik karbon: Organik madde değerinden dönüşüm katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Hacim ağırlığı: Bozulmamış örneklerin fırın kuru ağırlığının hacme oranı olarak belirlenmiştir. Organik karbon stoku (SOCs, t ha⁻¹):

$$SOC_s = SOC_c \times BD \times LD \times 10^2 \quad (1)$$

Burada SOC_c = organik karbon içeriği (%), BD = hacim ağırlığı (Mg cm⁻³), LD = toprak derinliği (m)'dir.

İstatistik Analiz

Toprak tekstür fraksiyonları (kil, silt, kum) ile organik karbon stokları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla basit doğrusal regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Analizlerde her bir derinlik (0–20 cm ve 20–40 cm) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS (PASW Statistics 18) yazılımında gerçekleştirilmiş, ilişkilerin yönü ve gücü R² (determinasyon katsayısı) değerleriyle ifade edilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p < 0.05 olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı içerisindeki örneklem noktalarından alınan Çizelge 1'de

Çizelge 1. Çalışma alanına ait bazı toprak özellikleri 0–20 ve 20–40 cm derinlikler

Parametre	Minimum		Maksimum		Ortalama	
	0–20 cm	20–40 cm	0–20 cm	20–40 cm	0–20 cm	20–40 cm
pH (S.Ç.)*	5.21	5.40	9.17	10.01	7.90	7.95
Tuz (%)	0.00	0.00	3.36	1.57	0.05	0.04
Kireç (%)	0.30	0.38	61.79	61.71	11.64	11.64
O.M. (%)	0.30	0.07	5.51	3.38	1.63	1.26
O.C. (%)	0.18	0.04	3.19	1.96	0.94	0.73
Kum (%)	0.75	1.17	86.30	92.32	39.11	40.29
Silt (%)	10.48	4.01	79.13	72.59	39.94	39.28
Kil (%)	0.35	1.45	70.83	81.45	20.95	20.42
Hacim Ağ. (g cm ⁻³)	1.32	1.37	1.58	1.67	1.46	1.53
Org. C Stok (ton ha ⁻¹)	5.36	2.57	89.99	61.94	27.37	22.28

S.Ç.: Su çözeltisi (1:2.5) yöntemi; O.M.: Organik madde; O.C.: Organik karbon; Org. C Stok: Organik karbon stok hesabı

Tekstür analizine göre çalışma alanı toprakları yüzeyde (0–20 cm) ve yüzey altında (20–40 cm) ağırlıklı olarak kumlu tın, tın, siltli tın ve siltli killi tın bünyelere sahiptir. Toprak reaksiyonu (pH) 5.21–9.17 arasında değişmekte olup genel olarak hafif–orta alkali özellik göstermektedir. Kireç içerikleri yüzeyde %21 kireçsiz, %9 az kireçli, %10 orta kireçli, %17 kireçli ve %43 çok kireçli; yüzey altında ise sırasıyla %23, %9, %8, %17 ve %43 oranlarında belirlenmiştir. Toprakların büyük kısmı tuzsuz sınıfta (%97 civarı) yer almaktadır.

Organik madde içerikleri genellikle düşük düzeyde olup yüzeyde örneklerin yarısından fazlası, yüzey altında ise yaklaşık %70'i "düşük" sınıfında değerlendirilmiştir. Organik karbon içerikleri organik madde ile benzer dağılım göstermiştir. Bu sonuçlar, Aydın ili tarım topraklarının genel olarak alkali reaksiyonlu, kireçli ve organik maddece fakir karakterde olduğunu ortaya koymaktadır.

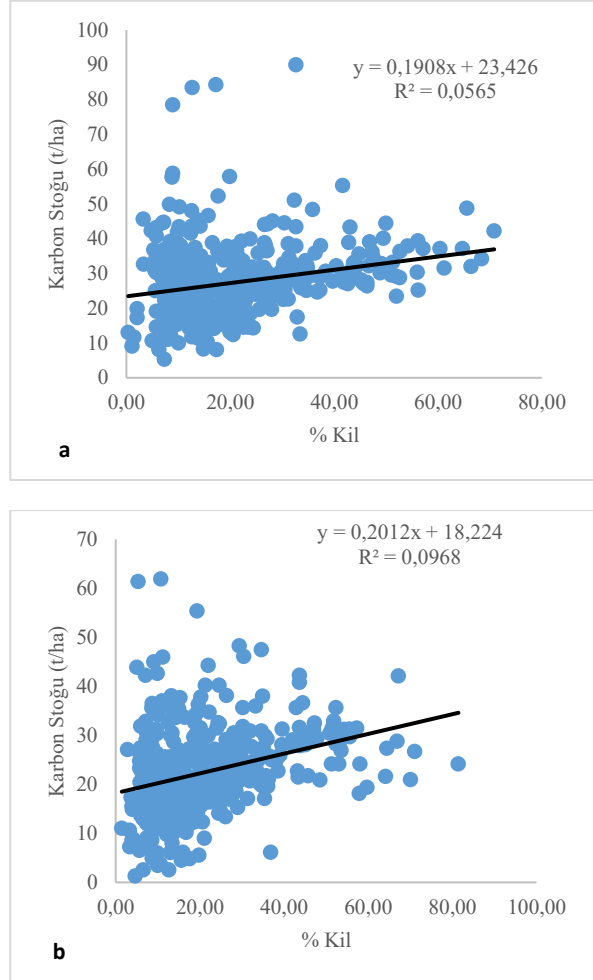
Benzer şekilde, Yorulmaz ve ark. (2020) Söke Ovası topraklarında pH değerlerini 7.4–9.3, kireç içeriklerini %1–34 aralığında ve tuzluluğu genellikle tuzsuz düzeyde; Alp ve Atatanır (2025) ise Efeler ilçesi alüvyal topraklarında pH değerlerini 7.5–9.7, tuz içeriklerini %0.002–0.14, kireç oranlarını %0.3–21 ve organik madde düzeylerini %0.4–4.4 arasında belirlemişlerdir. Bu bulgular, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlarla büyük ölçüde örtüşmekte olup, bölgedeki toprakların genel olarak benzer kimyasal özellikler sergilediğini göstermektedir.

Organik karbon stokları, araştırma sahasında tekstür farklılıklarına göre seçilen toplam 40 noktadan alınan bozulmamış toprak örneklerinden hesaplanan hacim ağırlığı değerleri kullanılarak hesaplanmış diğer noktalar için ise hacim ağırlığı değerlerinin tekstüre göre tahminlenen değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarına göre organik karbon stokları (Denklem 1'e göre) yüzeyde 5,36 ton/ha ile 89,99 ton/ha arasında yüzey altında ise 2,57 ton/ ha ile 61,94 ton/ ha arasında değişmektedir. Yüzey topraklarında daha yüksek yüzey altı topraklarında ise daha düşük organik karbon stok değerleri elde edilmiştir. Kern ve Johnson (1993) yaptıkları bir çalışmada karbon tutulumunun 8 cm derinliğindeki yüzey toprağında en fazla olduğunu belirlemişlerdir. Arazi kullanım farklılıklarının organik karbon stokları ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Araştırma alanında tek yıllık ürün yetiştiriciliği yaygındır. Organik karbon stokları yem bitkisi yetiştiriciliği yapılan alanlar ile anız bırakılan alanlarda biraz daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak, sonuçlardan organik karbon stoklarının buğday, pamuk ve mısır gibi tek yıllık ürün yetiştirilen alanlarda incir ve zeytin gibi çok yıllık ürün yetiştirilen alanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum ova genelinde tek yıllık ürün yetiştirilen alanlarda incir ve zeytin yetiştirilen alanlara göre hasat sonrası bitki artıklarının toprağa daha fazla geri döndürülmesi ile açıklanabilir. Tek yıllık ürün yetiştiriciliğinde düzenli gübreleme programları ve bakım işlemleri sayesinde hasat sonrası kalan bitki artıkları fazla olabilmektedir.

Toprağın kil içeriği ile organik karbon stokları arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

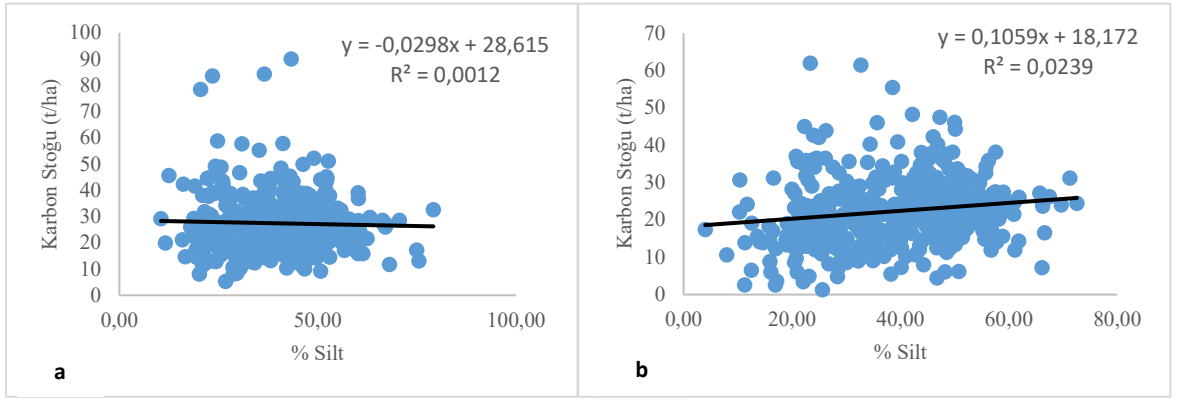
Kil İçeriği ile Organik Karbon Stokları Arasındaki İlişki

Yüzey (0–20 cm) ve alt katman (20–40 cm) topraklarında kil içeriği ile organik karbon stoku arasında zayıf ancak pozitif bir ilişki belirlenmiştir ($R^2 = 0.0565$ ve 0.0968). Her iki derinlikte de kil oranı arttıkça karbon stoku hafif bir artış eğilimi göstermiştir. Ancak bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir, dolayısıyla kil içeriği karbon stokunu tek başına açıklamakta yetersizdir (Şekil 4 a ve b).



Şekil 4. a; Yüzey (0-20 cm), b; yüzey altı (20-40cm) kil içeriği karbon stoğu ilişkisi

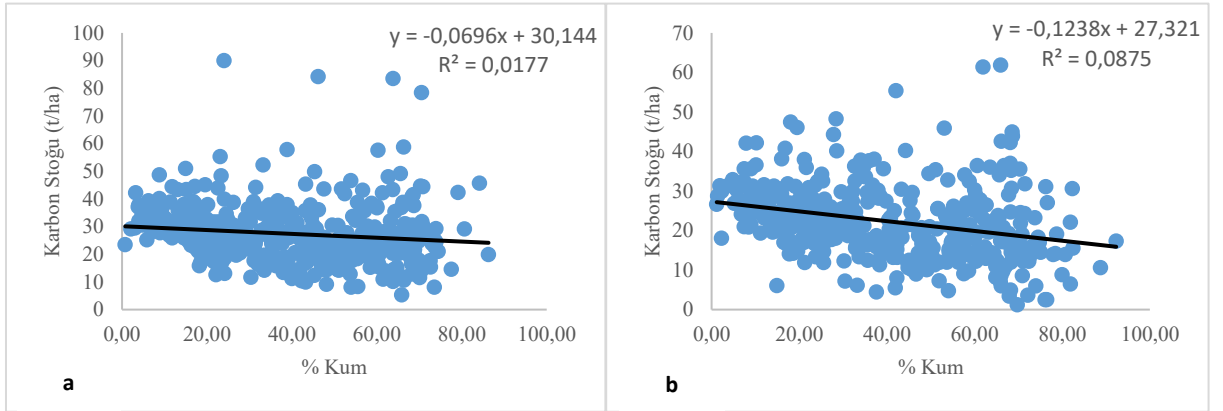
Silt içeriklerine bakıldığında; yüzey (0–20 cm) topraklarında % silt içeriği ile karbon stoku arasında negatif yönde, ancak istatistiksel olarak anlamsız bir ilişki belirlenmiştir ($R^2 = 0.0012$). Bu durum, silt oranının yüzey topraklarda karbon stokundaki değişimi açıklama gücünün son derece düşük olduğunu göstermektedir. Alt katman (20–40 cm) topraklarda ise ilişki yönü pozitif dönmüş olmakla birlikte, belirlenen korelasyon yine çok zayıf düzeyde kalmıştır ($R^2 = 0.0239$). Her iki derinlikte de silt oranı ile karbon stoku arasındaki ilişkiler düşük R^2 değerleriyle desteklenmiş olup, istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, silt fraksiyonunun karbon tutulumu üzerinde tutarlı bir etkiye sahip olmadığını düşündürmektedir (Şekil 5 a ve b).



Şekil 5. a; Yüzey (0-20 cm), **b;** yüzey altı (20-40cm) silt içeriği karbon stoğu ilişkisi

Yüzey (0–20 cm) ve alt katman (20–40 cm) topraklarında kum oranı ile organik karbon stoku arasında zayıf ve negatif bir

ilişki belirlenmiştir ($R^2 = 0.0177$ ve 0.0875). İlişki istatistiksel olarak anlamlı değildir, ancak genel eğilim kum oranı arttıkça karbon stokunun azaldığını göstermektedir (Şekil 6 a ve b).



Şekil 6. a; Yüzey (0-20 cm), **b;** yüzey altı (20-40cm) silt içeriği karbon stoğu ilişkisi

Bu sonuçlar, karbon stokunun sadece tekstürel fraksiyonlarla değil; organik madde girişi, toprak yönetimi, bitki kök biyokütlesi ve çevresel koşullarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Aydın ili Büyük Ova kapsamında yer alan yaklaşık 153.948 ha alanda gerçekleştirilen çalışmada toprakların organik karbon stoklarının hem yüzey hem de yüzey altında düşük olduğu ancak yüzeyde yüzey altına göre daha yüksek değerlerde olduğu bulunmuştur. Çalışma alanı, yoğun tarla tarımı yapılan alanları kapsamaktadır. Ovada genel olarak geleneksel yetiştiricilik sistemine dayalı ekim nöbeti vb., uygulamalara yer verilmeyen monokültür yetiştiricilik sistemleri hakimdir. Arazi kullanımlarının karbon stokları üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Çayır ve anız örtülü alanlarda daha yüksek organik karbon stokları elde edilmiştir. Çok yıllık tarımsal ürün yetiştirilen alanlarda tek yıllık ürün yetiştirilen alanlara göre organik karbon stoklarının daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Ova geneli orta tekstürlü topraklardan oluşmaktadır. Toprakların

kil, silt ve kum içerikleri değişkenlik göstermektedir. İlişki istatistiksel olarak anlamlı değildir, ancak genel eğilim kum oranı arttıkça karbon stokunun azaldığını göstermektedir (Şekil 6 a ve b).

Sonuç olarak ova topraklarında organik karbon stoklarının artırılmasının toprakların sürdürülebilir kullanım açısından gereklilik olduğu bu bağlamda Ovada anıza doğrudan ekim, ekim nöbeti uygulamaları, örtü bitkili yetiştiricilik vb., toprakta organik madde içeriğini artırıcı yeni toprak yönetim sistemlerinin uygulamaya geçirilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Alp Z, Atatanır L. (2025). Aydın Efeler İlçesindeki Alüvyal Toprakların Verimlilik Durumları ve Haritalanması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1):127–135.
- Anonim. (2025). Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Merkezi (TEMA). <http://www.topraktema.org.tr>

- Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2008). No-tillage and soil-profile carbon sequestration: An on-farm assessment. *Soil Science Society of America Journal*, 72(3): 693–701.
- Dündar, M. (1987). Toprak Organik Maddesi ve Ekolojik Açidan Önemi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37(1): 1–10.
- FAO. (2017). Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, İtalya.
- FAO. (2018). Soils and Pulses: Symbiosis for Life. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i6437e.pdf> (Erişim: Haziran 2018).
- Gao, L., Becker, E., Liang, G., Houssou, A. A., Wu, H., Wu, X., Cai, D., Degré, A. (2017). Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon. *Geoderma*, 288: 97–104.
- Halvorson, A. D., Wienhold, B. J., Black, A. L. (2002). Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3): 906–912.
- Hossain, M. E., Shahrukh, S., Hossain, S. A. (2022). Chemical fertilizers and pesticides: Impacts on soil degradation, groundwater, and human health in Bangladesh. *Environmental Degradation: Challenges and Strategies for Mitigation*, 63–92.
- Huang, M., Liang, T., Wang, L., Zhou, C. (2015). Effects of no-tillage systems on soil physical properties and carbon sequestration under long-term wheat–maize double cropping system. *Soil and Tillage Research*, 146: 45–52.
- Jackson, R. B., Lajtha, K., Crow, S. E., Hugelius, G., Kramer, M. G., Piñeiro, G. (2017). The ecology of soil carbon: Pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48(1): 419–445.
- Kern, J. S., Johnson, M. G. (1993). Conservation tillage impact on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Science Society of America Journal*, 57: 200–210.
- Lal, R., Mohtar, R. H., Assi, A. T., Ray, R., Baybil, H., Jahn, M. (2017). Soil as a basic nexus tool: Soils at the center of the food–energy–water nexus. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 4(3): 117–129.
- Mackenzie, F. T., Ver, L. M., Sabine, C., Lane, M., Lerman, A. (1993). C, N, P, S global biogeochemical cycles and modeling of global change. *Interactions of C, N, P and S Biogeochemical Cycles and Global Change*, 1–61.
- 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.
- Powlson, D., Smith, P., De Nobili, M. (2013). Soil organic matter. *Soil Conditions and Plant Growth*, 86–131.
- Sarkar, D., Maji, N. (2022). Status and threats of wetland change in land use pattern and planning. *Handbook of Research on Monitoring and Evaluating the Ecological Health of Wetlands*, 106–127.
- Soeder, D. J. (2020). Fossil fuels and climate change. *Fracking and the Environment: A Scientific Assessment of the Environmental Risks from Hydraulic Fracturing and Fossil Fuels*, 155–185.
- Swift, R. S. (2001). Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*, 166(11): 858–871.
- Yorulmaz, A., Aydın, G., Atatanır, L., Abacı, J. (2020). Aydın İli Söke Ovası Tarım Arazilerinin Güncel Durumlarının Değerlendirilmesi. *Tralleis Elektronik Dergisi*, 3(2): 46–56. <http://www.tralleisdergi.com>
- Zibilske, L. M. (1994). Carbon mineralization. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Microbiological and Biochemical Properties*, 5: 835–863.