

TOPRAĞA UYGULANAN FARKLI NEM VE BİYOÇARIN CO₂-C EMİSYONUNA VE NO₃-NH₄ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Nuri ELİK¹, Erdal SAKİN^{1*}

¹Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa/
Türkiye

*Sorumlu yazar: esakin@harran.edu.tr

Geliş (Received): 05.04.2021

Kabul (Accepted): 01.06.2021

ÖZET

Karasal karbon döngüsünün önemli bileşenlerinden olan toprak solunumu, atmosfere karbon (CO₂) transferinin ana işlemleridir. Toprak karasal karbonun depolarından olduğu gibi ana emisyon kaynaklarını da oluşturmaktadır. Farklı nem içeriğine sahip normal toprakta (N_T) CO₂-C çıkışı en düşük %35 nem (116.10 mg CO₂-C kg⁻¹) en yüksek ise %55 nem (191.54 mg CO₂-C kg⁻¹) içeriğinde ölçülmüştür. Biyoçar + nem uygulanan toprak örneklerinde CO₂-C çıkışı en az BC+%35 (103.16 mg CO₂-C kg⁻¹), en fazla BC+%55 (171.15 mg CO₂-C kg⁻¹) uygulamalarında ölçülmüştür. Farklı nem içeriğine sahip toprak örneklerinde yapılan mikrobiyalbiyomas karbon (MBC) ölçümlerinde en fazla MBC içeriği %55 nem, en düşük ise %35 nem içeriğinde tespit edilmiştir. Biyoçar + farklı nem uygulamaları toprakların NH₄ içeriğini arttırdığı ve en yüksek NH₄ konsantrasyonun ise %45 nemde ölçülmüştür. Biyoçar + farklı nem içerikleri toprağın NO₃ konsantrasyonlarında kısmen artışa neden olmuştur. NO₃ konsantrasyonu en fazla %55, en düşük %45 nem düzeylerinde belirlenmiştir. Global ısınmayı azaltmak ve iklim değişikliğini önlemek için BC gibi karbonca zenginleştirilmiş materyallerin toprağa uygulanmasında yarar vardır.

Anahtar Kelimeler: Biyoçar, Farklı Nem, CO₂, NH₄, NO₃

EFFECT OF DIFFERENT MOISTURE AND BIOCHAR APPLIED TO THE SOIL ON CO₂-C EMISSIONS AND NO₃-NH₄ CONTENT

ABSTRACT

Soil respiration, which is one of the important components of the terrestrial carbon cycle, is the main processes of carbon (CO₂) transfer to the atmosphere. Soil resources the main emission sources as well as terrestrial carbon stocks. In normal soil (N_S) with different moisture content, CO₂-C content is measured the lowest 35% moisture (116.10 mg CO₂-C kg⁻¹) and the highest 55% moisture (191.54 mg CO₂-C kg⁻¹). In soil samples treated with Biocar + moisture, CO₂-C output was measured at least in BC + 35% (103.16 mg CO₂-C kg⁻¹) and at most BC + 55% (171.15 mg CO₂-C kg⁻¹). In microbial biomass carbon (MBC) calculations made on soil samples with different moisture content, the highest MBC content was found at 55% moisture and the lowest at 35% moisture content. Biocar + different moisture

applications increased the NH_4 content of the soils and the highest NH_4 concentration was measured at 45% moisture. BC application + different moisture contents slightly increased in NO_3 concentrations. NO_3 concentration was determined at the maximum 55% and the lowest 45% moisture levels. It is useful to apply carbon-enriched materials such as BC to the soil to reduce global warming and prevent climate change.

Key words: Biochar, Different Moisture, CO_2 , NH_4 , NO_3

GİRİŞ

Toprak sıcaklığı ve toprak neminin dört farklı gaz türü (CO_2 , N_2O , CH_4 ve NO) ve çok çeşitli ekosistemler ve toprak türleri üzerindeki etkileşimli etkilerini eş zamanlı olarak değerlendiren laboratuvar deneylerinin sonuçları pek fazla bilinmemektedir (Schaufler ve ark., 2010). Her ne kadar bu dört kaynak üzerinde deney sonuçları olmasa bile CO_2 üzerinde bazı laboratuvarlar deney çalışmaları bulunmaktadır (Sakin, 2016; Dilekoğlu ve Sakin, 2017; Sakin ve Yanardağ, 2019). Ayrıca bu çalışmada laboratuvar ortamında sabit sıcaklıkta ve farklı nem koşullarında topraktan çıkan CO_2 ölçülmüştür. Bu faktörler toprağın biyolojik aktivitesini ve dolayısıyla sera etkisine neden olan ve iklim değişikliğine de katkıda bulunan gazlardan biri olan CO_2 emisyonunu etkilemektedir. Paustian ve ark. (2016), toprağın kontrollü koşullar altında inkübasyonu, farklı araştırmacılar tarafından yöntemle yönelik eleştirilere rağmen, topraktan CO_2 emisyonunun araştırılmasında en sık kullanılan yöntemlerden biri olmaya devam etmektedir. Bu tür çalışmalarla ilgili problemler, temel olarak, toprakların laboratuvar ortamında maruz kaldığı koşulların saha koşullarından çok farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Her ne kadar bu karşı çıkışlar haklı olsa da maksimum ve minimum koşullarda toprak çıkan CO_2 ve diğer gazların ölçülmesi için bu gerekli bir uygulamadır. Ayrıca, bazı yazarlar, uzun vadeli inkübasyon deneylerinin, toprak organik maddesinin kalitesinde ve orijinal olarak mevcut olan farklı fraksiyonların oranında değişikliklere yol açacağına, böylece inkübe edilen toprağın tarla toprağından çok farklı olacağına inanmaktadır (Chen ve ark., 2010).

Toprak respirasyonu karasal karbon döngüsünün en önemli bileşeni olup, atmosfere karbon (CO_2) transferinin ana prosesleridir (Fiedler ve ark., 2015). Toprak respirasyonu üç kaynaktan oluşmaktadır. Bunlar (i) toprak organik maddesi (SOM), (ii) ölü bitki artıkları ve (iii) toprakta yaşayan organizmalardır. Bu kaynaklar yıl boyunca değişmekte ve (Atarashi-Andoh ve ark., 2012) genel olarak toprak nemi ve sıcaklığına bağlıdır (Xu ve Luo, 2012; Sakin, 2016). Toprak nemi ve sıcaklığı mikrobiyal aktiviteyi etkilemektedir (Kim ve ark., 2012). Ayrıca toprakların toprak solunumu vejetasyon tipine, toprak yönetim pratiklerine, çevre koşullarına ve arazi kullanım tiplerine bağlı olarak değişmektedir (Angert ve ark., 2015). Organik iyileştiriciler (örneğin, çiftlik gübreleri, saman ve biyoçar) toprağa karbon bağlama (depolama) vasıtasıyla iklim değişimini azaltma ve toprak verimliliğini artırmadaki pozitif rolleri nedeni ile tarımsal ekosistemlerde geniş bir şekilde kullanılmaktadır (Gong ve ark., 2012; Sakin ve Yanardağ, 2019; Çelik ve ark., 2019). Topraktaki CO_2 emisyon miktarı topraktaki hazır karbon miktarının yanı sıra öncelikle uygulanan iyileştiricilerin miktar ve tipi gibi pek çok faktöre bağlıdır (Diaconu ve ark., 2010; Dilekoğlu ve Sakin, 2017). Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalar ile biocharın yeryüzünden atmosfere salınan CO_2 gazının salınımını azaltmaya yönelik yeni bir materyal olduğunu bildirmişlerdir (Wolf ve ark., 2010; Paustian ve ark., 2016; Çelik ve ark., 2017). Mısır sapından elde edilen biocharın uygulandığı topraklarda bitki biyomasın uygulandığı topraklara göre daha fazla karbonu tuttuğu ve CO_2 çıkışını azalttığını bildirmişlerdir (Sakin ve ark., 2019).

Biochar uygulamasının topraklarda ürün verimi %10 arttırdığını ve ürün kalitesine olumlu etkisi olduğunu bildirmişlerdir (Jeffery ve ark., 2011). Biochar uygulamalarının toprakların fiziksel özelliklerinden; toprakların su tutma kapasiteni, toprak gözenekliliğini ile beraber hidrolik iletkenliğini iyileştirdiğini (Devereux ve ark., 2012), hacim ağırlığını azalttığı ve agregat stabilitesini arttırdığını (Blanco ve ark., 2017), bildirmişlerdir. Biochar uygulamasının toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde de birçok önemli etkiye sahip olduklarını birçok araştırmacı bildirmiştir. Bitkide karbonhidrat flavonoid ve glikozitleri arttırdığı (Song ve ark., 2020), bitkinin gerek duyduğu bitki besin elementlerinin toprakta yayışlığını arttırdığını (Glaser ve ark., 2002; Pandit ve ark., 2018), topraktaki mikrobiyal faaliyeti arttırdığı ve ağır metallerin toksik etkilerini azalttığını (Rizwan ve ark., 2018) bildirmişlerdir. Fosil yakıtların yoğun kullanımından dolayı atmosferdeki karbon emisyonunun %40 yakını CO₂ gazıdır (Spigarelli ve Kawatra, 2013). Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu 1760 yılında 280 ppm iken, 2019 şubat ayında 410.6 ppm olarak yani 1.4 kat artış göstermiştir (Rashidi ve Yusuf, 2016; Kim ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı; farklı nem (%35, %45, %55, %65 ve %75) içeriklerine sahip kireçli topraklara uygulanan mısır biyoçarın ve farklı nem içeriklerinin (i) kireçli topraktan CO₂ çıkışına (ii) mikrobiyal biomas karbon içeriğine (iii) bitkilerce alınabilir amonyum ve nitratla üzerine olan etkileri incelenmiştir.

MATERYALVE METOT

Materyal

Çalışma alanı 37° 10' 14" kuzey enlemleri ile 39° 00' 14" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışmada kullanılan topraklar kireç ana materyali üzerinde oluşmuş AC horizonlu, killi ve kireçli topraklar olup, kalsik Vertisoller grubuna girmektedir (IUSS, 2014).

Metot

Toprak örnekleri Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında 0-30 cm toprak derinliğinde alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvar ortamında hava ortamında kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. İnkübasyon denemesi için hazırlanan topraklardan; 200 g alınmış ve 2 L (22 cm çapında 21 cm boyunda) plastik kaplara konulmuştur. Biochar olarak mısır saplarının prolez işlemi sonucunda elde edilen biyokömür kullanılmıştır. Toprak örneklerine 5 g CBC kg⁻¹ (CornBiochar) uygulanmış olup bir kap içerisinde homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Toprak örneklerine %35, %45, %55, %65 ve %75 oranlarda saf su ilave edilmiştir.

Toprak örneklerine su ilave edildikten sonra 50 ml'lik plastik kaplara 40 ml NaOH konulmuştur. NaOH ilave edilen kaplar toprak örneklerinin yer aldığı kaplarının içine yerleştirildikten sonra plastik kap hava almayacak şekilde kapakları sıkıca kapatılmıştır. Kapatılan kaplar 7 gün (1 hafta) inkübasyona bırakılmış ve deneme 21 hafta sürmüştür. Toprak örneklerinden çıkan CO₂-C miktarı (mg kg⁻¹ toprak) haftalık olarak NaOH metodu ile ölçülmüştür. İnkübasyon süresince alınan toprak örnekleri HCl asit ile titre edilerek CO₂-C miktarları bulunmuştur (Anderson, 1982). İnkübasyon denemesi laboratuvar koşullarında 25±2 °C'de yürütülmüştür. Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenliği (EC) (1:2.5 w/v ve 1:5 w/v sırası ile) diyonize su ile ölçülmüştür. Organik karbon potasyum dikromat

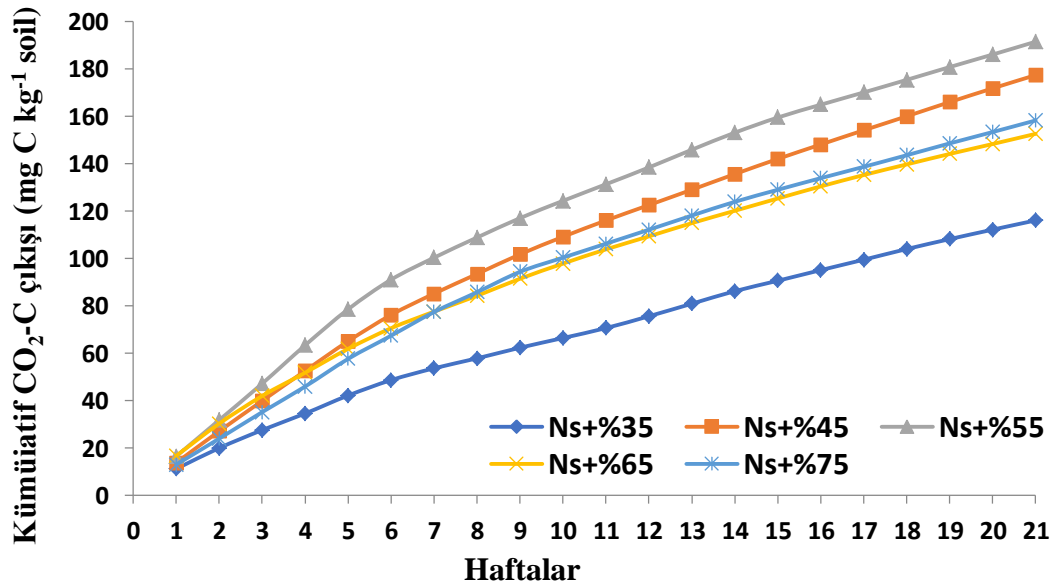
yükseltgenmesi ile yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Mikrobiyal Biyomas Carbon (MBC) içeriği Vance ve ark., (1987) metoduna göre belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyonlar CH_3COONa ve $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ çözeltileri ile (Jackson, 1958) belirlenmiştir. Toprakta NH_4 ve NO_3 (Cataldo ve Schrader, 1975) metoduna göre ölçülmüştür. Seçili toprak metotlarına göre pH 7.30, EC 82.60 $\mu\text{S cm}^{-1}$, OC içeriği %0.74, katyon değişim kapasitesi $42.05 \text{ cmol kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Değişebilir katyonlar arasında en fazla kalsiyum ($32.43 \text{ cmol kg}^{-1}$) ve en az potasyum ($1.24 \text{ cmol kg}^{-1}$) yer almaktadır. Mağnezyum ve Na sırası ile 3.19 ve $2.19 \text{ cmol kg}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Toprakların parçacık fraksiyonları arasında en fazla kil boyutundaki parçacıklar bulunmaktadır. Toprakların kil, silt ve kum parçacıkları sırası ile % 45, % 15 ve % 40 olarak ölçülmüştür.

Biyoçar eldesi için, mısır koçanı ayırdıktan sonra kalan gövde, sap ve yapraklar ufaltılarak alüminyum folya ile sıkı bir şekilde sarılmıştır. Alüminyum folyo ile sarılan materyal sınırlı oksijen içeren fırına konulmuştur. Fırın sıcaklığı $5 \text{ }^\circ\text{C dk}^{-1}$ olacak şekilde $400 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dk yakılmıştır (Sakin ve Yanardağ, 2019).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Farklı Nem İçeriklerinin $\text{CO}_2\text{-C}$ Emisyonuna Etkisi

Topraklara uygulanan farklı nem içeriklerine göre CO_2 'in kümülatif değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre normal toprakta $\text{CO}_2\text{-C}$ ($\text{mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$) çıkışı en düşük %35 nem ($116.10 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$) en yüksek ise %55 nem ($191.54 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$) içeriğinde ölçülmüştür. Toprağa uygulanan nem içeriği bakımından $\text{CO}_2\text{-C}$ çıkışı azdan – çoğa göre %35<%65<%75<%45<%55 şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Sulama suyu uyguladıktan sonra topraktan $\text{CO}_2\text{-C}$ çıkışı

Yapılan tekrarlı ölçümler varyans analizine göre nem içeriklerinin, haftaların ortalamalarının kendi içlerinde anlamlı derecede farklı oldukları ve nem içeriği*hafta etkileşiminin ise çok önemli olduğu görülmektedir ($p<0.01$) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Nem içeriklerinin varyans analizleri

Varyasyon kaynağı	SD	KT	KO	F-Value	P-Value	
Nemiçerikleri	4	261,84	65,460	23,02	0,000	***
Subject(Nemiçerikleri)	10	28,44	2,844			
haftalar	20	3475,32	173,766	191,52	0,000	***
haftalar*Nemiçerikleri	80	201,23	2,515	2,77	0,000	***
hata	200	181,46	0,907			
Genel	314	4148,29				

Bu çalışmalarda toprak emisyon oranının artması sonucunda toprakların kısa sürede önemli miktarda organik karbon kaybettiği görülmüştür. Düşük ve yüksek su içeriklerinin toprakta CO₂ üretimini engelleyebileceği açıkça görülmüştür. Sıcaklık ve mekânsal heterojenliğin etkilerinin kontrol edildiği toprak örneklerinin laboratuvar inkübasyonlarında, su içeriği fazla veya az olması CO₂-C üretimi azaltır. Yapılan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre farklı nem içeriklerine sahip toprak örneklerinde ortalama CO₂-C çıkışı en fazla %55, en düşük%35 nem içeriklerine sahip örneklerde saptanmıştır ($p<0.05$).

Toprak nem içeriği arttıkça çıkan CO₂-C miktarı %55 nem içeriğine kadar artmış ve daha sonra azalmıştır. Asidik veya nötr topraklarda toprak su içeriği arttıkça toprakta çözülebileceği CO₂-C miktarı artmasına rağmen bu durum bazik topraklar için söz konusu olmadığı bu çalışmada görülmüştür. Dünya'nın kara yüzeyinin%30'undan fazlasını kaplayan kireçli toprak (Chen ve Barak, 1982), çalışmaların çoğu, asidik veya nötr topraklardan CO₂-C emisyonuna odaklanmıştır. Çok az sayıda araştırmacı, toprak neminin kireçli topraktan CO₂-C emisyonu üzerindeki etkisini araştırmıştır (Parham ve Deng, 2000). Bazı araştırmacılar, karbonatların inkübasyon sırasında CO₂-C'i çözebileceğini ve serbest bırakabileceğini ve bu da topraktaki organik C mineralizasyonunun fazla tahmin edilmesine yol açabileceğini öne sürmektedir (Bertrand ve ark., 2007).

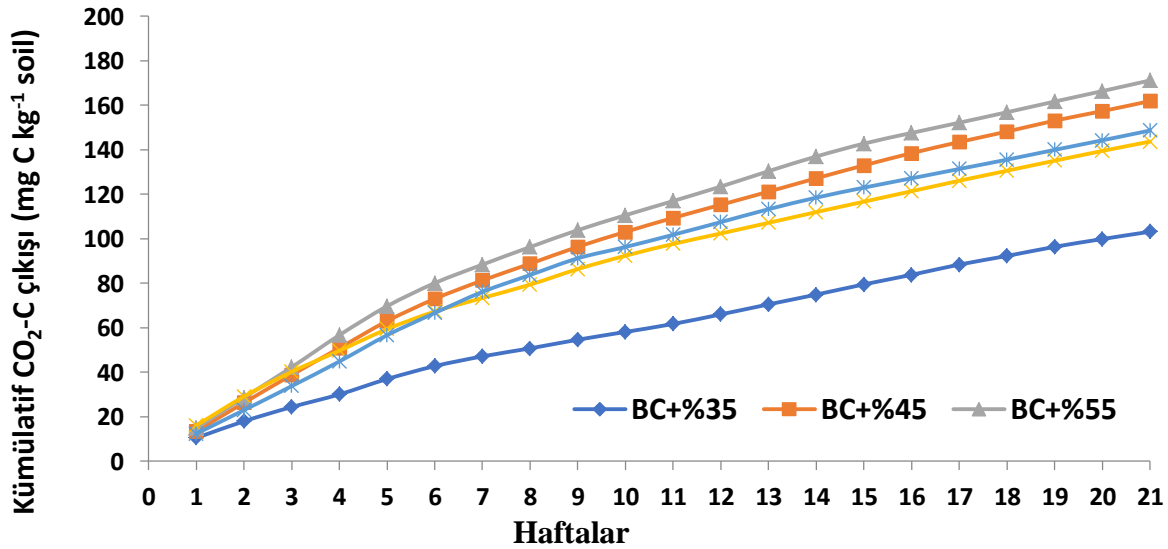
Kalsiyum karbonatın (CaCO₃) çözünmesi, toprak su içeriği ile yakından ilgili olan kimyasal bir süreçtir (Birkeland, 1984). Bu nedenle, toprak CO₂-C emisyonuna katkıda bulunan biyotik ve abiyotik süreçlerin ikisi de toprak neminden etkilenir. Su içeriğinin kireçli topraktan CO₂-C emisyonu üzerindeki kesin etkisi belirsizdir. Kalkerli topraktaki düşük içeriğine rağmen MgCO₃, CaCO₃'tan daha aktiftir. Bu nedenle, toprak karbonatlarının stabilizasyonunu tartışıldığında, MgCO₃'ın etkisi göz ardı edilmemelidir (Dong ve ark., 2014). Bazik toprakların kireç içeriği yüksek olmasının yanında toprak reaksiyonlarının yüksek olması nedeni ile topraktaki CaCO₃'ın çözülmesinin çok az olabileceği ve bu nedenle çıkan CO₂-C'in çok az olacağı bu çalışmada saptanmıştır.

Toprak nem içeriği su tutma kapasitesinin (WHC) yalnızca%5-10'u olduğunda CO₂ çıkışının düşük olduğunu, ancak artan nem içeriğiyle (%30-45) hızla arttığını belirtmiştir. Toprak su içeriğinin artması belli bir yerden sonra topraktaki O₂ miktarının azalmasına sebep olacak ve böylece mikroorganizmaların aktivitesi azalacaktır. Bunlara bağlı olarak da çıkan CO₂ miktarı azalacaktır (Sakin ve Yanardag, 2018; Dilekoglulu ve Sakin, 2017).

Biyoçar Uygulamalarının CO₂-C Emisyonuna Etkisi

Biyoçar (BC) uygulanan toprak örneklerinde CO₂-C çıkışı şekil 2’de verilmiştir. Çalışmada CO₂-C çıkışı en az BC+%35 (103.16 mg CO₂-C kg⁻¹), en fazla BC+%55 (171.15 mg CO₂-C kg⁻¹) uygulamalarında ölçülmüştür. Toprağa BC+N_s uygulamalarına göre CO₂-C çıkışı azdan çoğa BC+%35<BC+%65<BC+%75<BC+%45<BC+%55 şeklinde sıralanmaktadır. BC+%35 ile N_s+%35 uygulamaları karşılaştırıldığında N_s+%35 uygulaması %12.45 daha fazla CO₂-C saldırdığı saptanmıştır. BC+%55 ile N_s+%55 uygulamalarına bakıldığında BC+%55 uygulamasında çıkan CO₂-C %11.91 daha az olduğu ölçülmüştür. Biyoçarın yüksek derecede stabil olması nedeni ile uzun dönem C depolama özelliğine sahiptir. Artiolave ark. (2012), %60 nem içeriğinde yapmış oldukları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Kuzyakovve ark. (2014), biyoçarın uygulanması durumunda doğal TOK’un baskılandığı, bitki besin elementlerin kaybı sınırlandığı ve biyoçarın besin maddelerinin sorpsiyonu nedeni ile mikroorganizmaların aktivitesini azalttığı belirtmişlerdir.

BÇ’in toprakta C miktarını arttırdığı ve içeriğinde bulunan inatçı karbonun zor ayrışabilmesi neticesinde daha az emisyonu neden olduğu da ortaya çıkmıştır. Toprağa uygulanan BÇ topraktaki C içeriğinin artırması yanında toprağın C depolama kapasitesinin de arttırdığı düşünülmektedir. Bu durum toprakta meydana gelen organo-mineral komplekslerinin bir sonucu olarak ta göz önünde bulundurulabilir. Bu durum BÇ’in toprakta stabil C’u arttırmasının yanında daha az emisyonu neden olduğu da ortaya çıkmıştır. Karbon içeriği düşük topraklara organik iyileştiricilerin toprağa uygulanması toprak organik karbonun kararsız fraksiyonlarını arttırmaktadır. Yapılan pek çok çalışmada (Yanardağ ve ark., 2015-2017; Sakin ve Seyrek, 2017; Sakin ve Seyrek, 2018; Sakin ve Yanardağ, 2021) da bu durumdan bahsedilmektedir.



Şekil 2. Biyoçar + N_s uygulamaları sonrası topraktan CO₂-C çıkışı

Farklı Nem içeriğinin Mikrobiyal Biyomas Karbona (MBC) Etkisi

Toprak nemi toprak canlıları ve toprak biyo-kimyası üzerindeki etkisi basit bir işlemle açıklanamaz. Bunun sebebi toprak neminin sürekli değişken olması yani sabit olmamasındandır. Çalışmada farklı nem içeriğine sahip toprak örneklerinde yapılan MBC

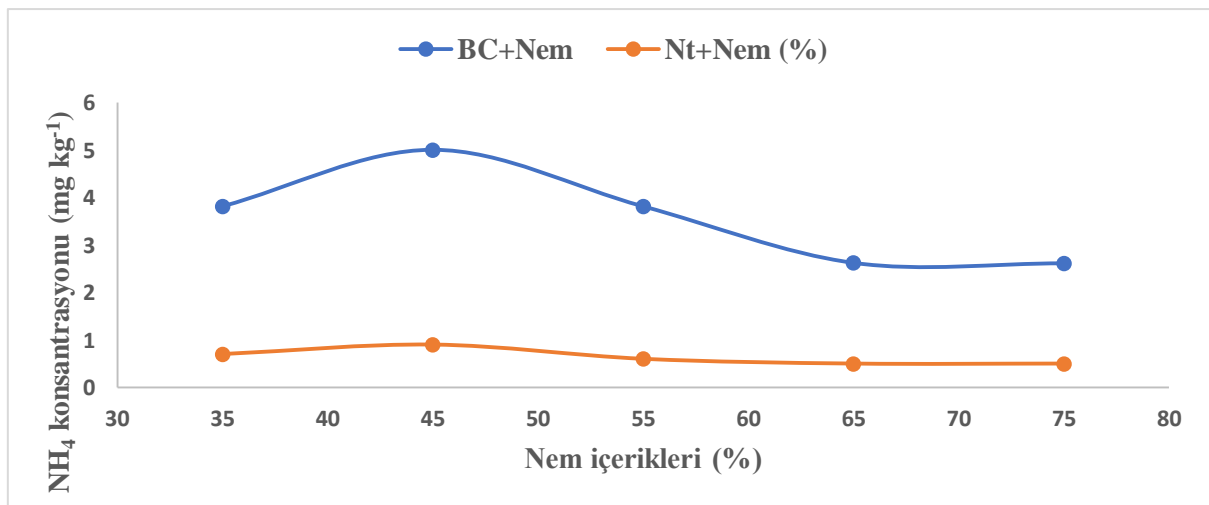
hesaplamalarından fazla MBC içeriği %55 nem, en düşük ise %35 nem içeriğinde tespit edilmiştir. Yapılan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre %45, %55 ve %65 aynı olup en yüksek, %35 ise en düşük ortalamaya sahip olduğu bulunmuştur. Karşılaştırma testine göre 1. hafta en yüksek, 21. hafta en düşük MBC içeriğine sahip olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Toprak su içeriği iyi olan (iyi nemli) topraklar, daha işlevsel olarak çeşitli mikrobiyal biyomas toplulukları barındırır. Bununla birlikte, aşırı toprak nemi, daha düşük bir mikroorganizma biyokütlesine yol açabilir. Kuraklık koşulları ise toprağın dengesini bozarak (Unger ve ark., 2009), topraktaki tüm biyo-kimyasal olayları etkileyebilir. Toprak nem içeriği ile toprak mikrobiyalbiyomas aktivitesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi son derece önemlidir (Borowik ve Wyszowska, 2016).

Çizelge 2. Nem içeriklerinin MBC içeriğine etkisi

Nem içeriği	Ortalama MBC	Std hata	
%35	64.07	5.09	b
%45	96.17	5.11	a
%55	107.19	5.19	a
%65	104.68	5.59	a
%75	89.31	5.11	ab

Farklı Nem İçeriği + Biyoçar Uygulamalarının Amonyuma Etkisi

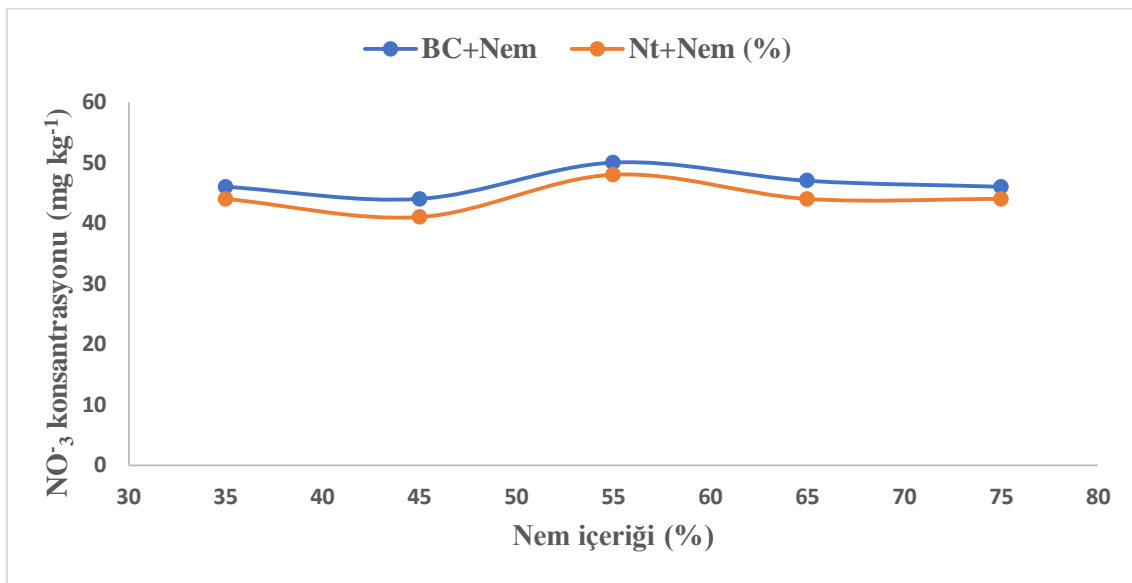
Farklı nem içeriğine sahip topraklarda amonyumun nem ile ilişkisi ($R^2=0.66$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Biyoçar uygulaması toprakların amonyum içeriğini arttırdığı ve en yüksek amonyum konsantrasyonunun ise %45 nemde ölçülmüştür. Biyoçar uygulaması ile toprakların farklı nem içeriklerinin tümünde amonyum içeriklerinde artış belirlenmiştir. Topraklara biyoçar uygulaması ile topraklarda meydana gelen amonyak gazı salınımını engelleyerek ortamda oluşan amonyak gazını biyoçar bünyesine alarak kaybı engellemekte bu nedenle amonyum kaybını olmadığı için biyoçar uygulanan topraklar diğerlerine göre 2 kat daha fazla amonyum konsantrasyonu belirlenmiştir (Wang ve ark., 2015). Yüksek nem içeriğine sahip 2:1 tipi kil minerallerinin baskın olduğu topraklarda fikse olan amonyumun azalmasından dolayı amonyum konsantrasyonunda azalma olmaktadır.



Şekil 3. Farklı nem içerikleri+BC uygulamalarının NH4 ilişkisi

Farklı Nem İçeriği + Biyoçar Uygulamasının Nitrata Etkisi

Farklı nem içeriklerine sahiptir topraklarda nitrat konsantrasyonları ile nem ilişkisi ($R^2=0.39$) yüksek, biyoçar + nem uygulamasının olduğu topraklarda bu ilişki ($R^2=0,34$) orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Biyoçar uygulamasının farklı nem içerikleri nitrat konsantrasyonlarında kısmen artış görülmüştür. Nitrat konsantrasyonu en fazla %55, en düşük %45 nem düzeylerinde belirlenmiştir. Biyoçar uygulanan topraklarda nitrat konsantrasyonları biyoçarın özelliklerine göre sınırlı bir artış görülmektedir (Yang ve ark., 2017). Toprakta artan nem içeriğine bağlı olarak nitratın toprak profilinden yıkanarak kaybı söz konusu olmaktadır. Çalışmada kapalı kaplardan bir sıvı çıkışı olmadığı için yüksek nemde dahi bir nitrat kaybı olmamıştır. Topraklara uygulanan biyoçarın bir miktar nitratı absorbe ettiği belirlenmiştir (Prendergast ve ark., 2011).



Şekil 3. Farklı nem içerikleri+BC uygulamalarının NO₃ ilişkisi

SONUÇ

Farklı nem içeriğine sahip normal toprakta CO₂-C (mg CO₂-C kg⁻¹) çıkışı en düşük %35 nem (116.10mg CO₂-C kg⁻¹) en yüksek ise %55 nem (191.54 mg CO₂-C kg⁻¹) içeriğinde ölçülmüştür. Toprağa uygulanan nem içeriği bakımından CO₂-C çıkışı azdan – çoğa göre %35<%65<%75<%45<%55 şeklinde sıralanmaktadır.

Biyoçar + nem uygulanan toprak örneklerinde CO₂-C çıkışı en az BC+%35 (103.16 mg CO₂-C kg⁻¹), en fazla BC+%55 (171.15 mg CO₂-C kg⁻¹) uygulamalarında ölçülmüştür. Toprağa BC+N_s uygulamalarına göre CO₂-C çıkışı azdan çoğa BC+%35<BC+%65<BC+%75<BC+%45<BC+%55 şeklinde sıralanmaktadır.

Farklı nem içeriğine sahip toprak örneklerinde yapılan MBC hesaplamalarından fazla MBC içeriği %55 nem, en düşük ise %35 nem içeriğinde tespit edilmiştir. Toprak su içeriği iyi olan (iyi nemli) topraklar, daha işlevsel olarak çeşitli mikrobiyalbiyomas toplulukları barındırır. Bununla birlikte, aşırı toprak nemi, daha düşük bir mikroorganizma biyokütlesine yol açabilir.

Biyoçar + farklı nem uygulaması toprakların amonyum içeriğini arttırdığı ve en yüksek amonyum konsantrasyonun ise %45 nemde ölçülmüştür. Biyoçar uygulaması ile toprakların farklı nem içeriklerinin tümünde amonyum içeriklerinde artış belirlenmiştir. Biyoçar uygulamasının farklı nem içerikleri nitrat konsantrasyonlarında kısmen artış görülmüştür. Nitrat konsantrasyonu en fazla %55, en düşük %45 nem düzeylerinde belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Angert, A., Yakir, D., Rodeghiero, M., Preisler, Y., Davidson, E.A., T. Weiner., 2015. Using O₂ to study the relationships between soil CO₂ efflux and soil respiration. *Biogeosciences*, 12, 2089–2099.
- Atarashi-Andoh, M., Koarashi, J., Ishizuka, S., Hirai, K., 2012. Seasonal patterns and control factors of CO₂ effluxes from surface litter, soil organic carbon, and root-derived carbon estimated using radiocarbon signatures. *Agric. For. Meteorol.*, 152, 149–158.
- Anderson JPE (1982) Soil respiration. In: Page AL (ed) *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd edn. AmSocAgron, Madison, pp 831–871.
- Artiola, J.F., Rasmussen, C., Freitas, F., 2012. Effects of a Biochar-Amended Alkaline Soil on the Growth of Romaine Lettuce and Bermudagrass. *Soil Science*, 177 (9):561-570.
- Bertrand, I., Delfosse, O., Mary, B. 2007. Carbonandnitrogenmineralization in acidic, limedandcalcareousagriculturalsoils: apparentandactualeffects. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(1): 276–288.
- Birkeland, P. W., 1984. *Soil sand Geomorphology*. Oxford: Oxford UniversityPress, 372.
- Borowik, A., J. Wyszowska., 2016. Soilmoisture as a factor affecting the microbiological and biochemical activity of soil. *Plant Soil Environ*, 6: 250–255.
- Blanco-Canqui, H. 2017. Biochar and Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 81(4), 687. doi:10.2136/sssaj2017.01.0017
- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., Mathieu, J. 2019. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development* 39;15-34.
- Celik, A.,Sakin, E.,Yalcin, H., Dilekoglu, M.F., Seyrek, A., 2019. Carbondynamics in salt-affectedcalcareousoils in SE Turkey. *Fresen. Environ. Bull.* 28 (9): 6749-6756.
- Çelik, A., İnan, M., Sakin, E., Büyük, G., Kırpık, M., Akça, E., 2017. Kuru Tarımdan Sulu Tarıma Geçiş Sonrası Toprak Özelliklerindeki Değişmeler: Adıyaman Örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (2): 80 – 86.
- Chen, X., Tang, J., Jiang, L., Li, B., Chen, J., Fang, Ch. 2010. Evaluating the impacts of incubation procedures on estimated Q₁₀ values of soil respiration. *Soil Biol. Biochem.* 42, 2282-2288.
- Devereux, R. C., Sturrock, C. J., & Mooney, S. J. (2012). Theeffects of biochar on soilphysicalpropertiesandwinterwheatgrowth. *Earth*

- and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 103(01), 13–18. doi:10.1017/s1755691012000011
- Dong, Y., Cai, M., Zhou, J., 2014. Effects of moisture and carbonate additions on CO₂ emission from calcareous soil during closed-jar incubation. *J Arid Land*, 6(1): 37–43.
- Diacono, M., Persiani, A., Testani, E., Montemurro, F., & Ciaccia, C., 2019. Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming: Biofertilizer production, yield performance and carbon footprint analysis. *Sustainability*, 11(14), 3824.
- Dilekoğlu, M.F., Sakin, E., 2017. Determination of Carbon Emissions in Shallow Soil of Harran Plain, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4): 675-682.
- Fiedler, S.R., Buczko, U., Jurasinski, G., Glatzel, S., 2015. Soil respiration after tillage under different fertilizer treatments—implications for modeling and balancing. *Soil and Tillage Research*, 150:30-42.
- Gong, W., X. Yan, J. Wang, 2012. The effect of chemical fertilizer on soil organic carbon renewal and CO₂ emission—a pot experiment with maize, *Plant Soil* 353:85-94.
- Gaarder, T. 1957. Studies in Soil Respiration in Western Norway, The Bergen District (Naturvitenskapelig rekke Nr. 3). Universitetet i Bergen Arbok
- Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biol. Fertil. Soils* 35 (4), 219–230.
- IUSS, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Jackson, M.L. 1956. Soil Chemical Analysis- Advanced Course. Publ. by the author, Dept. Soils, Univ. of Wisconsin, Madison, WI.
- Jeffery, S., F. G. A. Verheijen, M. van der Velde, and A. C. Bastos, 2011: A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 144, 175–187.
- Kim, C., Kim, J., Joo, S., Bu, Y., Liu, M., Cho, J., & Kim, G. 2018. Efficient CO₂ utilization via a hybrid Na-CO₂ system based on CO₂ dissolution. *Science*. doi:10.1016/j.isci.2018.10.027
- Kim, D.G., Vargas, R., Bond-Lamberty, B., Turetsky, M., 2012. Effects of soil rewetting and thawing on soil gas fluxes: a review of current literature and suggestions for future research. *Biogeosciences*, 9 (7), 2459–2483.
- Kowalenko C. G., Ivarson K. C. And Cameron D. R. 1978. Effect of moisture content, temperature and nitrogen fertilization on carbon dioxide evolution from field soils. *Soil Biology & Biochemistry*. 10, 417-423.
- Kuzyakov, Y., Bogolomova, I., Glaser, B., 2014. Biochar stability in soil: Decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific ¹⁴C analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 70:229-236.

- Lim, S. L., Wu, T. Y., 2016. Characterization of matured vermicompost derived from valorization of palm oil mill byproduct. *J. Agric. Food Chem*, 64, 1761-1769.
- Makkar, C., Singh, J., Parkash, C. 2017. Vermicompost and vermiwash as supplement to improve seedling, plant growth and yield in *Linum usitatissimum* L. for organic agriculture. *Int J Recycl Org Waste Agricult*, 203-218. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0168-4>
- Nelson, D. W., Sommer, L. E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page AL (ed) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr.9(2). Amer Soc Agron Madison, WI, p 539-579.
- Parham, J.A., Deng S.P., 2000. Detection, quantification and characterization of β -glucosaminidase activity in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 1183-1190.
- Pandit, N.R., Mulder, J., Hale, S.E., Martinsen, V., Schmidt, H.P., Cornelissen, G., 2018. Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. *Sci. Total Environ.* 625, 1380-1389
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P., 2016. Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49-57. doi:10.1038/nature17174
- Prendergast-Miller, M. T., Duvall, M., & Sohi, S. P., 2011. Localisation of nitrate in the rhizosphere of biochar-amended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(11), 2243-2246. doi:10.1016/j.soilbio.2011.07.019
- Rashidi, N. A., & Yusup, S. (2016). An overview of activated carbon utilization for the post-combustion carbon dioxide capture. *Journal of CO2 Utilization*, 13, 1-16. doi:10.1016/j.jcou.2015.11.002
- Rizwan, M., Ali, S., Zia ur Rehman, M., Rinklebe, J., Tsang, D.C.W., Bashir, A., Maqbool, A., Tack, F.M.G., Ok, Y.S., 2018. Cadmium phytoremediation potential of brassica crop species: a review. *Sci. Total Environ.* 631-632, 1175-1191.
- Sakin, E., Ramazanoglu, E., Sakin, E.D. 2019. The Effect of Corn Plant Biomass and Biochar on Soil Carbon Dioxide (CO₂) Emission. 2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi Uygulamalı Bilimler (Proceedings Book), 143-148. Mardin.
- Sakin, E., 2016. Seasonal Variations of Carbon Emissions in Uncultivated Soils. *Oxidation Communication*, 39 (2): 1374-1384.
- Sakin, E., Yanardag, I.H., 2019. Effect of application of sheep manure and its biochar on carbon emissions in salt affected calcareous soil in Sanliurfa region SE Turkey. *Fresen. Environ. Bull.* 28 (4), 2553-2560.
- Schaufler, G., B. Kitzler., A. Schindlbacher., U. Skiba., M. A. Sutton., S. Zechmeister-Boltenstern., 2010. Greenhouse gas emissions from European soils under different land use: effects of soil moisture and temperature. *European Journal of Soil Science*, 61, 683-696.
- Sharma, K., Garg, V.K., 2017. Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earth worm *Eisenia fetida* (Sav.), *Bioresource Technology* Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101>

- Sohi, S. P., E. Krull, E. Lopez-Capel, and R. Bol, 2010. Chapter 2 – A review of biochar and its use and function in soil. *Adv. Agron.* 105, 47–82
- Song, S., Arora, S., Laserna, A. K. C., Shen, Y., Thian, B. W. Y., Cheong, J. C., Wang, C.H. 2020. Biochar for urban agriculture: Impacts on soil chemical characteristics and on Brassica rapa growth, nutrient content and metabolism over multiple growth cycles. *Science of The Total Environment*, 138742. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138742.
- Spigarelli, B. P., & Kawatra, S. K. 2013. Opportunities and challenges in carbon dioxide capture. *Journal of CO₂ Utilization*, 1, 69–87. doi:10.1016/j.jcou.2013.03.002
- Unger I. M., Kennedy A.C., Muzika R.-M., 2009. Flooding effects on soil microbial communities. *Applied Soil Ecology*, 42: 1–8.
- Xu, X., Luo, X. 2012. Effect of wetting intensity on soil GHG fluxes and microbial biomass under a temperate forest floor during dry season. *Geoderma* 170: 118–126.
- Yanardağ, İ.H., Zornoza, R., Cano, A.F., Büyükkılıç Yanardağ, A., Mermut, A.R., 2015. Evaluation of carbon and nitrogen dynamics in different soil types amended with pig slurry, pig manure and its biochar by chemical and thermogravimetric analysis. *BiolFertil Soils* 51:183–196.
- Yanardağ, I. H., Zornoza, R., Bastida, F., Büyükkılıç-Yanardağ, A., García, C., Faz, A., & Mermut, A. R. 2017. Native soil organic matter conditions the response of microbial communities to organic inputs with different stability. *Geoderma*, 295, 1-9.
- Yang, X., Tsibart, A., Nam, H., Hur, J., El-Naggar, A., Tack, F.M.G., Wang, C.-H., Lee, Y.H., Tsang, D.C.W., Ok, Y.S., 2019. Effect of gasification biochar application on soil quality: trace metal behavior, microbial community, and soil dissolved organic matter. *J. Hazard. Mater.* 365, 684–694.
- Yang, J., Li, H., Zhang, D., Wu, M., & Pan, B. 2017. Limited role of biochars in nitrogen fixation through nitrate adsorption. *Science of The Total Environment*, 592, 758–765. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.10.182
- Wang, B., Lehmann, J., Hanley, K., Hestrin, R., Enders, A. 2015. Adsorption and desorption of ammonium by maple wood biochar as a function of oxidation and pH. *Chemosphere*, 138, 120–126. doi:10.1016/j.chemosphere.2015.05.062