

**T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI NEM İÇERİKLERİNE SAHİP TOPRAKLARDA KARBON
EMİSYONU**

Nuri ELİK

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Bölgenin iklim özellikleri	16
3.1.2. Bölgenin toprak özellikleri	16
3.2. Yöntem	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	18
4.1. Araştırma Bulguları.....	18
4.2. Tartışma.....	27
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	28
5.1. Sonuçlar.....	28
5.2. Öneriler.....	28
KAYNAKLAR	30
ÖZGEÇMİŞ	35

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI NEM İÇERİKLERİNE SAHİP TOPRAKLARDA KARBON EMİSYONU

Nuri ELİK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Erdal SAKİN
Yıl: 2019, Sayfa:42

Karasal ekosistemlerde karbonun büyük bir kısmı topraklarda depolanmaktadır. Topraklar atmosferik karbondioksiti (CO₂) bağlama veya depolama yerleridir. Bu çalışma ile topraktan CO₂ -C emisyonu ölçülmüştür. Harran Üniversitesi Osmanbey kampüsünden alınan toprak örnekleri havada kurutulmuş öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Analizlere hazır hale getirilen topraktan 200 g alınıp 2 L'lik PVC kutularına aktarılmıştır. Kutuların her birine 5 g biyoçar (BC) ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. Bu işlemden sonra örnekler %35, %45, %55, %65 ve %75 olmak üzere farklı nem miktarları ayarlanmıştır. Nem işleminden sonra 50 ml'lik plastik kaplara NaOH ilave edilmiş ve kutulara bırakılmış ve örnekler 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda NaOH konulmuş kaplar çıkartılmış ve HCL ile titre edilmiştir. Çalışma 21 hafta sürmüş ve çıkan sonuçlar haftalık olarak nem içerikleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda örnekler haftalık değişim ve kümülatif değerler bakımından karşılaştırılmış ve nem farkına bağlı çıkan CO₂ -C miktarı karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde karbon emisyonunun haftalara bağlı olarak düştüğü, toprak nem oranındaki artışa bağlı olarak anlamlı şekilde arttığı, benzer şekilde toprak nem oranı ile mikrobiyal biyomas arasında pozitif yönlü, yüksek düzeyde ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Elde edilen veriler SPSS 24.0 paket programı ile karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Toprak nem içeriği, karbon emisyonu, farklı nem içerikleri

ABSTRACT

MSc Thesis

CARBON EMISSION IN SOILS WITH DIFFERENT MOISTURE CONTENT

Nuri ELİK

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

**Supervisor: Assoc. Dr. Erdal SAKİN
Year: 2019, Page:42**

In terrestrial ecosystems, a large proportion of carbon is stored in soils. Soils are places where atmospheric carbon dioxide (CO₂) is bound or stored. CO₂-emission from soil was measured with this study. Soil samples taken from Harran University Osmanbey campus were dried, ground and passed through a 2 mm sieve. 200 g of the soil prepared for analysis was taken and transferred to 2 L PVC boxes. 5 g of biocar (BC) was added to each well and mixed well. After this process, 35%, 45%, 55%, 65% and 75% moisture contents were adjusted to the samples. After the moisture treatment, NaOH was added to 50 ml elastic dishes and left in the cans and the samples were incubated for 7 days. At the end of the incubation, the plates with NaOH were removed and titrated with HCl. The study lasted 21 weeks and the results were compared weekly with moisture content. At the end of the study, the samples were compared in terms of weekly change and cumulative values and the amount of CO₂-C resulting from moisture difference was compared. As a result of the study, it was observed that carbon emission decreases depending on the weeks, increases significantly due to the increase in soil moisture rate, and similarly, there is a positive, high level and significant relationship between soil moisture rate and microbial biomass. The obtained data were compared with SPSS 24.0 package program.

KEY WORDS: Soil moisture content, carbon emission, different moisture content

TEŞEKKÜR

Öğrencilik hayatımda ve yüksek lisans çalışmalarımıda benden desteklerini esirgemeyen başta Ailem olamak üzere

Lisans ve Yüksek Lisans dönemlerinde maddi manevi desteklerini esirgemeyen ve çalışmalarımıda bana destek olan Danışman Hocam ve İdolüm Sayın Doç. Dr. Erdal SAKİN'e

Bana hayatımın her alanında destek olan ve moral kaynağım olan Nişanlım Suna YAMAN'a

Çalışmalarımda bana destek olan Meslektaşım Sayın Mehmet MENĐI'ye

Bana her türlü konuda destek çıkan Meslektaşım Sayın Munzur ABAK'a

Ve öğrencilik dönemi boyunca bana destek olan Harran Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölüm Hocalarıma bölüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3. 1. Toprak örneklerinin alındığı alan..... 15



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4. 1. Toprak respirasyonunun haftalık değışimi (mg CO ₂ -C kg toprak hafta ⁻¹)	18
Çizelge 4. 2. Haftalık CO ₂ salınım değışimi	20
Çizelge 4. 3. Haftalara göre karbon emisyonunun değışimi.....	22
Çizelge 4. 4. Tekrarlı ölçümler varyans analizine göre karbon emisyonunun nem içeriği ve haftalara göre karşılaştırılması	23
Çizelge 4. 5. Toprak nem içeriğine göre karbon emisyonunun karşılaştırılması.....	23
Çizelge 4. 6. Toprak nem içeriklerine göre karbon emisyonları arasındaki korelasyon.....	24
Çizelge 4. 7. Toprak nem içeriklerine mikrobiyal biyomas düzeyleri.....	25
Çizelge 4. 8. Tekrarlı ölçümler varyans analizine göre mikrobiyal biyomas düzeyiğinin nem içeriği ve haftalara göre karşılaştırılması	26
Çizelge 4. 9. Toprak nem içeriğine göre mikrobiyal biyomasın karşılaştırılması	27
Çizelge 4. 10. Toprak nem içeriklerine göre mikrobiyal biyomass arasındaki korelasyon	28

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra artan ve giderek artışı hızlanan sera gazları yaşadığımız atmosferde olumsuz etkiler oluşturmakta ve yeryüzünde iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Artan bu sera gazları başlıca CO₂, NO, N₂O ve CH₄'dir. Artan bu sera gazlarının %'75 lik bir miktarına sanayileşme fosil yakıtlar ve maden işletmeciliği faaliyetleri sonucu oluşurken %25 lik bir kısmı tarımsal faaliyeti sonucu meydana gelmektedir. Başlıca sera gazlarının en önemlisi ve bilim insanları tarafından en çok çalışmalara konu olan gaz CO₂'dir. CO₂ bitki su toprak ve atmosfer döngüsünde yer almakta ve bu döngüde sürekli yer değiştirmektedir.

Dünyada tüm bilim insanları'nın çalışmalarına konu olan CO₂ bitkiler yardımı ile toprağa geçmekte insan faaliyetleri sonucu topraktan atmosfere geçmekte ve atmosferde yoğunluğu arttıkça yeryüzünde oluşan zararları artmaktadır. Oluşturduğu bu zararlar başlıca iklim değişiklikleri, buzulların erimesi sıcaklıkların artması su kaynaklarının tükenmesi ve kuraklıkların yaşanması olarak sıralanabilir. Bu alanda yapılan tüm çalışmalarda CO₂'nin bu döngüde tartışmasız toprakta tutulması hedeflenmektedir. Fakat son zamanlarda artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayamayan sınırlı sayıdaki tarım arazilerininin gıda ihtiyacını karşılayabilmesi için bir sezon dönemde birim alandan daha çok ürün elde etme amacı ile sezon dönemi boyunca art arda birden fazla ürün yetiştiriciliği yapılmakta ve aynı zamanda ormanlık alanlar tahrip edilip tarım alanlarına açılmaktadır. Bu sebepten dolayı tarım yapılan alanlar genişledikçe işlenen toprak alanları arttığından ve toprak yüzeyleri belli dönemlerde çıplak bırakıldığından dolayı o alan topraklarında bağlanan C'nun da atmosfere salınımı artmakta ve dolayısı ile atmosferde C yoğunluğunun artmasına sebep olmaktadır.

Tarım arazilerinde aşırı toprak işleme ve bunun yanında yüzeyi çıplak kalan toprakların erozyon sonucu hem toprak kaybı yaşaması hem'de toprakta bulunan C'nun atmosfere salınmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda yüksek verim amacı ile aşırı sulamalarda toprak erozyonuna toprak yapısını bozmaya sebep olduğu için C emisyonu'nu arttırmaktadır. Çalışmamızı yürüttüğümüz Güneydoğu Anadolu bölgesi kurak ve yarı kurak bir iklime sahiptir. Yazları kurak ve sıcak kışları ise soğuk geçen

bu bölge toprakları türkiyenin tarım arazisi bakımından önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Geniş alana sahip bu tarım topraklarında tarım olarak pamuk, buğday, arpa gibi ürünler yetiştirilmektedir. Bu alanda çoğunlukla kanallar yolu ile tarımda sulama yapılmaktadır.

Yapılan bu sulamanın bilinçli ve seviyeli bir biçimde yapılmaması durumunda toprak yapısı bozulmakta ve bitkiler yardımı ile toprağa bağlanan C nun topraktan kopup atmosfere karışması kaçınılmazdır. Bu durumda atmosferde CO₂ yoğunluğunun artmasına ve yeryüzünün olumsuz etkilenmesine sebep olacaktır. Bu durum karşısında yaptığımız çalışmada bu bölge topraklarında laboratuvar ortamında farklı nem içeriklerinde toprakta bulunan CO₂ nin absorpsiyonu gözlemlenerek bu ve buna benzer alanlarda topraktaki C nun neme bağlı olarak topraktan çıkışı gözlemlenerek tarım arazilerinde sulamada en uygun su düzeyini belirlemektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprak respirasyonu karasal karbon döngüsünün en önemli bileşeni olup, atmosfere karbon (CO₂) transferinin ana prosesleridir (Bond-Lamberty and Thomson, 2010; Fiedler et al., 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 et al., 2012) genel olarak toprak nemi ve sıcaklığına bağlıdır (Xu and Luo., 2012). Toprak nemi ve sıcaklığı mikrobiyal aktiviteyi etkilemektedir (Kim et al., 2012). Ayrıca toprakların toprak solunumu vejetasyon tipine, toprak yönetim pratiklerine, çevre koşullarına ve arazi kullanım tiplerine bağlı olarak değişmektedir (Giardina et al., 2014; Angert et al., 2015).

Tarımsal alanlar yeryüzü yüzölçümünün aşağı yukarı %40-50'sini oluşturmaktadır. Buda karasal alanlarının yaklaşık olarak yarısını meydana getirmektedir. Tarımsal alanlar üzerinde yapılan antropojenik aktiviteler nedeniyle atmosfere sera gazları salınmaktadır. En önemli sera gazları CO₂, CH₄ ve N₂O olup emisyonun büyük bir kısmına sahiptir. Toplam antropojenik sera gazları emisyonu 1970-2010 yılları arasında hızlı bir şekilde artmıştır. Bu artış, iklim değişikliği azaltma politikasına rağmen 1970-2000 yılları arasındaki artışa (0.4 Pg CO₂ eq; %1.3) göre 2000-2010 yılları arasındaki yıllık toplam sera gazları emisyonu 1 Pg CO₂'e eşdeğer (%2.2) bir artış görülmüştür. Toplam antropojenik sera gazları emisyonu, insanlık tarihinden bu yana 2000-2010 yılları arasında olup, 2010 yılında 49 Pg CO₂ eq (±4.5) ulaşmıştır. 2007-2008 yıllarında yaşanan ekonomik kriz nedeni ile geçici olarak azalmıştı. 2010 yılı verilerine göre, toplam sera gazlarının emisyonu içindeki fosil yakıtları ve endüstriyel işlemlerden salınan CO₂ % 65'ini, orman ve diğer arazi kullanım alanlarından salınan % 11, nitroz oksit (N₂O) gazları % 6.2 ve metan (CH₄) % 16'sını oluşturmaktadır (IPCC, 2014).

Tarım, orman ve diğer arazi kullanım (TORDAK) alanları sürdürülebilir kalkınma ve besin güvenliği için merkezi bir rol oynamaktadır (IPCC, 2014). Çünkü yaşam ve aktiviteler bu tür alanlar üzerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle tüm iligi

ve gözler TARDAK alanlarına çevrilmiş durumdadır. Bitki çimlenme, büyüme ve gelişme dönemlerinde topraktan azotu (N) ve atmosferden CO₂'yi alarak yaşamını devam ettirmektedir. Daha sonra bitkiler ve diğer canlılar parçalanıp ayrıştığında toprak altı ve toprak üstü canlı-ölü biyomas, ölü artıklar ve toprak organik maddesi (TOM) gibi farklı havuzlar içermektedir. Karbondioksit ve CO₂ dışındaki sera gazlarından özellikle ve en fazla metan (CH₄) ve nitrozoksitler (N₂O) yakmalar, TOM ve ölü bitki biyoması ve bitki respirasyonu vasıtasıyla atmosfere dönmektedir. Antropojenik arazi kullanım aktiviteleri ve arazi kullanımındaki değişimler doğal akışlar üzerine üst üste değişmelere neden olmaktadır (IPCC, 2014).

Toprak organik ve inorganik materyaller toprağa ilave edildiğinde gerek bitki büyümede gerek bakteriyel işlemler vasıtasıyla atmosfere CO₂, CH₄ ve N₂O gazları atmosfere salınmaktadır. Tarımsal sektör CO₂ olmayan global sera gazlarına geniş bir etkiye sahip olup, 2005 yılında emisyonlarının %56'sına etki ettiği hesaplanmıştır (U.S. EPA., 2011). 2010 yılında yapılan çalışmada tarımsal alanlardan CO₂ – olmayan sera gazlarının yıllık toplam miktarı 5.2 – 5.8 Pg CO₂ eq yıl⁻¹ (FAOSTAT, 2013; Tubiello et al., 2013) olup, toplam global emisyonlarının %10-12'sini oluşturmaktadır. Tarımsal aktiviteler (traktör, sulama pompaları vb emisyonu neden olanlar) sonucu oluşan emisyon 0.4-0.6 Pg CO₂ eq yıl⁻¹ (FAOSTAT, 2013) arasında saptanmıştır.

Atmosfere salınan karbonun büyük bir kısmı tarımsal aktiviteler sonucu meydana gelmektedir. 2011 yılı verilerine göre global arazi alanlarının %37.8'i tarımsal amaç için kullanılmıştır (FAOSTAT, 2013). Böylece global toprak respirasyonun geniş bir kısmı tarımsal arazi kullanımı (5.2 Mg C ha⁻¹ yıl⁻¹) tarafından gerçekleşmektedir (Chen et al., 2010). İşlenmemiş alanlarda 2.23 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ (Sakin, 2016), işlenmiş alanlarda 1.49 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ (Sakin ve Sakin, 2015), ormanlık alanlarında 2.14, terk edilmiş yerleşim yerlerinde 1.77 ve zeytinlik alanlarında 1.16 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ (Almagro et al., 2009), iğne yapraklı ormanlar alanlarında 1.12, karışık ağaçlı orman alanlarında 1.56 ve geniş yapraklı orman alanlarında 1.9 g CO₂-C m⁻² gün⁻¹ olarak belirtmişlerdir (Zhou et al., 2015).

Sakin ve Yanardağ (2017), farklı tarımsal aktivitelerin yapıldığı alanlarda topraklardan çıkan karbon emisyonunu ($\text{g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$) ölçmüşlerdir. Bu alanlar sırası ile işlenmiş, işlenmemiş, nar, elma ve bağ alanlarından oluşmaktadır. Çalışmalarında ortalama $\text{CO}_2\text{-C}$ çıkış miktarları 2013-2014 yılında sırasıyla $1.834 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, $2.275 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, $2.170 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, $1.690 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ve $2.471 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ arasında değiştiği belirtmişlerdir. Aynı tarımsal alanların 2014-2015 yılı ortalama $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyon değerleri ise sırasıyla $1.750 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, $2.272 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, $2.162 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, $1.635 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ve $2.442 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ saptamışlardır.

Yıllara göre toprakların $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyon değerlerine bakıldığında 1'inci yıl (2013-2014) emisyon miktarı 2'nci yıla (2014-2015) göre fazla saptanmıştır. İkinci yılda toprakların 5 ve 10 cm derinlikte toprak nemi, bağıl nem ve bağıl sıcaklık 1'inci yıla göre fazla olup, 5 ve 10 cm toprak derinliğinde toprakların toprak sıcaklığı ise 1'inci yıla göre düşük çıkmıştır. 2013-2014 sezonunda $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyonun fazla olması toprağın 5 ve 10 cm toprak sıcaklığı neden olduğu düşünülmektedir. 2014-2015 yılı 5 ve 10 cm toprak sıcaklığı hariç diğer iklim verileri 2013-2014 yılına göre daha fazla saptanmıştır. Karbon emisyon miktarı 2013-2014 sezonunda daha fazla ölçülmüştür. Bu da bize toprak sıcaklığının $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyon üzerinde olan etkisini gözler önüne sermektedir (Sakin ve Yanardağ, 2017).

Çevresel parametrelerin farklı kültivasyon koşulları altındaki toprakların $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyon değerleri üzerine olan etkisi incelenmiştir. Bu faktörlerde, toprak nemi (5 ve 10 cm derinlikte), toprak sıcaklığı (5 ve 10 cm derinlikte), kap içi sıcak, kap içi nem, bağıl nem ve bağıl sıcaklık gibi parametreler olduğu belirtmişlerdir. Çalışmada farklı sitelerde ölçülen $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyonu bu parametrelerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada $\text{CO}_2\text{-C}$ çıkışı tarımsal alanlar arasında fazla bir farkın çıkmadığı belirtmişlerdir. Bunun sebebini toprakların benzer ve aynı site yer almalarından kaynaklandığından söz etmişlerdir. 5 ve 10 cm toprak derinliğinde ölçülen toprak nemi işlenmemiş, nar, bağ ve elma alanlarında tespit edilen $\text{CO}_2\text{-C}$ emisyonu arasında istatistiksel bakımında çok önemli, işlenmiş alanlarla ise önemsiz negatif bir korelasyon tespit etmişlerdir (Sakin ve Yanardağ, 2017).

Tüm sitelerde toprak sıcaklığı (5 ve 10 cm derinlikte) ile topraktan çıkan CO₂-C arasında istatistiksel bakımından çok önemli pozitif bir ilişki bulunmuştur (P<0.01). Bu pozitif ilişkide sıcaklığın CO₂-C emisyonu üzerinde olan etkisini açıklamakta ve diğer parametrelerden daha fazla öneme sahip olduğunu göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmada CO₂-C emisyonu üzerinde çevresel parametrelerin etkileri az çok olmasına rağmen sıcaklık faktörü kadar çarpıcı olmadığını ifade etmişlerdir (Sakin ve Yanardağ, 2017).

Sakin ve Sakin (2015), çalışmasına göre kurak ve yarı kurak Güneydoğu Bölgesinde Şanlıurfa - Harran Ovası'nın killi topraklarında 0-5 cm'de ortalama toprak nemi (12.89±0.56) ve toprak sıcaklığına (18.19±2.07) bağlı olarak topraktan çıkan karbon (C) miktarı ölçmüşlerdir. Bu sıcaklık ve nem miktarına göre ortalama karbon çıkışı 1.49 g C m⁻² gün⁻¹ (±0.075SE) (5.46 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) saptanmıştır. Topraktan çıkan CO₂ ile toprak sıcaklığı arasında pozitif, toprak nemi ile ise negatif bir ilişki vardır. Toprak sıcaklığının artması, mikroorganizma faaliyetleri, ayrışma ve parçalanmanın artmasına neden olmuştur (Zhou et al., 2015).

Nobrega et al. (2016) yılında Brezilya'da Akdeniz ikliminde kireçli topraklarda yapmış olduğu çalışmada CO₂ emisyonunu Timonha River Mangrove bölgesinde 1.07, Jaguaribe' de 0.49 ve Coco' da 0.39 g CO₂ m⁻² gün⁻¹ olarak ölçmüşlerdir. Timonha bölgesinde yüksek CO₂ çıkışı toprakların yüksek karbon içeriğine bağlı olmayıp, daha çok aşırı antropojenik faktörlerin etkisindedir (Silva and Souza, 2006; Nobrega et al. 2016). Bu antropojenik aktivitelerin diğer dezavantajı toprağa karbon girişinin azaltılmadığıdır (Nobrega et al., 2016). Gerçek anlamda antropojenik etkiler (ör: ağaçların sökülmesi vs) ilk başlarda CO₂ emisyonu hızlı olup, zamanla bu artış azalmaktadır (Langat et al., 2014). Mevcut çalışmamızda CO₂-C emisyonu en fazla elma bahçelerinde görülmüştür. Bu bahçede organik artıkların toprağa girişi fazla olup, aynı zamanda kültivasyon işlemleride (sürüm vb) fazladır. Bu nedenle bu tür alanlarda karbon emisyonu doğal olarak artmaktadır. Çalışmamızda da bu sonuca varılmıştır.

Pan et al. (2015) yılında %28'i ağaçlarla kaplı ve 600 cm toprak derinliğine sahip, yıllık ortalama yağış miktarı 550 mm olan (Kasım-Nisan) Afrika'nın Savanna ekosistemlerindeki Kruger National Park bölgesindeki Skukuza Camp'taki topraktan çıkan CO₂'i belirlemek için mikrobiyal biyomas (MB) ve sıcaklık – nem (TM) parametrelerini incelemişler. Çalışmalarında Kruger National Park Savanna'larında ölçülen ortalama yıllık CO₂ akışı toprak havasındaki CO₂ konsantrasyonuna ve yüzey örtüsü ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Gölge (orman) ve yarı gölge alanlarındaki CO₂ çıkışı karşılaştırıldığında yıllık ortalama toprak emisyonunun %30'u yarı gölge (sıralı) alanlardan çok gölge alanlardan (ormanla kaplı) çıkmaktadır (F=11.62, p<0.006). Gölge (orman) ve yarı gölge alanlardan ortalama çıkan CO₂ miktarı sırasıyla 0.99 g CO₂ m⁻² h⁻¹ (±0.07 SE) ve 0.77 g CO₂ m⁻² h⁻¹ (±0.06 SE) olduğu belirtilmiştir.

Sakin and Yanardağ (2017), çalışmalarında toprak neminin topraktan CO₂ çıkışı üzerindeki etkisi kompleks olup toprak sıcaklığı ve nemi yalnızca etkili olmayıp diğer parametrelerde etkilidir. Çalışmada CO₂-C emisyonu sırasıyla en fazla elma, nar, işlenmemiş, işlenmiş ve bağ alanlarında belirlenmiştir. Elma ve nar alanları genellikle gölge ve yüzey örtüsü fazla olan sitelerdir. İşlenmemiş alanlarda ise genellikle otsu ve odunsu bitkiler var olup, başka bir deyişle çıkan ve giren karbonun denge halinde olduğu anlamına gelmektedir. Bağ alanlarında ise asma araları genel olarak açık olup, uzun zamandan beri işlenmekte ve aralar temizlenmektedir. Bu nedenle toprağa karbon girişi az olduğu için emisyonunda az olmaktadır.

Arid çevre koşulları altında yapılan çalışmalarda yüksek emisyon değerleri saptanmıştır. Semi arid iklimlerde ve 640 mm yağış koşulları altında fundalık ve çalılık alanlarında yapılan çalışmada 9.31-11.5 g CO₂ m⁻² gün⁻¹ (43.000-42.000 kg ha⁻¹ yıl⁻¹), çim koşulları altında ise 5.48 g CO₂ m⁻² gün⁻¹ (20.000 kg ha⁻¹ yıl⁻¹) çıkışı (Allaire et al. 2012) kaydetmiştir. Çin'in arid bölgelerinde mera alanlarında yapılan çalışmada gelişim sezonu sırasında haftalık CO₂ emisyonu dalgalanma göstermekte olup, ortalama 1680 kg ha⁻¹ hafta⁻¹ (2.4 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) saptanmıştır. İspanya'nın

semi-arid bölgelerinde 285-1080 kg CO₂ ha⁻¹ haftalık-1 (4.07-15.43 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) çıkışı kaydetmiştir.

Sakin and Yanardağ (2019), Çalışmalarında ortalama yıllık yağış miktarı 300-340 mm arasında olduğu belirtmişler. Bu nedenle çalışma sonuçlarının düşük olduğunu bulmuştur. Çalışmalarının olduğu iklim bölgesi yazları oldukça kurak geçmekte ve Haziran – Ekim arasında hiç yağış düşmemekte ve sıcaklık oldukça yüksek görülmektedir. Yapılan laboratuvar çalışmasında toprak su içeriğinin topraktan CO₂ difüzyonunu engellemektedir. Diğer yandan düşük toprak su içeriği mikrobiyal aktivite ve kök respirasyonunu kısıtlamaktadır (Curiel Yuste et al., 2003).

Almagro et al (2009) Güneydoğu İspanya'nın Murcia bölgesinin kuzeybatısında bulunan Cehegin bölgesinde bir çalışma yapmışlardır. Bölge kurak orta Akdeniz iklim kuşağında, yıllık yağışın 370 mm olduğu ve bu yağışın büyük bir kısmı kış ve ilkbahar aylarına düşmektedir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 15.5 °C, yıllık evapotranspirasyon 800 mm olup, yıllık su açığı 430 mm olduğu belirtmektedir. Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak ve kurak ayları olup, bu aylarda tarımsal üretim için su kısıtlayıcı bir faktör olduğu ifade edilmektedir. Araştırmacılar çalışmalarını (i) orman alanı, (ii) terk edilmiş tarımsal alan (25 yıl öncesine kadar tahıl ekili alan), (iii) zeytinlik alan (sadece yağmur suyu) olmak üzere üç farklı kültivasyon koşulları altında gerçekleştirmişlerdir.

Zeytinlik alanı 100 yıldan beri kültüre alınmış ve 10x10m ara ile zeytin dikili olup, hektara yaklaşık 107 ağaç bulunmaktadır. Ormanlık alanlar ise Alepo Pines (Pinus halepensis) ağaçlarından oluşmaktadır. Çalışma alanı toprakları, silt tekstürlü, kireçli lolluviyal (zeytinlik ve ormanlık) ve Triasic marl kolluviyal (terk edilmiş alan) şeklinde olup sırasıyla Petric kalsisol, Hypercalcic calcisol ve Calcaric regosol toprak sınıflarından oluşmaktadır (FAO, 2006). Çalışmada üç farklı toprak kültivasyonu arasında otomatik karbon ölçüm cihazı ((LI-6400, LI-COR, Lincoln, NB, USA) ile topraktan CO₂ çıkışını karşılaştırmışlardır. Ölçümler Ocak 2006 – Aralık 2007 yılları arasında aylık ve 09:00-12:00 saatleri (güneşleme zaman) arasında yapmışlardır (Almagro et al., 2009).

Çalışmada toprak sıcaklığı ve nemin mevsimsel değişimine bakıldığında toprak sıcaklığının maksimum olduğu yaz aylarına (Temmuz 2007-2007; 28.82-27.35 C°) toprak nemi minimum, toprak nemin maksimum olduğu kış aylarında ise toprak sıcaklığı minimum (7.41-7.13 °C) ölçülmüştür. Günlük toprak sıcaklık farkları istatistiksel bakımından önemsiz çıkmıştır. Toprakların nem içerikleri 0-15 cm toprak derinliğinde ormanlık alanlar %23.14, terk edilmiş alanlar %23.60 ve zeytinlik alanlar %29.02 (Ocak 2006-2007) arasında saptamışlardır. Yaz aylarında toprak nemi ise sırasıyla %7.23, %10.14 ve %9.66 arasında olup Temmuz 2006-2007 yılları arasında tespit etmişlerdir. Toprak nem içeriği Temmuz başından Eylül sonuna kadar %10'un altında olup daha sonra keskin bir şekilde arttığı belirtilmektedir. Toprak respirasyonu mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Bu değişim toprak sıcaklık ve nemine bağlıdır. Toprak respirasyonu sıcaklığa bağlı olarak Nisan ayına kadar sabit bir şekilde artmış ve bu dönemde pik (3.72g ve 3.46 g C m⁻² gün⁻¹, Nisan 2006-2007) yapmıştır. Respirasyon olayı ilkbaharın son ve yaz aylarında azalmış olup, bu aylarda TSİ (toprak su içeriği) %10'un altına düşmüştür. Bu olay toprak neminin toprak respirasyonu üzerindeki olan etkisini gözler önüne sermektedir. Ağustos 2006 yılında 22.4 mm yağış düştükten sonra tüm arazi kullanım alanlarında yapılan ölçümlerde ortalama respirasyon (TSİ:7.68, Rs: 1.28 g C m⁻² gün⁻¹) oranları Ağustos 2007 yılında elde edilen respirasyona göre düşüktür. Tüm arazi kullanım alanları için toprak nem içeriğinin en yüksek ve toprak sıcaklığının en düşük olduğu kış ayında respirasyonu minimum ölçülmüştür. Yıllık ortalama toprak respirasyonu ormanlık, terk edilmiş tarımsal alanlar ve zeytinlikler sırasıyla 2.44, 1.94 ve 2.26 g C m⁻² gün⁻¹ şeklinde ölçülmüştür (Almagro et al., 2009).

Toprak respirasyonu, toprak su içeriği %10'un üzerinde olduğu ormanlık ve zeytinlik alanlarda veya %15'in üzerinde olduğu terk edilmiş tarımsal alanlarda toprak sıcaklığı ile pozitif bir ilişki (p<0.001) ilişki bulunmaktadır. Toprak sıcaklığının 16 C'nin üstüne olduğu zaman tüm arazi kullanım alanlarında toprak su içeriği ile toprak respirasyonu arasında pozitif (p<0.001) bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Almagro, 2009). Toprak respirasyonunu etkileyen diğer önemli parametre ise toprak nemidir. Laboratuvarında yapılan çalışmalarda toprağın yüksek su içeriği topraktan CO₂ çıkışını engellemektedir (Doran et al., 1990; Skopp et al.,

1990). Diğer yandan düşük toprak su içeriği toprakta mikrobiyal aktiviteyi ve kök respirasyonunu engellemektedir (Curiel Yuste et al., 2007). Toprak respirasyonu, özellikle uzun süren kuraklık dönemlerinde yağışlardan sonra keskin bir pik yapmaktadır (Almagro., 2009).

İspanya'nın Murcia bölgesinin Kuzeybatısında Cehegin bölgesinde yıllık yağış miktarının 370 mm, ortalama evapotranspirasyon oranı 800 mm yıl^{-1} olan ormanlık, tarımsal alan ve zeytinlik alanlarda, hypercalcid calcisol ve calcarik regosol grubunda silt tekstürlü toprakta karbon emisyonuna etki eden parametreleri tespit etmek için yapılan modelleme çalışmalarında toprak sıcaklığı her üç bölgede çalışma periyodunda benzer olduğu belirtilmiştir. Orman bölgesinde toprak su içeriği (TSİ) tarımsal alan ile zeytinlik alanların TSİ'nin 2-4 katı kadar olduğu, bununda ormanlık alanlarda sık ağaçlanma ve gölgenin bolluğundan kaynaklanmaktadır (Almagro., 2009).

Toprak respirasyonu toprak sıcaklığının artması ile arttığı ve bu dönemler pik (3.58 ve $3.34 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ Nisan 2016-2017) yaptığı ifade edilmiştir. Kurak sezonda ve toprak su içeriğinin %10'un altına düştüğü kuru dönemlerde ise toprak respirasyonu azalmaktadır. Kurak mevsimde düşen yağışlar ve sonrasında respirasyonda meydana gelen keskin ve hızlı yükseliş ile düşüşler yaşandığı, buda toprak nem içeriğinin toprak respirasyonu üzerindeki sınırlayıcı etkisini göstermektedir (Almagro, 2009).

Toprak nem içeriğinin %7.68 olduğu dönemde toprak respirasyonu $1.23 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, %13.3 olduğu dönemde ise $3.32 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak saptamışlardır. Tüm arazi kullanım alanlarında toprak nem içeriğinin yüksek olduğu kış mevsiminde toprak respirasyon oranı düşük olması aynı döneme ait toprak sıcaklığının düşük olmasına bağlamıştır. Bu mevsimde ortalama respirasyon oranları ormanlık, tarımsal ve zeytinlik alanlarda sırasıyla 2.35 , 1.87 ve $2.18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ hesaplanmıştır (Almagro, 2009).

Toprak respirasyonu toprak nem içeriğinin %10'un üzerinde ise toprak sıcaklığı ile pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Diğer yandan tüm arazi kullanımlarında toprak sıcaklığının 16 °C'nin üzerine olduğu durumlarda toprak su içeriği ile respirasyon arasında pozitif korelasyon bulunmuştur ($p<0.001$). Kurak dönemler ise toprak sıcaklığı negatif bir ilişki bulunmuştur (Almagro, 2009).

Karasal karbon (C) döngüsü global döngünün çok önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Son yıllarda yoğun insan faaliyetleri ile artan C emisyonunun ve toprak tuzlulaşma problemlerinin azaltılması üzerine çalışmalar büyük bir önem kazanmaktadır. Hayvan gübresi uygulamaları degrade olmuş toprakların sürdürülebilirliğini geliştiren ve havalanmasını sağlayan, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirmektedir (Sohi et al., 2010). Toprağa uygulanan farklı organik materyalin toprakta CO₂ çıkısına etkilerinin farklı olduğu sonucu bilinmektedir. Bu etkiler topraktaki mevcut olan C miktarının yanı sıra uygulanan materyalin tipi ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Gong et al. (2012), organik iyileştiriciler toprağa karbon bağlama vasıtasıyla iklim değişimini azaltma ve toprak verimliliğini artırmadaki pozitif rolleri nedeni ile tarımsal ekosistemlerde geniş bir şekilde kullanıldığını belirtmiştir. Mapanda et al. (2011), toprağa uygulanan organik iyileştiricilerin topraktan CO₂ emisyonuna etkilerinin değişik olduğu göstermişlerdir. Diacona et al. (2010) topraktaki CO₂ emisyon miktarı topraktaki hazır karbon miktarının yanı sıra öncelikle uygulanan iyileştiricilerin miktar ve tipi gibi pek çok faktöre bağlı olduğu göstermiştir. Li et al. (2013), böylece topraktaki CO₂ emisyonunun organik iyileştiricilere genel yanıtı belirsiz kalmakta ve kompleks bir süreçten oluşmaktadır.

Biyoçar, proliz işlemleri içinde organik bileşiklerin yakılması ile elde edilen, kömüre benzeyen ve tarımsal kültürler için siyah altın olarak tanımlanan materyaldir. Biyoçar, 100-1000 yıl arasında toprakta kalan, toprağa karbon depolayan ve bu nedenle global sera gazlarını azaltan (Chowdhury et al. 2014) inatçı karbondan oluşmaktadır (Cheng et al., 2008). Biyoçar bitkide ya Na⁺'un alınmasının azaltılması veya dışarıya atılmasının kolaylaştırılması nedeni ile tuzluluğun negatif etkilerini azaltılabilir (Thomas et al., 2013).

Sakin and Yanardağ (2019), koyun biyoçarı (KGBC) ve gübresi (KG) ile farklı tuz konsantrasyonları uygulanmış toprakların karbon dinamiklerini incelemişlerdir. Yapılan ölçümlerde, KG-KGBC karıştırılan toprak örneklerinde artan EC değerlerine göre topraktan çıkan CO₂-C miktarı azalmıştır. Bu azalma kontrol grupları ile karşılaştırıldığında KG'sinde %15.62 (EC=4 dS m⁻¹), %19.5 (EC=8 dS m⁻¹), %40.15 (EC=12 dS m⁻¹) ve % 48.43 (EC=16 dS m⁻¹)'lik bir azalma görülürken KGBC'li örneklerde ise sıra ise %21.76, %52.94, %58.82 ve %67.64'lük bir azalma görülmüştür. Denemenin son haftasında KG karıştırılan topraklarda EC uygulaması sonucunda elde edilen ölçümler kontrol grubu ile anlamlı bir farklılık göstermeyerek stabil hale geldiği belirtmişlerdir (P>0.05).

Artiola et al. (2012), yapmış olduğu inkübasyon çalışmasında bir aylık verilerin değerlendirilmesinde bu azalmanın % 40 olduğu belirtmişlerdir. Biyoçar toprakta yavaş parçalandığı, ayrışmaya karşı daha dirençli olması nedeniyle, BÇ uygulamalarının OC'nun ayrışma-parçalanma süresini azalttığı ve toprakta C'nun depolaması üzerinde pozitif yönlü potansiyel bir etkiye sahip olduğu önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Lu ve ark., 2014; Weiwei et al., 2014).

Sakin and Yanardağ (2019), topraktan CO₂ çıkışı ilk haftalarda hızlı olup daha sonraları yavaşlayarak stabil bir duruma geldiğini saptamışlardır. Haftalık bazda en fazla çıkış 1'inci haftada ölçülmüştür. İlk haftalarda hava kuru toprağın %50 tarla kapasitesine getirilmesiyle, gübrede ki çözünebilir C'nin kolayca mikrobiyal canlılar tarafından parçalanması ile emisyonun daha fazla çıkmasına neden olduğunu düşünmüşlerdir. Daha sonra ilerleyen haftalarda çalışma ortamında bulunan labile C'nin azalmasıyla geriye kalan daha inatçı formdaki C'nin mikroorganizmalar tarafından yavaş ayrıştırılma sebebi ile emisyon oranı azalmıştır. Toprağa uzun süre biyoçar ilave edilmesi durumunda diğer organik artıklara göre toprağa daha fazla karbon depolar ve böylece global iklim değişimini azalmaya yardım edebileceği (Woolf et al., 2010) belirtmişlerdir.

Sakin and Yanardağ (2019), Çalışmanın ilk haftasında (1'inci haftada) EC= 0 tuzluluk düzeyinde, kontrol grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında KGBC'ı

uygulanan topraktan toplam CO₂ çıkışı (0.31 g CO₂-C kg⁻¹ hafta⁻¹) KG uygulanan (0.95 g CO₂-C kg⁻¹) topraklardan % 67.05 daha az olduğu saptamışlardır. Çalışmanın dördüncü haftasında kümülatif değerlerin karşılaştırılmasında ise bu azalmanın % 42.56 olduğunu görmüşlerdir. Çalışmanın son haftasında (14'üncü hafta) ise bu azalma % 62.16 olarak saptamışlardır. Setia ve ark. (2010), tuzsuz (normal) toprakta 49 günlük inkübasyondan sonra, saman artığı uygulanan toprakların kümülatif CO₂ çıkışı kontrol toprağında önemli oranlarda yüksek bulunduğunu belirtmişlerdir. Artiola ve ark. (2012), siltli-kum tekstürlü, alkali ve toprak su içeriği % 60 olacak şekilde % 2 ve % 4 oranlarında biyoçar uygulanan topraklarda 4 ay boyunca CO₂ emisyonu ölçmüşlerdir. Çalışmanın 1'inci ayın sonunda, % 2 ve % 4 biyoçar karıştırmış topraklarda CO₂ emisyonu kontrol grubu toprağa göre % 40 daha az olduğu saptamışlardır. Yine de, 4'üncü ayın sonunda biyoçar uygulanan toprakların kümülatif CO₂ emisyonu kontrol grubuna göre % 31 daha az olduğu belirtmişlerdir. Biyoçarın toprağın hacim ağırlığını düşürdüğü ve toprak su içeriğini arttırdığı ifade etmişlerdir.

Sakin ve Yanardağ (2019) Farklı tuz konsantrasyonlarına göre topraklardan çıkan CO₂ miktarı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak her iki uygulamada da CO₂ çıkışı azalmış olduğunu belirtmiştir. Ancak bu azalma KGBC'ı uygulanan topraklarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3 a,b). Buna göre çalışmanın ilk haftasında KGBC'ı uygulanan topraklarda CO₂-C çıkışı kontrol grubuna (0.32 g CO₂-C kg⁻¹ hafta⁻¹) göre artan EC= 4, 8, 12 ve 16 dS m⁻¹ değerlerine göre tuz sırası ile 0.24 g CO₂-C kg⁻¹ (% 25), 0.21 g CO₂-C kg⁻¹ (% 33.25), 0.20 g CO₂-C kg⁻¹ (% 35.71) ve 0.14 g CO₂-C kg⁻¹ (% 53.57) bir azalma saptanmıştır. Çalışmanın sonunda ise (14 hafta) kümülatif olarak % 20, % 34.78, % 48.64 ve % 66.03 bir azalma görülmüştür (Sakin ve Yanardağ, 2019).

Aynı biyoçar türünde (KGBC) denemenin bir aylık (4'üncü hafta) verileri karşılaştırıldığında bu azalma sırası ile % 15.44, % 44.63, % 51.22 ve % 61.78 saptanmıştır. Bu çalışmada toprağa uygulanan KGBC'ı normal hayvan gübresine göre toprakta daha fazla kaldığı ve daha az CO₂ çıkışına neden olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca artan EC değerlerine göre topraklardan CO₂ çıkışının azaldığı bu

azalmanın KGBC'ı uygulanan topraklarda daha az olduğu ortaya çıkmıştır. Her iki uygulamada da $EC=0 \text{ dS m}^{-1}$ uygulanan topraklardan çıkan CO_2 daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu durum sağlıklı bir toprak için normal olduğu tahmin edilmiştir. Çünkü topraktaki yaşam koşulları toprak canlıları için ideal durumdadır. Ancak tuzlu topraklarda ve artan tuzluluk derecesine göre bu ideal durum ortadan kaybolmaktadır (Sakin and Yanardağ, 2019). Tuzlu toprakların suyla doymun olması nedeni ile organizmaların aktivitesinin azalması nedeni ile CO_2 miktarı azalmıştır (Oren and Steinberger, 2008); Setia et al., 2010).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma alanı $37^{\circ} 10' 14''$ kuzey enlemleri ile $39^{\circ} 00' 14''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Topraklar kireç ana materyali üzerinde oluşmuş AC horizonlu, killi ve kireçli topraklar olup, kalsik Vertisoller grubuna girmektedir (IUSS, 2014). Toprak örnekleri Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında 0-5 cm toprak derinliğinde alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvar ortamında hava ortamında kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Hazır hale getirilen topraktan 200 g alınmış ve 2 L (22 cm çapında 21 cm boyunda) plastik kaplara konulmuştur. Toprak örneklerine 5 g MBC kg^{-1} uygulanmış ıyice karıştırılmıştır. Karıştırılan örneklere %35, %45, %55, %65 ve %75 oranlarda saf su ilave edilmiştir.



Şekil 3. 1. Toprak örneklerinin alındığı alan

3.1.1. Bölgenin iklim özellikleri

Şanlıurfa'da kontinental iklim özelliği ağır basmaktadır. Gece ile gündüz ve yaz ile kış ortalama sıcaklıkları arasında büyük farklar vardır. Yıllık sıcaklık farkı bazen 40 °C santigrad dereceyi aşar. En sıcak ay temmuz'da sıcaklık bazen 46 dereceye ulaşır. En soğuk ay olan Şubat'ta ise sıcaklığın sıfırın altına düştüğü görülmektedir. Şanlıurfa da yıllık yağış ortalaması (15 yıllık ortalama) 482,4 mm olarak hesaplanmıştır. En yüksek yağış 1954 yılında 786,9 mm dir. En düşük yağış 1959 yılında 323,9 mm olarak ölçülmüştür.

3.1.2. Bölgenin toprak özellikleri

Harran serisi toprak taksonomisine göre Vertic Calciorthid alt grubunda, Calciorthid büyük grubunda, Orthid alt ordosuna ve Aridisol Ordosuna girmektedir (Dinç ve ark., 1988).

Harran serisi toprakları, Harran Ovasını doğu, batı ve kuzeyden çevreleyen Tektek, Fatik ve Urfa dağlarından gelen çamur akıntularından oluşmuş, alüvyal ana materyalli, düz ve aşağılara doğru artan yoğunlukta kireç ceplerini içermektedir. A, B, C horizonlu topraklar olup, pH 7.3 ile 7.8 arasında, organik madde içeriği düşük, kation değişim kapasitesi yüksektir. Kation değişim kapasitesi kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark., 1988).

3.2. Yöntem

Toprak örneklerine su ilave edildikten sonra 50 ml'lik plastik kaplara 40 ml NaOH konulmuştur. NaOH ilve edilen kaplar PVC kaplarının içine konulmuş ve ağzları sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Kapatılan kaplar 7 gün inkübasyona bırakılmış ve deneme 21 hafta sürmüştür. Toprak örneklerinde çıkan CO₂-C miktarı haftalık olarak NaOH metodu ile ölçülmüştür. İnkübasyonda çıkarılan örnekler HCl asit ile titre edilerek CO₂-C miktarı bulunmuştur (Anderson., 1982). Laboratuvar sıcaklığı 25±2 °C'ye ayarlanmıştır.

Çalışmada toprakların CO₂-C emisyonu, MBC, OM ve N belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenliği (EC) (1:25 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 and Sommers, 1982). Mikrobiyal Biyomas Carbon (MBC) içeriği Vance et al., (1987) metoduna göre belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyonlar CH_3COONa ve $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ çözeltileri ile (Jackson, 1958) belirlenmiştir.

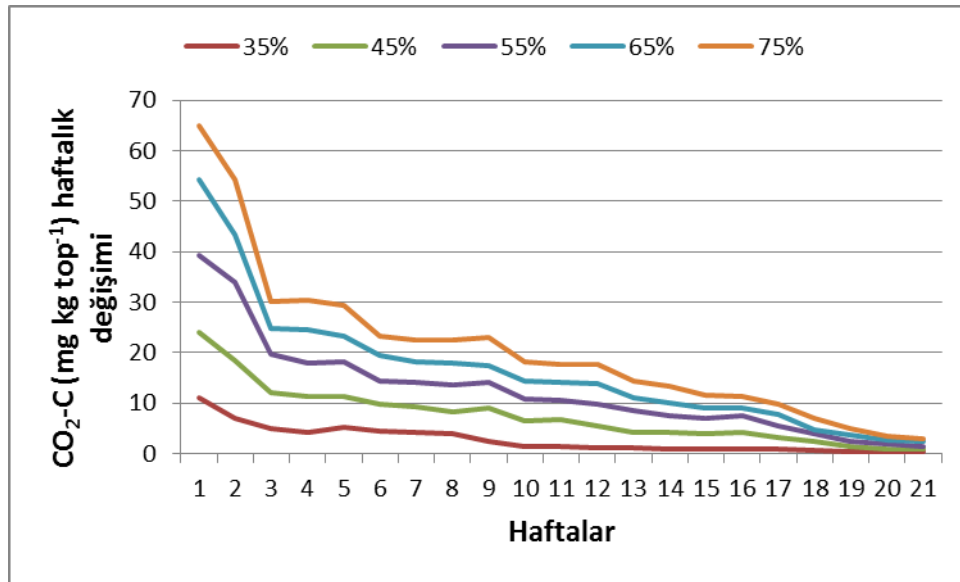
Seçili toprak metotlarına göre pH 8.30, EC $82.60 \mu\text{S cm}^{-1}$, OC içeriği %0.74, katyon değişim kapasitesi $40.05 \text{ cmol kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Değişebilir katyonlar arasında en fazla kalsiyum ($33.43 \text{ cmol kg}^{-1}$) ve en az potasyum ($1.24 \text{ cmol kg}^{-1}$) yer almaktadır. Mağnezyum ve Na sırası ile 3.19 ve 2.19 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.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

Yapılan çalışmada farklı nem içeriklerine bağlı olarak topraktan çıkan CO₂-C miktarı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu topraklardan çıkan CO₂-C miktarı ilk haftalarda yüksek olup, daha sonraki haftalarda giderek azalmıştır. Toprak sıcaklığı ve nemi topraktan CO₂ çıkışını etkileyen en önemli çevresel faktörler olarak tanımlanmaktadır (Zhang et al.. 2012). Ancak pek çok çalışmada (Emran et al.. 2012) toprak sıcaklığı ve neminin topraktaki CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin açık ve net (Li et al.. 2013) olmadığı belirtilmiştir. Pek çok çalışmada , toprağa organik gübreler ve saman ilave edildiğinde toprakta CO₂ emisyon oranını arttırdığı göstermiştir (Ding et al.. 2007). Çalışma alanı topraklarının kalker ana materyali üzerinde olduğu için kireç miktarı oldukça yüksektir. CaCO₃’ün çözülmesi toprakta CO₂ oluşumunu arttırmaya neden olabilir, fakat CO₂ toprak çözeltisinde Ca(HCO₃)₂ formunda tutulması çıkışın azalmasına neden olabileceği tahmin edilmiştir (Oren and Steinberger 2008).

Çizelge 4. 1.Toprak respirasyonunun haftalık değişimi (mg CO₂-C kg toprak hafta⁻¹)

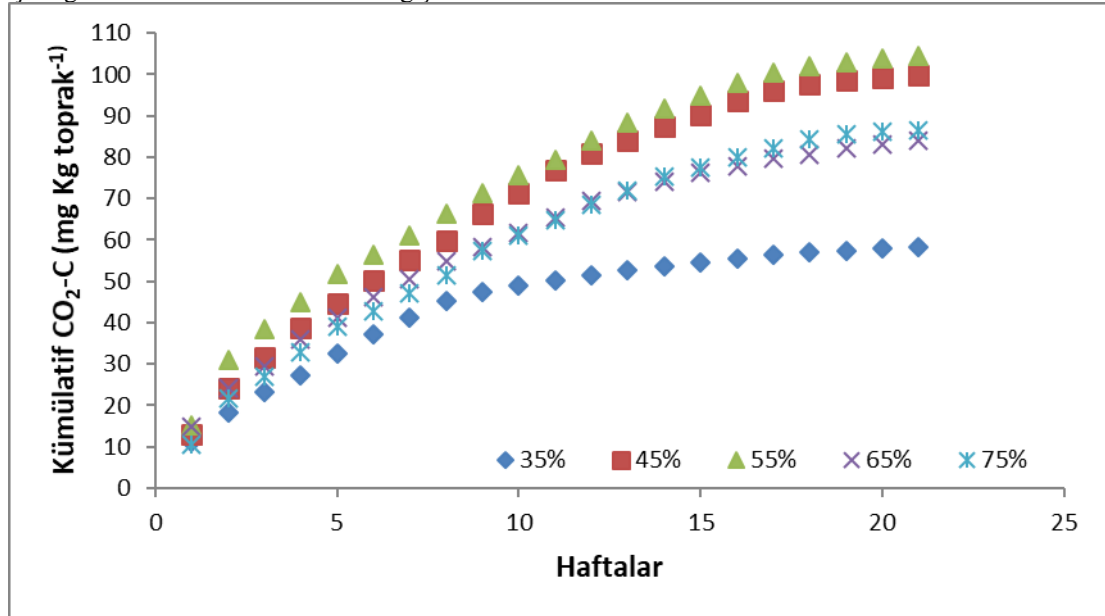


Toprak örneklerinde çıkan CO₂-C miktarı nem oranlarına göre karşılaştırıldığında en fazla çıkış %45 ve %55 nem içeriğine sahip topraklarda görülürken en az çıkış ise %35 - %75 nem içeriğine sahip toprakta görülmüştür (p<0.05). bunların hemen sonrasında %65 nem içeriğine sahip örneklerimiz

gelmektedir. Yani bakıldığı zaman en çok C çıkışı %45, %55 ve %65 nem içeriğine sahip topraklarımızda görülmektedir. Haftalık bazında bakıldığında en az karbon çıkışı %35 ve %75'te görülmektedir. Ve kararlı bir değişim gösteren örneğimiz %35 nem içeriğine sahip örneğimizde görülmektedir. Sakin ve yanardağ (2017), farklı kültivasyon koşulları altındaki topraklarda yapmış oldukları çalışmalarda toprak neminin topraktan CO₂-C çıkışına etki ettiklerini ifade etmişlerdir.

Sakin ve Sakin (2015), çalışmasına göre kurak ve yarı kurak Güneydoğu Bölgesinde Şanlıurfa – Harran Ovası'nın killi topraklarında 0-5 cm'de ortalama toprak nemi (12.89±0.56) ve toprak sıcaklığına (18.19±2.07) bağlı olarak topraktan çıkan (C) miktarı ölçmüşlerdir. Bu sıcaklık ve nem miktarına göre ortalama karbon çıkışı 1.49 g C m⁻² gün⁻¹ (±0.075SE) (5.46 g CO₂ m⁻² gün⁻¹) saptanmıştır. Toprakten çıkan CO₂ ile toprak sıcaklığı arasında pozitif, toprak nemi ile ise negatif bir ilişki vardır. Toprak sıcaklığının artması, mikroorganizma faaliyetleri, ayrışma ve parçalanmanın artmasına neden olmuştur (Zhou et al.. 2015). Bu artışa bağlı olarak topraktan CO₂-C çıkışı artmaktadır. Toprakten CO₂-C çıkışı her ne kadar birinci derecede toprak sıcaklığı etkili olsada nem burda önemli bir yer tutmaktadır.

Çizelge 4.2. Haftalık CO₂ salınım değişimi



Çalışma süresi boyunca çıkan CO₂-C miktarının kümülatif değerleri ele alındığında çalışma süresi boyunca toplamda C çıkışı sırası ile 58.11mg ile %35,

84.00mg ile %65, 86.62mg ile %75, 99.88mg ile %45 ve son olarak 104.37mg ile %55 şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmada nem içeriklerine bağlı çıkan CO₂-C miktarına bakıldığında genel itibari ile en yüksek CO₂-C çıkışı %45 ve %55 nem içeriğine sahip örneklerde olduğu görülmüştür %45 ve %55 nem içeriğine sahip örneklerimizde karbonun kümülatif değerler ve haftalık değişim bakımından nem değerlerinin en ideal seviyede olmasından kaynaklanmıştır.

Yapılan laboratuvar çalışmasında toprak su içeriğinin topraktan CO₂ difüzyonunu engellemektedir. Diğer yandan düşük toprak su içeriği mikrobiyal aktivite ve kök respirasyonunu kısıtlamaktadır (Curiel yuste et al.. 2003). Toprakta taze ve ayrışması kolay organik materyallerin bulunması durumunda enerji ve peotein gibi maddeleri kolaylıkla sağlayan toprak canlılarının (mikroorganizmalar) sayısı kısa zamanda artar. Buda fazla miktarda CO₂ gazının çıkmasıyla sonuçlanır. Bu durum toprakta zor parçalanmış materyallere (proteinler, selülozlar ve ligninler) kadar devam etmektedir. Ortamdaki kolay ayrışabilen organik materyallerin azalmasıyla reaksiyon dengeye girerek daha yavaş hareket eder. Yaptığımız çalışmada da topraktan çıkan kümülatif CO₂-C miktarı ilk haftalarda yavaş daha sonraları artmış ve en sonunda sabit bir noktaya ulaşmıştır. Fakat bu durumu ayrışmaya ve parçalanmaya karşı dayanıklı materyallerin ortaya çıkması ile açıklamak yeterli değildir (Sakin and Yanardağ..2020).

Haftalık değere bakıldığında %45 ve %55 nem içeriğine sahip toprak örneklerinde mikroorganizma faaliyeti diğer örneklere oranla daha fazla olmasından kaynaklı olarak toprakta mevcut organik madde ve C kaynağı daha aktif bir şekilde parçalanıp ayrıştığından kaynaklandığı tahmin edilmiştir. %65-75 nem içeriğine sahip topraklara bakıldığında ise nem içeriğinin yüksek olması mikroorganizma faaliyetini kısıtladığından CO₂ çıkışı %45 ve %55 nem içeriğine sahip örneklere oranla daha az olduğu görülmüştür. Diğer yandan %35 nem içeriğine sahip toprak örneklerinde ise mikroorganizmalarının etkin bir işlev yapabilmeleri ve topraktaki C kaynaklarının parçalanması için yeterli nem seviyesinin bulunmadığından kaynaklı olarak hepsinden daha az bir CO₂ çıkışı olduğu görülmüştür (Grafik 4.2). Sakin and yanardağ (2017), çalışmalarında toprak neminin topraktan CO₂ çıkışı üzerindeki etkisi kompleks olup toprak sıcaklığı ve nemi yalnızca etkili olmayıp diğer

parametrelerde etkilidir. Laboratuarda yapılan çalışmalarda toprağın yüksek su içeriği topraktan CO₂ çıkışını engellemektedir (Doran et al., 1990; skoppet all., 1990). Diğer yandan düşük toprak su içeriği toprakta mikrobiyal aktiviteyi ve kök respirasyonunu engellemektedir (Curiel Yuste et al., 2007). Toprak respirasyonu, özellikle uzun süren kuraklık dönemlerinde yağışlardan sonra keskin bir pik yapmaktadır (Almagro., 2009).

Yapılan çalışmada farklı nem içeriklerine göre topraktan çıkan CO₂-C çıkışı değerleri çizelge 4.1'de verilmiştir. Buna göre toprak örneklerinde en fazla CO₂-C çıkışı tüm nem örneklerinde genellikle birinci haftada görülmüştür. En fazla çıkış (16.69±1.65 mg CO₂-C kg toprak⁻¹) %65 nem içeriğine sahip toprak örneğinde görülmüştür (p<0.05**). En az CO₂-C çıkışı (11.19±1.23 mg CO₂-C kg toprak⁻¹) %35 içeriğine sahip toprakta görülmüştür. Yapmış olduğumuz çalışma neticesinde toprağın nem içeriğinden bağımsız olarak haftalara göre karbon emisyonunun düştüğü görülmüştür (Çizelge 4.1). kurak mevsimlerde ve toprak su içeriğinin %10'un altına düştüğü kurak dönemlerde ise topraktan CO₂ çıkışı azaldığı ifade etmişlerdir. Kurak mevsimde düşen yağışlar ve sonrasında respirasyonda meydana gelen keskin ve hızlı yükseliş ile düşüşler yaşandığı, buda toprak nem içeriğinin toprak respirasyonu üzerindeki sınırlayıcı etkisini göstermektedir (Almagro, 2009).

Sakin ve yanardağ (2019) yapmış oldukları çalışmalarında toprak örneklerinin CO₂-C çıkış miktarlarını kontrol (C₀) grubuna (5.12 mg CO₂-C kg toprak hafta⁻¹) göre sırasıyla; **5.66**, 4.64, 4.83, 4.79, 4.98 ve **5.20** mg CO₂-C kg toprak hafta⁻¹ olarak ölçülmüştür. Bu çalışma sonuçları ile ortalama değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

Çizelge 4. 3. Haftalara göre karbon emisyonunun değişimi

Hafta	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
			Alt Limit	Üst Limit
1	14,233	0,454	13,220	15,245
2	11,295	0,560	10,047	12,543
3	8,056	0,618	6,679	9,433
4	6,238	0,296	5,577	6,899
5	6,178	0,225	5,678	6,678
6	5,198	0,263	4,613	5,783
7	4,998	0,206	4,538	5,458

8	4,738	0,169	4,360	5,116
9	4,738	0,186	4,323	5,153
10	3,919	0,152	3,581	4,258
11	3,679	0,138	3,371	3,987
12	3,500	0,126	3,218	3,782
13	2,900	0,144	2,579	3,221
14	2,660	0,063	2,519	2,801
15	2,432	0,125	2,153	2,711
16	2,380	0,087	2,186	2,574
17	1,940	0,082	1,756	2,124
18	1,520	0,188	1,102	1,938
19	1,200	0,152	0,861	1,539
20	0,900	0,087	0,706	1,094
21	0,560	0,060	0,426	0,694

Çalışmada elde edilen verilerin tekrarlı ölçümler varyans analizine göre nem içeriklerine sahip topraklarda çıkan CO₂-C miktarı, haftaların ortalamalarının kendi içlerinde anlamlı derecede farklı oldukları ve CO₂-C miktarı* hafta etkileşiminin ise çok önemli olduğu görülmektedir (p<0,01). Yapılan çalışmada CO₂-C miktarı* hafta etkileşiminin önemli olduğu laboratuvar ortamında olması nedeni ile diğer faktörleri sabit kalmıştır.

Çizelge 4. 4. Tekrarlı ölçümler varyans analizine göre karbon emisyonu'nun nem içeriği ve haftalara göre karşılaştırılması

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

Çizelge 4. 5. Toprak nem içeriğine göre karbon emisyonun'un karşılaştırılması

Nem içerikleri	N	Ortalama
%35	3	2,7676g ^c
%65	3	4,2995g ^b
%75	3	4,6671g ^{ab}
%45	3	5,1238g ^{ab}
%55	3	5,3473g ^a

Toprak nem içeriğine göre karbon emisyonun'un farklılaşıp farklılaşmadığını tespit etmek için yapılan Post-Hoc (Tukey HSD) analizi neticesinde gruplar arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu ($p<0.05$) görülmüş olup bu farklılığın %35 nem içeriğine sahip topraklar ile %45, %55, %65 ve %75 nem içeriğine sahip topraklar arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Yapılan istatistiksel analiz neticesinde karbon emisyonun'un en fazla olduğu toprağın %55 nem içeriğine sahip toprak olduğu, nem içeriği düştükçe karbon emisyonunun da düştüğü görülmüştür (Çizelge 4.3). Sakin ve yanardağ (2017) çalışmalarında toprak sıcaklığının yanında toprak neminin önemi belirtmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada farklı nem ve sıcaklık derecelerine göre çıkan CO₂ miktarını saptamışlardır. Bu çalışmada'da farklı nem içeriklerinin önemi ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 6. Toprak nem içeriklerine göre karbon emisyonları arasındaki korelasyon

		%35 nem	%45 nem	%55 nem	% 65 nem
% 45 nem	r	,902**			
	p	0,000			
	N	63			
% 55 nem	r	,920**	,966**		
	p	0,000	0,000		
	N	63	63		
% 65 nem	r	,943**	,936**	,941**	
	p	0,000	0,000	0,000	
	N	63	63	63	
%75 nem	r	,908**	,940**	,945**	,919**
	p	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	63	63	63	63

Toprak nem içeriklerine göre karbon emisyon düzeyleri arasında ilişki olup olmadığını tespit etmek için yapılan Spearman Korelasyon analizi sonucunda tüm toprak grupları arasında çok yüksek düzeyde, pozitif yönlü ve istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür ($p<0.01$) (Çizelge 4.4). en yüksek nem oranlarının %55-65 arasında olduğu durumda görülmüştür. Bu aralıkta CO₂-C çıkışının fazla olmasının sebebi mikrobiyal aktivitenin maksimum olmasından kaynaklanmıştır. Topraktan karbon çıkışı ile toprak nemi arasındaki korelasyon

istatistiksel bakımından işlenmiş alanlarda önemli ($r = -0.229$, $p < 0.05$), işlenmemiş ($r = -0.494$, $p < 0.01$) nar ($r = -0.444$, $p < 0.01$), bağ ($r = -0.478$, $p < 0.01$) ve elma ($r = -0.367$, $p < 0.01$) alanlarında ise çok önemli bulunmuştur. Toprakta karbon çıkışı ile toprak sıcaklığı arasındaki korelasyon işlenmiş ($r = 0.265$, $p < 0.01$), işlenmemiş ($r = 0.527$, $p < 0.01$), nar ($r = 0.510$, $p < 0.01$), bağ ($r = 0.539$, $p < 0.01$), elma ($r = 0.504$, $p < 0.01$) alanlarında çok önemli saptanmıştır. Toprak nemi ve toprak sıcaklığı arasındaki ilişki tüm deneme gruplarında ($r = -0.776$, $p < 0.01$) çok önemli olduğunu belirtmişlerdir (Dilekoğlu and Sakin., 2017; Sakin ve ark., 2016).

Toprak su içeriğinin 6.10 % ve toprak sıcaklığının 31.95 °C'nin altına düştüğünde veya üstüne çıktığı durumda topraktan karbon çıkışı azalmaktadır. Toprak su içeriği %1.46'dan %1.86'ya çıktığında (0.4% arttığında) toprak sıcaklığı 39.54 °C'den 38.54 °C'ye (1 °C düşmekte) bunlara karşılık topraktan karbon çıkışı 54.47 g CO₂ m⁻² haftalık⁻¹'den 60.53 g CO₂ m⁻² haftalık⁻¹'a (6 g artmakta) çıkmaktadır. Bu durum toprak sıcaklığı ve toprak neminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Toprakta nem olmadığı durumlarda ayrışma ve parçalanma, topraktaki mikroorganizmaları ile bitki kök aktiviteleri gerçekleşmeyeceğinden dolayı karbon emisyonu olmayacağı düşünülmüşlerdir (Dilekoğlu and Sakin., 2017; Dilekoğlu and Sakin., 2017).

Çizelge 4. 7. Toprak nem içeriklerine mikrobiyal biyomas düzeyleri

Nem içeriği	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
			Alt Limit	Üst Limit
%35	64,074g	5,596g	51,606	76,543
%45	96,177g	5,596g	83,708	108,645
%55	107,190g	5,596g	94,721	119,659
%65	104,686g	5,596g	92,217	117,154
%75	89,311g	5,596g	76,843	101,780

Toprak nem içeriğine göre mikrobiyal biyomas düzeyleri incelendiğinde en yüksek mikrobiyal biyomas düzeyinin %55, en düşük biyomas düzeyinin %35 neme sahip toprakta olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5). bu nem düzeyinin mikrobiyal biyomas aktivite için en uygun nokta olduğunu göstermiştir. Bu nem düzeyinde toprakta CO₂-C çıkışı da maksimum olmuştur (Sakin and Yanardağ, 2018).

Topraktaki bu aktivite sonucunda bazı olaylar gerçekleşir. Bu olay sırasında ve son ürün olarak CO₂ açığa çıkmaktadır.

Topraktaki mikrobiyal biyoms aktiviteleri neticesinde toprak verimliliği ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Toprak mikroorganizmaları kendi ihtiyacı olan enerji ve besin ihtiyaçlarını karşılamak için organik artıkları parçalayıp ayrıştırırlar. Bu işlem aynı zamanda, besin maddelerini bitkilerin yararlanabileceği forma dönüştürürler. Bu aktivite sonucunda toprak mikroorganizmaları ürettikleri zank, reçine, filament ve misellerle toprak taneciklerinin agregatlaşmasını sağlarlar. Böylece toprağın su ve havalanma kapasitelerine etki ederek toprağı rüzgar ve su erozyonundan korurlar (Kızıloğlu, 1995).

Çizelge 4. 8. Tekrarlı ölçümler varyans analizine göre mikrobiyal biyomas karbon düzeyinin nem içeriği ve haftalara göre karşılaştırılması

Varyasyon kaynağı	SD	KT	KO	F	P
Mikrobiyal	4	10763	2691	9,55	0,002
tekerrür(mikrobiyal)	10	2818	282		
Haftalar	2	351234	175617	711,00	0,000
haftalar*mikrobiyal	8	9795	1224	4,96	0,002
Hata	20	4940	247		
Genel	44	379549			

MBC topraktaönemli sağlık (kalite) parametrelerinden biridir. Chen et al.. (2003), toprak mikroorganizmaları, sağlıklı ve üretken bir toprağın oluşmasına yardımcı olur. Böylece topraktaki mikrobiyal aktivite, toprak kalitesinin potansiyel bir indikatörü olarak tanımlanmışlardır (Sakin and Yanardağ.. 2020). Mikrobiyal biyomas karbon haftaların ortalamalarının kendi içlerinde anlamlı derecede farklı oldukları ve mikrobiyal biyomas-hafta etkileşiminin ise çok önemli olduğu görülmüştür (p<0.001) (Çizelge 4.6).

Çizelge 4. 9. Toprak nem içeriğine göre mikrobiyal biyomasın karşılaştırılması

Nem içeriği	Ortalama	Std. Hata
%35	64,074g	5,596g ^b
%45	96,177g	5,596g ^a
%55	107,190g	5,596g ^a

%65	104,686g	5,596g ^a
%75	89,311g	5,596g ^{ab}

Toprak nem içeriğine göre biyomasın farklılık arz edip etmediğini tespit etmek için yapılan Post-Hoc (Tukey HSD) analizi neticesinde biyomasın en yüksek olduğu toprağın %55, en düşük olduğu toprağın ise %35 nem oranına sahip toprak olduğu, %35 nem oranına sahip toprak ile diğer tüm toprak grupları arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). toprak mikrobiyal biyomas için en ideal nemin %55 olduğu saptanmıştır. bu nem yüzdesinin üst ve alt sınırlarında MBC miktarının azalmasına neden olmuştur. Bu nem düzeylerinde ise aynı zamanda toprak çıkan CO₂-C miktarında azalmıştır.

Çizelge 4. 10. Toprak nem içeriklerine göre mikrobiyal biyomass arasındaki korelasyon

		% 35 mikrobiyal	%45 mikrobiyal	%55 mikrobiyal	% 65 mikrobiyal
%45 mikrobiyal	r	,945**			
	r	0,000			
	N	9			
%55 mikrobiyal	r	,985**	,975**		
	r	0,000	0,000		
	N	9	9		
% 65 mikrobiyal	r	,985**	,984**	,993**	
	r	0,000	0,000	0,000	
	N	9	9	9	
%75 mikrobiyal	r	,967**	,954**	,985**	,972**
	r	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	9	9	9	9

Toprak nem oranına göre mikrobiyal biyomas düzeyleri arasında ilişki olup olmadığını tespit etmek için yapılan Spearman Korelasyon analizi neticesinde tüm toprak grupları arasındaki ilişkinin pozitif yönlü, çok yüksek düzeyde ve anlamlı olduğu ($p < 0.001$) görülmüştür (Çizelge 4.8). en yüksek MBC miktarı %55 ile %65 nem düzeyinde tespit edilmiştir ($p < 0.001$, $r: 0.99,3$). Diğer nem düzeylerinde de yüksek ilişki bulunmuştur.

4.2. Tartışma

Yapmış olduğumuz çalışmadan elde edilen bulgular ile konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmaların paralellik arz ettiği görülmüştür. Sakin ve ark. (2016) tarafından orman örtüsü altındaki topraktan CO₂ çıkışının ölçülmesi ve çeşitli iklimsel faktörlerin incelenmesi amacıyla Şanlıurfa'da gerçekçeleştirilen çalışmada CO₂ çıkışı Soda-Lime yöntemiyle tespit edilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde topraktan CO₂ çıkışının 2.51-6.84 g m⁻² gün⁻¹, ortalama karbon çıkışının 4.05 g m⁻² gün⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte toğprak emisyonunun bağıl nem ve PVC kabın iç nemiyle pozitif yönlü ve anlamlı, bağıl sıcaklık ve PVC kabın iç sıcaklığı ile negatif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Akburak (2008) tarafından Belgrad Ormanı'nda gerçekçeleştirilen çalışmada topraktan CO₂ çıkışı ile toprak nemi arasında pozitif yönlü ve zayıf bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Curiel Yuste ve ark. (2007) tarafından laboratuvar ortamında gerçekçeleştirilen çalışmada toprağın yüksek su içeriğinin topraktan CO₂ çıkışını engellediği, öte yandan düşük toprak su içeriğinin topraktaki mikrobiyal aktiviteyi ve kök respirasyonunu engellediği bildirilmiştir.

Mikrobiyal biyomas karbon miktarına, toprakta yetişen bitki çeşidine, uygulam yöntemlerine, toprak nemi ve sıcaklığına bağılı olarak değışiklik arz etmektedir (Van Leeuwen et al., 2017). Nem oranı düşüktüççe topraklara karışan organik atıkların parçalanmasını sağılayan etkin mikroorganizma sayısında yetersiz olacaktır ki bu da organik madde parçalanmasını negatif yönde etkileyecektir (Küçük ve Cevheri, 2018).

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yapılan çalışmanın sonuçları ele alındığında en yüksek CO₂-C emisyonu %55 nem içeriğine sahip toprak örneğinde olduğu görülmüştür. Bu nem oranı düştükçe ve diğer yandan arttıkça CO₂-C emisyonu'nun azaldığı verilen tablolarda'da görülmektedir. %55 nem içeriğine sahip toprak örneğinden hemen sonra sırasıyla %45, %65 ve %75 nem içeriğine sahip toprak örneklerinin geldiği sonucuna varılmıştır. Çalışmada en az CO₂-C emisyonu %35 nem içeriğine sahip toprak örneğinde olduğu belirlenmiştir. Ve hemen sonrasında ise %75 nem içeriğine sahip toprak örneği gelmektedir. Bu sonuçlar ele alındığında CO₂-C emisyonun'da mikroorganizma faaliyeti'nin önemli bir rol oynadığı görülmektedir mikroorganizma faaliyeti açısından en iyi nem oranının %45 ile %55 nem aralığı olduğu bilinmektedir. Artan nem oranı mikroorganizma faaliyetini kısıtladığından mikroorganizma faaliyeti kısıtlanmış CO₂-C çıkışı'da buna bağlı olarak düşmektedir. Aynı zamanda düşen nem oranı'da mikroorganizmaların üreyip çoğalmasını olumsuz yönde etkilediği ve mikroorganizmaların bu ortamdaki faaliyetini kısıtladığından toprakta bulunan karbon (C) kaynaklarının parçalanması ve bu ortamda bulunan karbon'nun emisyonu'nun azaldığı tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmada haftalara göre karbon emisyon düzeyinin azaldığı, toprağın nem oranındaki artışa bağlı olarak karbon emisyonunun da anlamlı şekilde arttığı, toprağın nem oranı ile karbon emisyonu ve mikrobiyal biyomas arasında pozitif yönlü, çok yüksek düzeyde ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür.

5.2. Öneriler

Çalışmanın sonunda elde edilen verilere bakıldığında CO₂-C emisyonu'nun önemli derecede nemden etkilendiği tablo1, tablo2, tablo3 ve tablo4'te belirtilmiştir. Yapılan bu çalışma ile karbon emisyon oranının azaltılması açısından toprakta olması gereken nem düzeyleri belirlenmiştir ve bunun sonucunda bize tarımsal faaliyetlerde kullanılan suyun aynı zaman'da CO₂-C'yi de etkilediğini göstermekte ve bu alanda daha bilinçli bir sulu tarımın yapılması gerektiğini bize açıklamaktadır. Tarımsal faaliyet esnasında yapılan sulamanın tarım ürünlerini ve toprağın yapısını

etkilediği gibi CO₂-C emisyonu'nu etkileyerek atmosferide etkilediği görörlmektedir. bu çalışma sayesinde daha bilinçli ve daha doğru bir tarımsal sulamanın yapılması hedeflenmektedir. Dünya üzerinde yaşayan bütün canlıların ortak mirası olan atmosferi korumanın ve yeryüzünün etkileneceği olumsuz etkileri minimum seviyeye düşürmeyi öğretmektedir. Bu sayede tarımsal işletmelerde bu bilinç ile sudan tasarruf sağlanırken atmosferide korumuş oluruz çalışmanın verilerine bakıldığında CO₂-C emisyonu'nun minimum seviyede tutulabilmesi için toprak alanında nem oranını sürekli bir biçimde %35 civarında tutulması gerektiği görölmüştür.



KAYNAKLAR

- Allaire, S.E., Lange, S.F., Lafond, J.A., Pelletier, B., 2012. Athyna N. Cambouris d, Pierre Dutilleul Multiscalespatial variability of CO₂ emissions and correlations with physico-chemical soil properties. *Geoderma* 170: 251–260.
- Allison, L.E., Moodie, C.E., 1965. Carbonate. In: C.A, Black et al (ed). *Methods of Soils Analysis. Part 2. Agronomy* 9 (1). Am. Soc. of Argon., Inc., Madison, pp. 1379 – 1400, Wisconsin U.S.A.
- Almagro, M., Lo'Pez, J., Querejeta, J.I., Marti'Nez-Mena, M., 2009. Temperature dependence of soil CO₂ efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 594–605.
- Angert, A., Yakir, D., Rodeghiero, M., Preisler, Y., Davidson, E.A., Weiner, T., 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.
- Black, C.A., 1965. *Methods of Soil Analysis, Part II*, American Soci. of Agroninc. Pub. No: 9 Madison WI, USA.
- Bond-Lamberty, B., Thomson, A., 2010. A global database of soil respiration data. *Biogeosciences* 7(6), 1915–2010.
- Bouyoucus, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. Jour.*, 3: 434 – 438.
- Chen, S.T., Huang, Y., Zou, J.W., Shen, Q.R., Hu, Z.H., Qin, Y.M., Chen, H.S., Pan, G.X., 2010. Modeling interannual variability of global soil respiration from climate and soil properties. *Agric. For. Meteorol.*, 150 (4), 590–605.
- Devlet Meteoroloji İşleri (DMI), 2014. Şanlıurfa ili iklim verileri, Ankara.
- Curiel Yuste, J., Baldocchi, D.D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S., 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon in puts, soil temperature and moisture. *Global Change Biology* 13, 2018–2035.
- Doran, J.W., Mielke, L.N., Power, J.F., 1990. Microbial Activity as Regulated by Soil Water-Filled Pore Space. In: *Transactions of the 14th International Congress of Soil Science*, vol. 394–99.
- Edwards, N.T., 1982. The Use of Soda-Lime Measuring Respirasyon Rates in Terrestrial Systems. *Pedobiologia*, 23, 321-330, (1982).
- FAO, 2006. World reference base for soil resources. A framewok for international classification, correlation and communication. *World Soil Resources Reports* 103.
- FAOSTAT (2013). FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://faostat.fao.org>.
- 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.

- Giardina, C.P., Litton, C.M., Crow, S.E., Asner, G.P., 2014. Warming-related increases in soil CO₂ efflux are explained by increased below-ground carbon flux. *Nature Climate Change* 4, 822–827.
- Grogan, P., 1998. CO₂ flux measurement using soda lime: correction for water formed during CO₂ adsorption. *Ecology*, 79: 1467-1468.
- Horneck, D.A., Hart, J. M., Topper, K., Koepsell, B., 1989. *Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University*. 1-21, State of Oregon, University Publication USA.
- IPECE, 2010. *Caracterização Territorial - Características Geográficas, Recursos Naturais e Meio Ambiente* (Fortaleza, Ceará, Brasil).
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Keith, H., Wong, S.C., 2006. Measurement of soil CO₂ efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable. *Soil Biology & Biochemistry*, 38, 1121–1131.
- 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.
- Küçük, C., Cevheri, C. 2018. Some Microbiological Properties in Soil Samples Taken from Maize Grown Fields in Sanliurfa, Aksaray J. Sci. Eng. 2(1), 28-40.
- Lang'at, J.K.S., Kairo, J., Mencuccini, M., Bouillon, S., Skov, M.W., Waldron, S., Huxham, M., 2014. Rapid losses of surface elevation following tree girdling and cutting in tropical mangroves. *PLoS One* 9 (9), e107868.
- Maia, L.P., Lacerda, L.D., Monteiro, L.H.U., Souza, G.M., 2006. *Atlas dos Manguezais do Nordeste do Brasil*. SEMACE, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Nelson, D., Sommers, W.L.E., 1982. *Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter*. Madison, Wisconsin, pp 539 – 579, USA.
- Nóbrega, G.N., Ferreira, T.O., Neto, M.S., M. Queiroz, H.M., Artur, A.G., Eduardo De S. Mendonça, E.D.S., Silva, E.D.O., Oterof, X.L., 2016. Edaphic factors controlling summer (rainy season) greenhouse gas emissions (CO₂ and CH₄) from semiarid mangrove soils (NE-Brazil). *Science of the Total Environment* 542: 685–693
- Sakin, E., Sakin, E.D., 2015. Harran Ovasının Killi Topraklarında Karbon Emisyonunun Ölçülmesi. GAP VII. Tarım Kongresi 28 Nisan-01 Mayıs 2015. Sayfa 208-214, Şanlıurfa.
- Sakin, E., Sakin, E. D., Kızılgöz, İ., & Seyrek, A. 2016. Orman Örtüsü Altındaki Toprakların Karbondioksit Emisyonunun Ölçülmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2), 127-134.

- Silva, E.V.D., Souza, M.M.A., 2006. Principais formas de uso e ocupação dos manguezais do estado do Ceará. *Cad. Cult. Ciênc.* 1, 12–20.
- Skopp, J., Jawson, M.D., Doran, J.W., 1990. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. *Soil Science Society of America Journal* 54(6), 1619–1625.
- Tubiello F. N., M. Salvatore, S. Rossi, A. Ferrara, N. Fitton., P. Smith, 2013. The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters* 8, 1 – 11. doi: 10.1088 / 1748 - 9326 / 8 / 1 / 015009, ISSN: 1748-9326.
- U. S. EPA, 2011. Draft: Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990 - 2030. Washington, DC, Available at: [internal-pdf://US-EPA_NonCO2_Projections_2011_draft-2650857473](https://www.epa.gov/global-warm-pollution-reports/US-EPA_NonCO2_Projections_2011_draft-2650857473) /US-EPA_NonCO2_Projections_2011_draft.pdf.
- Zhou, Z., Xu, M., Kang, F., Sun, O.J., 2015. Maximum temperature accounts for annual soil CO2 efflux in temperate forests of Northern China. *Nature Scientific Reports*: 5:12142,
- 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.
- Akhtar, S.S., M. N. Anders., F. Liu., 2015. Biochar Mitigates Salinity Stress in Potato. *J Agro Crop Sci.*, 201: 368–378
- Artiola, JF., 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.
- Cheng, C.-H., J. Lehmann, J. E. Thies, and S. D. Burton, 2008: Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. *J. Geophys. Res.* 113, G02027.
- Chowdhury, M. A., A. de Neergaard, and L. S. Jensen, 2014: Potential of aeration flow rate and bio-char addition to reduce greenhouse gas and ammonia emissions during manure composting. *Chemosphere* 97, 16–25.
- Churchman G.J., Skjemstad J. O. & Oades J.M. 1993. Influence of clay minerals and organic matter on effects of sodicity on soils. *Australian Journal of Soil Research* 31, 779-800.
- Diacono, M., F. Montemurro, 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review, *Agron. Sustain. Dev.* 30:401-422.
- Dinç. U., Şenol, S., Gök, M., Özbek, H., Peştemalcı, V., Çullu, M.A., Dingil, M., Başıyigit, L., Öztekin, E., Akça, E., Kaya, K., Kapur, S., Sarıyev, A., Güzel, N., Karaman, C., Dericci, R., Gülüt, K., Çakmak, İ., Ortaş, İ., İbrikçi, H., Çelik, İ., Dinç, A. O., Kılıç, S., Öztürk, N., Çolak, A. K., Onaç, İ., Çoşkan, A., Kandırmaz, M., Torun, M. B., Eker, S., Barut, H., Öztürk, L. 1993. Şanlıurfa Ovaları Hilvan (II. Kısım) Sulama Proje Sahası Detaylı Toprak Etüdleri, Ankara, 474s.
- Edwards, N.T., 1982. The Use of Soda-Lime Measuring Respirasyon Rates in Terrestrial Systems. *Pedobiologia*, 23, 321-330.
- Gong, W., X. Yan, J. Wang, 2012. The effect of chemical fertilizer on soil organic carbon renewal and CO 2 emission-a pot experiment with maize, *Plant Soil* 353:85-94.

- Harris RF (1980) Effect of water potential on microbial growth and activity. Special Edition #9. In: Parr JF, Gardner WR (eds) Water potential relations in soil microbiology. Soil Science Society of America, Madison, pp23–95.
- 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.
- Keren R (2000) Salinity. In: Sumner ME (ed) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, pp 3–25.
- Lehmann, J., and S. Joseph. 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, UK.
- Li, LJ., You, MY., Shi, HA., Ding, XL., Qiao, YF., Han, XZ., 2013. Soil CO₂ emissions from a cultivated Mollisol: Effects of organic amendments, soil temperature, and moisture. *European Journal of Soil Biology* 55: 83-90.
- Liu, X., A. Zhang, C. Ji, S. Joseph, R. Bian, L. Li, G. Pan, and J. Paz-Ferreiro, 2013: Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. *Plant Soil* 373, 583–594.
- Lu, W., Ding, W., Zhang, J., Li, Y., Luo, J., Bolan, N., Xie, Z., 2014. Biochar suppressed the decomposition of organic carbon in a cultivated sandy loam soil: A negative priming effect *Soil Biology & Biochemistry*, 76: 12-21.
- Mapanda, F., M. Wuta, J. Nyamangara, R.M. Rees, 2011. Effects of organic and mineral fertilizer nitrogen on greenhouse gas emissions and plant-captured carbon under maize cropping in Zimbabwe, *Plant Soil* 343:67-81.
- Malik K.A., Azam. F.E., 1979. Effect of salinity on carbon and nitrogen transformations in soil. *Pak. J. Bot.*, 11(2): 113-122.
- Naidu R. And Rengasamy P. 1993. Ion interactions and constraints to plant nutrition in Australian sodic soils. *Australian Journal of Soil Research* 31, 801-819.
- Oren A, Steinberger Y (2008) Coping with artifacts induced by CaCO₃–CO₂–H₂O equilibria in substrate utilization profiling of calcareous soils. *Soil Biol Biochem* 40:2569–2577
- Qadir M, Schubert S (2002) Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degrad Dev* 13:275–294.
- Qualls RG, Haines BL (1991) Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystem. *Soil Sci Soc Am J* 55(4):1112–1123
- Peinemann N, Guggenberger G, Zech W (2005) Soil organic matter and its lignin component in surface horizons of saltaffected soils of the Argentinian Pampa. *Catena* 60(2):113– 128.
- Rietz DN, Haynes RJ (2003) Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biol Biochem* 35:845–854
- Setia, R., Marschner, P., Baldock, F., Chittleborough, D., 2010. Is CO₂ evolution in saline soils affected by an osmotic effect and calcium carbonate? *Biol Fertil Soils* (2010) 46:781–792.
- 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.
- Thomas, S. C., S. Frye, N. Gale, M. Garmon, R. Launchbury, N. Machado, S. Melamed, J. Murray, A. Petroff, and C. Winsborough, 2013: Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *J. Environ. Manage.* 129, 62–68.

- Van Leeuwen, J. P., Djukic, I., Bloem, J., Lehtinen, T., Hemerik, L., de Ruiter, P. C., & Lair, G. J. 2017. Effects of land use on soil microbial biomass, activity and community structure at different soil depths in the Danube floodplain. *European journal of soil biology*, 79, 14-20.
- Yanardağ, I.H., Zornoza, R., Faz Cano, A., Büyükkılıç Yanardağ, A., Mermut., 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. *Biol Fertil Soils* (2015) 51:183–196. DOI 10.1007/s00374-014-0962-3
- Yuan BC, Li ZZ, Liu H, Gao M, Zhang YY (2007) Microbial biomass and activity in salt affected soils under and conditions. *Appl Soil Ecol* 35(2):319–328.
- Wicke, B., E. Smeets, V. Dornburg, B. Vashev, T. Gaiser, W. Turkenburg, and A. Faaij, 2011: The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy Environ. Sci.* 4, 2669–2681.
- Weiwei, L., Weixin, D., Junhua, Z., Yi, L., Jiafa, L., Nanthi, B., and Zubin, X., 2014. Biochar suppressed the decomposition of organic carbon in a cultivated sandy loam soil: A negative priming effect *Soil Biology & Biochemistry* 76: 12-21.
- Woolf, D. & Lehmann, J. Modelling the long-term response to positive and negative priming of soil organic carbon by black carbon. *Biogeochem.* 111, 83–95 (2012).
- Woolf, D, J. E. Amonette, F. A. Street-Perrott, J. Lehmann, and S. Joseph. 2010. Sustainable biochar to mitigate globalwarming. *Nat. Commun.* 1:56.
- Wong, V. N.L., R.S.B. Greene., B.W. Murphy., R. Dalal., S., 2004. Mann Carbon Dynamics in Salt-Affected Soils. In: Roach I.C. ed. 2004. *Regolith 2004*. CRC LEME, pp. 407-410.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nuri ELİK
Uyruğu : TÜRKİYE
Doğum Yeri ve Tarihi : MARDİN 04/05/1990
Telefon : 5392991747
e-mail : nuri_elik@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme Yılı
Lise	Mazıdağı Anadolu Lisesi, MARDİN/MAZIDAĞI	2010
Üniversite	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2016
Yüksek Lisans	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016-2017	ABİLER GÜBRE	Mühendis
2018-2019	GES ELEKTRİK	Topoğraf

UZMANLIK ALANI

Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme, Karbon Emisyonu

YABANCI DİLLER

İngilizce