T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

OTOMATİK KONTROLLÜ KOMPOST REAKTÖRLERİ İLE ÇELTİK KAVUZU KOMPOSTU YAPIMI VE KOMPOSTUN KİL BÜNYELİ TOPRAKLARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZİ HAZIRLAYAN ÖĞRENCİ
Çağrı KINIK

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

ÇANAKKALE – 2023

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

OTOMATİK KONTROLLÜ KOMPOST REAKTÖRLERİ İLE ÇELTİK KAVUZU KOMPOSTU YAPIMI VE KOMPOSTUN KİL BÜNYELİ TOPRAKLARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZİ HAZIRLAYAN ÖĞRENCİ
Çağrı KINIK

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

ÇANAKKALE – 2023

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Çağrı KINIK tarafından Prof. Dr. Yasemin KAVDIR yönetiminde hazırlanan ve **29/08/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Otomatik Kontrollü Kompost Reaktörleri İle Çeltik Kavuzu Kompostu Yapımı Ve Kompostun Kil Bünyeli Toprakların Bazı Özelliklerine Etkisi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Prof. Dr. Yasemin KAVDIR (Danışman)	……
Prof.Dr. Mustafa BAŞARAN	……
Doç.Dr. Orhan YÜKSEL	…….

Tez No : ……..
Tez Savunma Tarihi : 29/08/2023

……
Prof.Dr. Ahmet Evren ERGİNAL
Enstitü Müdürü

../../20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Çağrı KINIK

../../20..

TEŞEKKÜR

Tüm eğitim ve öğretim hayatımda olduğu gibi bu tezin gerçleşmesi süresince maddi manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen kardeşim Çağatay KINIK, annem Mücellah KINIK ve babam Ercan KINIK'a, tezin oluşumunda beni cesaretlendiren ve tüm bilgi birikimiyle her zaman bana destek veren, hiçbir sorumu yanıtsız bırakmayan çok saygıdeğer Prof. Dr. Yasemin KAVDIR'a, hayatımın her anında yanımda olan dostlarım Cem ALAN, Emrullah ERCAN, Elis KÖSEOĞLU, Nurşah BAYRAKTAR, Miray ŞENOYAR, Tutku VAROL ve Utku ÖZER'e, tez yazım süresinde iş yükümü hafifleten iş arkadaşlarım Barış SABANCI, Salman KABAYEL ve Yıldırım YILDIRIM'a çok teşekkür ederim.

Çağrı KINIK

Çanakkale, Ağustos 2023

ÖZET

OTOMATİK KONTROLLÜ KOMPOST REAKTÖRLERİ İLE ÇELTİK KAVUZU KOMPOSTU YAPIMI VE KOMPOSTUN KİL BÜNYELİ TOPRAKLARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Çağrı KINIK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Yasemin KAVDIR
09/08/2023, 41

Bu çalışmanın amacı, Trakya bölgesinde yoğun olarak yapılan çeltik tarımından geriye kalan çeltik kavuzlarının, tavuk gübresi ile beraber otomatik kontrollü kompost reaktörlerinde üretilmesi ve çıkan ürünün bazı kalite parametrelerinin belirlenerek kil bünyeli toprakların fiziksel özelliklerine olan etkilerinin araştırılmasıdır. Dünyada 75'ten fazla ülke çeltik üretimi yapmaktadır. Çeltik üretiminden ortaya çıkan çeltik kavuzları miktarı yaklaşık olarak 116 milyon ton/yıl ağırlığındadır. Çeltik kavuzu kompostlanarak tarımsal üretim için potansiyel bir kaynak olabilir. Denemede kullanılan çeltik kavuzu Edirne'nin İpsala ilçesi çeltik işleme fabrikasından temin edilmiştir. Çeltik kavuzu belirli oranlarda tavuk gübresi ile karıştırıldıktan sonra kompostlar sıcaklıkları ve havalandırması otomatik olarak kontrol edilen kapalı sistem kompost reaktöründe üç paralelli olarak hazırlanmıştır. Kompost reaktörü hacmi 100 lt olan paslanmaz çelikten silindirik formda olup, kompost sıcaklığının ölçülmesi K tipi ısıl çift ile gerçekleştirilmiştir. Her bir reaktör üzerinde üç adet ısıl çift olmak üzere sistemde toplam 45 adet ısıl çift bulunmaktadır. Ölçülen sıcaklıklar kompostlama işleminin takibinde ve kontrolü amaçlı olarak PLC de TC modülüne bağlanmıştır. Kompost ve ortam sıcaklığı saat başı ölçülüp kaydedilmiştir. Kompostlar her hafta yaklaşık %50 nem içerinceye kadar ıslatılarak karıştırılmıştır. Kompostlama işlemi tamamlandıktan sonra kompostlarda pH, EC, % nem, toplam azot ve toplam karbon analizleri yapılmıştır. Başlangıçta C/N oranı 73,58 olan çeltik kavuzu, 46 gün reaktörlerde kompostlandıktan sonra C/N oranı 46 değerine düşmüştür. Kompostlar çıkarılıp dinlendirilmiş ve sonra tekrar reaktörlere doldurulmuştur. Başlangıçta 41 olan C/N oranı 299 gün sonunda 33 değerinde sabitlenmiştir. Kompostlama işlemi materyalin başlangıç C/N

oranının yüksekliği nedeni ile uzun sürmüştür. Kompostların pH değeri ortalama 7,2 ve EC değeri ortalama 3,4 mS/cm olup, kompost kriterlerine uygundur. Elde edilen kompostlar kil bünyeli topraklarla ağırlıkça %3, %6 ve %9 oranında karıştırılıp 6 ay süresince sabit nem düzeyinde inkübe edilmişlerdir. İnkübasyon sonucunda toprak agregat stabilitesi kontrole oranla %3 dozunda %1,52 artmış, %6 ve %9 dozunda ise sırasıyla %4,6 ve %11,35 azalmıştır. Toprağın pH değeri ise kontrole kıyasla %3, %6 ve %9 dozlarında sırasıyla % 0,21, 0,21 ve 0,41 azalmış, EC değeri kontrole kıyasla tüm dozlarda artmıştır. Sonuç olarak çeltik kavuzu kompostunun %6'lık ve %9'luk dozunun kil bünyeli toprakların agregat stabilitesini düşürdüğünü, EC değerini yükselttiği ve pH değerini arttırdığı sonuçlarına varılmış, %3'lük dozunun ise kil bünyeli toprakların agregat stabilitesini yükselttiği, EC ve pH değerlerini ise önemsiz bir miktar arttırdığı sonuçları elde edilmiş, üretim ve uygulama kolaylığı bakımından %6 ve %9'luk dozlara kıyasla %3'lük dozun kil bünyeli topraklara uygulanmasında olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompost, Çeltik Kavuzu, Tavuk Gübresi, Toprak, Agregat Stabilitesi, Karbon

ABSTRACT

COMPOSTING OF RICE HUSK WITH AUTOMATED CONTROLLED COMPOST REACTORS AND THE EFFECT OF COMPOST ON SOME PROPERTIES OF CLAY TEXTURED SOILS

Çağrı KINIK

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Soil Scince and Plant Nurition

Advisor: Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

09/08/2023, 41

The aim of this study was to produce rice husks compost from intensive rice cultivation in Thrace region with chicken manure in automatic controlled compost reactors and to determine some quality parameters of the product and to investigate its effects on the physical properties of clay textured soils. More than 75 countries in the world produce rice. Approximately 116 million tons of rice husks are produced from rice production annually. Rice compost can be a potential resource for agricultural production by composting. The rice husk used in the experiment was obtained from the rice processing factory in Ipsala district of Edirne province. Rice husk was mixed with chicken manure in certain proportions and composted in the composting units at ÇOMÜ. The composts were prepared in in a closed system compost reactor with automatically controlled temperature and aeration and replicated three times. The compost reactor was cylindrical stainless steel with a volume of 100 liters and the compost temperature was measured with a K-type thermocouple. There are three thermocouples on each reactor, total 45 thermocouples in the system. The measured temperatures were connected to the TC module in the PLC for monitoring and controlling the composting process. Compost and ambient temperatures were measured and recorded hourly. The composts were moisturized and mixed every week until they contained approximately 50% moisture. After the composting process was completed, the composts were analyzed for pH, electrical conductivity (EC), % moisture, total nitrogen and total carbon. The initial C/N ratio of rice husk was 73 and after 46 days in the compost reactors,

the C/N ratio decreased to 46. The composts were removed and rested and then re-filled into the reactors. The C/N ratio, which was initially 41, stabilized at 33 after 299 days. The composting process took a long time due to the high initial C/N ratio of the material. The average pH value of the composts was 7.2 and the average EC value was 3.4 mS/cm, which complied with the compost criteria. The composts were mixed with clay textured soils at 3, 6 and 9% by weight and incubated at constant moisture level for 6 months. As a result of incubation, soil aggregate stability increased by 1,52% at 3% dose and decreased by 4,6% and 11,35% at 6% and 9% doses, respectively. The pH value of the soil decreased by 0,21, 0,21 and 0,41% at 3%, 6%, and 9% doses, respectively, while the EC values increased at all doses respectively, compared to the control. As a result, it was concluded that 6% and 9% doses of rice husk compost decreased the aggregate stability, increased the EC value, and increased the pH value of clay textured soils, while 3% dose increased the aggregate stability of clay textured soils and increased the EC and pH values insignificantly. In terms of production and ease of application, positive results were obtained in the application of 3% dose to clay textured soils compared to 6% and 9% doses.

Keywords: Compost, Rice Husk, Chicken Manure, Soil, Agregate Stability, Carbon

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI……... i
ETİK BEYAN…… ii
TEŞEKKÜR…….. iii
ÖZET ……..…….…….. iv
ABSTRACT …….. vi
İÇİNDEKİLER ……..…… viii
SİMGELER ve KISALTMALAR…….....……. x
TABLOLAR DİZİNİ…….…. xi
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……...…….….. xii

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

1.1. Çeltik Kavuzu Kompostu……... 1
1.2. Tavuk Gübresi Kompostu…….. 5
1.3. Çeltik Kavuzu Kompostu ve Toprak Agregat Stabilitesi ile İlgili Çalışmalar..... 8
1.4. Kompostun Kil Bünyeli Topraklara Etkileri……... 10

İKİNCİ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM 14

2.1. Materyal……. 14
2.1.1. Denemede Kullanılan Materyallerin Özellikleri…… 14
2.1.2. Kompost Üretimi……..……...…..…… 15
2.2. Yöntem……... 18
2.2.1. İnkübasyon Denemesinin Kurulumu……... 18
2.2.2. Analiz Yöntemleri…….. 19

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 22

3.1. Kompost Analiz Sonuçları……. 22
3.1.1. Toplam Karbon……... 22
3.1.2. Toplam Azot……... 23
3.1.3. Karbon Azot Oranı……. 24
3.1.4. Kompost Sıcaklık Değişimi…… 25
3.1.5. Kompost pH ve EC Değişimleri……. 26
3.1.6. Kompostun Nem Değişimi……. 27
3.1.7. Çeltik Kavuzu Kompostu BET Yüzey Alanı……. 28
3.2 Kompost Uygulamasının Kil Bünyeli Toprağın Bazı Özelliklerine Etkileri……. 29
3.2.1. Agregat Stabilitesi…….. 29
3.2.2. pH ve EC Değerleri…… 31
3.3 Tartışma……..……..... 33

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER 36

KAYNAKÇA ...……. 37
ÖZGEÇMİŞ ….…….... I

SİMGELER VE KISALTMALAR

C	Karbon
°C	Santigrat derece
C/N	Karbon azot oranı
CO_2	Karbondioksit
Cm	Santimetre
mL	Mililitre
Kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
Da	Dekar
EC	Elektriksel iletkenlik
Ha	Hektar
ÇKK	Çeltik kavuzu kompostu
ÇK	Çeltik kavuzu
AS	Agregat stabiltesi
KDK	Katyon değişim kapasitesi
Kontrol	Kompost uygulanmayan toprak
L	Litre
mS/cm	Milisimens santimetre oranı
pH	Hidrojen iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması
t/ha	Ton hektar oranı
TN	Toplam azot
V	Hacim

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Denemede kullanılan toprak materyalinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları……..…	15
Tablo 2	Denemede kullanılan kompost yapım materyalinin bazı kimyasal analiz sonuçları……..…	15
Tablo 3	Çeltik kavuzu kompostunun yüzey alan sonuçları……...	28
Tablo 4	Kontrol ve çeltik kavuzu kompostu uygulamalarının toprak agregat stabiltesi üzerine etkisi ANOVA tablosu……..……..	30
Tablo 5	Kontrol ve çeltik kavuzu kompostu uygulamalarının toprak agregat stabilitesi üzerine etkisi Duncan LSD tablosu…….	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Kompostun başlangıçta elle nem tayini……	16
Şekil 2	Dinlendirilen kompostlar……..	17
Şekil 3	Kompostun olgunlaşma süresindeki renk değişimi…….	18
Şekil 4	İnkübatör cihazındaki ÇKK toprak karışımı örnekler……...	19
Şekil 5	Reaktörlerin anlık sıcaklık görünümü……...	21
Şekil 6	Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı toplam karbon içeriği…….....	23
Şekil 7	Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı toplam azot içeriği……	24
Şekil 8	Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı karbon/azot içeriği…...	25
Şekil 9	Çeltik kavuzu kompostunun sıcaklık değişim grafiği……..	25
Şekil 10	Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı pH değişimi…….	26
Şekil 11	Çeltik kavuzu kompostunun zaman bağlı EC değişimi……...	27
Şekil 12	Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı yüzde nem grafiği…...	28
Şekil 13	Farklı dozlardaki ÇKK uygulamalarının agregat stabilitesine olan etkisi……...	29
Şekil 14	Farklı dozlardaki ÇKK uygulamalarının pH üzerine etkisi……	31
Şekil 15	Farklı dozlardaki ÇKK uygulamalarının EC üzerine etkisi……	32

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

Tarım gelişmekte olan ülke ekonomilerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte fazla bitkisel üretim elde edebilmek için yapılan yanlış tarım yöntemleri, toprağın mikrobiyal aktivitesine zarar verir ve sonucunda da toprak organik madde kayıplarına yol açar. Bunun sonucunda da toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesi bozulur ve toprak verimliliği azalır. Toprak sağlığının bozulmasını önlemek için kimyasal gübrelerin yanında organik gübrelemeler de yapılmalıdır. Günümüzde kompostlama organik atıkların geri dönüşümünü sağladığı gibi aynı zamanda toprağın organik maddesinin arttırılması açısından önemli bir uygulamadır.

1.1. Çeltik Kavuzu Kompostu

Nüfus ve gıda tüketimindeki artışlar dünya genelinde de tarımsal ve tarıma dayalı endüstriyel atıkların artmasına neden olmaktadır. Hayvansal üretim ve tarımdan kaynaklanan organik atıklar ve tarım ve gıda işleme endüstrilerinin yan ürünleri, önemli çevresel ve sosyal sorunlara neden olmaktadır.

Tarımsal atıklar, çeltik kavuzu ve tavuk gübresi dahil olmak üzere çeşitli tarımsal malzemelerin üretimi ve işlenmesinden elde edilen ürün dışı çıktılardır. Çeltik dünya çapında en çok yetiştirilen ikinci mahsul 75'ten fazla ülkede üretilmektedir. Çeltik tarımı sonucu ortaya çıkan kavuzlar ciddi bir tarımsal atık sorunu teşkil eder. Çıkan atıklar yüksek teknolojik enerji dönüştürücü cihazların eksikliğinden ötürü genellikle yığınlar halinde yakılır ve bu hava kirliliğine yol açar veya akarsulara atılarak su kirliliğine sebebiyet verir. Bu nedenle kompostlama çeltik kavuzu için sağlıklı ve uygun şekilde işlendiğinde iyi bir toprak ıslahı kaynağı olabilir.

Her yıl milyonlarca ton saman, çöp, kurumuş dal gibi farklı tarımsal atıklar ortaya çıkmakta ve özellikle kırsal alanlarda yüksek miktarlarda atık üretimi nedeniyle bunların yönetimi önemli bir konu haline gelmektedir. Küresel ölçekte çeltik atıklarının yılda 370-

520 milyon ton aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Bu atıkların büyük çoğunluğu yakılmaktadır (FAO 2018). BEPA (2023) verilerine göre Türkiye genelinde yumurta tavuğu atık miktarı 6.196.680 ton/yıl ve et tavuğu atığı 6.792.000 ton/yıldır. Çeltik atığı miktarı ise tahmini olarak 1.410.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Araştırmalar, kompostlama işleminin çeltik kavuzunu mükemmel bir bitki yetiştirme ortamına dönüştürebileceğini göstermiştir (Huang vd., 2019). Bitki yetiştirme ortamı olarak en çok tercih edilen ortam turbadır. Bununla birlikte, artan turba yosunu kullanımı ve hasadı, turbalıkların zarar görmesine ve ekolojik kaygılara neden olan karbondioksit salınımının hızlanmasına neden olmuştur Ayrıca turba yosunu çıkarma, işleme ve nakliye için yakıt maliyetinden kaynaklanan ekonomik sorunlar, üreticileri yeni alternatifleri değerlendirmek zorunda bırakmaktadır. Bu nedenle, turba yosunu ve diğer yaygın olarak kullanılan yetiştirme ortamlarının yerini alabilecek materyaller önem kazanmaktadır. Saksı ortamına kompost eklenmesinin, hastalıkları bastırma ve besin takviyesi dahil olmak üzere birçok faydası vardır. Çeltik kavuzunu düzgün fermantasyonunu sağlamak ve yüksek olan C/N oranını dengelemek için belirli bir miktarda kümes hayvanı gübresi eklenmesi uygun bir yöntemdir. Bu durumu sağlayabilmek içinse çeltik yetiştirilen bölgelerde kümes hayvanı yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapılması önemlidir. Güney Marmara Bölgesi ise bu durum açısından avantajlı bir konumdadır. Substrat olarak çeltik kavuzu kullanımını gerçekleştirmek için kümes hayvanı gübresi ile C/N oranını düzenleme sisteminde diğer bir sorun, EC değerindeki artışlardır.

Kompost uygulaması toprak fiziksel özelliklerini agregat stabilitesi, su tutma kapasitesi ve gözenekleri arttırır (Bhattacharyya vd., 2008; Dorado vd., 2003). Kompost uygulanan topraklarda kompostla uygulanan azotun yaklaşık %5 ila 60'ı, fosforun %35 ile %100 ve potasyumun %75 ile %100'ü mineralize olmaktadır (Martinez-Blaqnco vd., 2013). Kompost uygulamalarının toprak strüktür veya agrega stabilitesini %29 ila 63 arasında artırdığı ve toprak kaybını %5 ila 36 arasında azalttığı toprağın kuru hacim ağırlığının %0,7 ile %23 arasında azalttığı ve toprağın su tutma kapasitesini artırdığı bildirilmiştir. Araştırıcılar kompost uygulamasının karbon tutulması ve bitki besin maddesi sağlama gibi olumlu etkilerinin kanıtlandığını bildirmişlerdir (Martinez-Blaqnco vd., 2013).

Çeltik kavuzunun komposta (ÇKK) dönüştürülerek tarımsal üretimde ve toprak özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bunlardan başlıcaları aşağıda özetlenmektedir.

Malezya'da yapılan araştırmada, piroliz işlemi görmüş çeltik kavuzu, komposta karıştırılmasıyla adsorbent özellik göstererek organik materyallerin ve pestisitlerin tutulmasını sağlamıştır. Bu özellik sayesinde gübreler ve pestisitler yavaş salınım sağlayarak hem pestisitlerin çevre zararını azaltmış hem de verimliliği arttırmıştır. Ayrıca başka organik materyallerin kompostlanması sürecine eklenen çeltik kavuzu kompostu, kompostlanma hızını arttırdığı görülmüştür. ÇKK'nin mikrobiyal aktiviteyi arttırması, nem ve N tutumunu arttırması bu hız artışını sağladığı düşünülmektedir (Theeba vd., 2012).

Omar vd. (2021) çeltik kavuzu ve tavuk gübresini farklı şekillerde kullanarak kompost üretmek, amonyak (NH_3) salınımını en aza indirmek için optimum üre ve ÇK kompost karışım oranını belirlemek ve üre ve ÇKK'nın birlikte uygulanmasının ardından toprakta tutulan toplam N, değiştirilebilir amonyum (NH_4^+) ve mevcut nitratı (NO3-) belirlemek amacı ile taptıkları çalışmada kompost süresi 60 gün olmuştur. Çeltik kavuzu kompostunun C/N oranı 30, elektriksel iletkenliği ve pH değerleri sırasıyla 2,79 µS cm-1 ve 6,55 bulunmuş ve fitotoksisitesi görülmemiştir. ÇKK'nın yüksek KDK değeri (100,67 cmolc kg^{-1}) üreden NH_3 kaybını kontrol eden belirleyici faktörlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Üre azotunun amonyak formunda kaybolmasını azaltmak için ÇK kullanarak yüksek kaliteli kompost üretilebileceği bildirilmiştir.

Kuzey Vietnam'da yapılan araştırmada çeltik hasadı sonrasındaki kalıntıların yakılması yerine biyokömüre dönüştürülüp kompostlanmasıyla ortaya çıkan kompostun toprağa uygulanması metan gazı çıkışını bahar mevsiminde %56, kış mevsiminde %40 azaltarak küresel ısınma zararını azaltabileceği gözlemlenmiştir (Ali Mohammadi vd., 2017).

Vietnam'da yapılan araştırmada çeltik kavuzu biyokömürü ve kompostunun toprak tuzluluğu ıslahında etkinliği ve çeltik tarımındaki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda şeker kamışı kompostunun ve çeltik kavuzu biyokömürünün toprak hacim ağırlığını, değişebilir sodyumu, değişebilir sodyum yüzdesini düşürdüğü ve alınabilir P ve K değerlerini arttırdığı gözlemlenmiştir (Phuong vd., 2020).

Çeltik kavuzunun C (karbon), oksijen (O), hidrojen (H), azot (N), kükürt (S), silisyum (Si), demir (Fe), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), potasyum (K) ve fosfor (P) içermesi nedeni ile bitki gelişiminde kullanılabilecek önemli bir tarımsal atık kaynağı olduğu belirtilmiştir (Jenkins vd., 1998).

Malezya'da yapılan araştırmada oxisol toprağa uygulanan ve %39 C içeren çeltik kavuzu kompostu tropikal topraklarda toprak pH'sını, Ca, Mg, K, Na, Si iyonlarını önemli ölçüde arttırmış ve Al, Mn, Fe iyonlarını azalmıştır. Bunun sonucunda kakao verimliliğini %37 oranında arttırmıştır (Anda vd., 2008). ÇKK'nın 20- 50 t ha^{-1} uygulama oranları, kakao verimini arttırırken 80 t ha^{-1}, verimi düşürmüştür. Sonuç olarak çok fazla organik maddenin de kakao büyümesi için iyi olmayabileceğini göstermektedir. Fazla organik madde uygulaması Fe, Mn, Zn ve Cu gibi mikro besinlerin kullanılabilirliğini azaltarak verimi düşürmüştür. Ayrıca fazla miktarda kompost uygulaması, N immobilizasyonuna neden olarak kakaoda N noksanlığına yol açabilmektedir.

Pakistan'da yapılan bir saksı deneyinde, çeltik kavuzu kompostunun toprağın organik madde içeriğini iyileştirerek, kompost uygulanan ayçiçeği bitkisinin kontrol bitkilerine göre daha iyi bir kök gelişim gösterdiğini ve topraktaki biyokimyasal parametreleri iyileştirmede etkili olduğunu gözlemlemiştir (Badar ve Qureshi, 2014).

Çin'de yapraklar, kesilen çimler, kopan dallar gibi yeşil şehir atıkları çeltik kavuzu ve yumurta kabuğu ile kompostlanması üzerine bir araştırma yapılmıştır. Yumurta kabuğu atığının (%0, 10 ve 20 oranında) ve çeltik kavuzunun (%0, 15 ve 25 oranında) budama atığı ve yapraklardan oluşan kompost karışımına eklenmesinin, kompostlama sürecini nasıl

etkilediği değerlendirilmiştir. Yumurta kabuğu (%10) ve ÇK (%25)'nın birlikte eklenmesi en kaliteli kompost üretiminde etkili olmuştur. Çeltik kavuzu kompostunun uygulandığı toprağın hacim ağırlığını düşürdüğü ve agregat stabilitesini arttırdığı gözlemlenmiştir. Dokuz farklı uygulamada pH ve EC değişimleri benzer değişimler göstermiştir. İlk evrelerde görülen pH artışı NH_3 üretilmesi ve birikmesinden veya organik asitlerin bozunmasından kaynaklanmış olabilirken, pH düşüşü nitrifikasyon sırasında NH_3'ün buharlaşmasından veya organik asitlerin sentezinden kaynaklanmış olabilir. Kompostlamanın sonundaki pH düşüşü ise kompostlanma hızının düştüğünü ve kompostun olgunlaştığının göstergesidir. Kompostlama sürecindeki EC değerleri ise pH değerlerinin değişiminin tam tersi bir hareket göstermiştir (Wang vd., 2021). Denemede, pH değerinde düşmeye neden olan uygulamalar, EC değerinde artışa neden olmuştur.

Demir ve Gülser (2010), Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde sera şartlarında ve tarlada %3, 6 ve 9 oranında çeltik kavuzu kompostu uygulamasının bazı toprak kalite parametrelerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada ÇKK uygulamasının dozu arttıkça pH değerinde düşüşler gözlenirken, EC ve organik madde değerlerinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Toprak EC'si büyük ölçüde kompost karışımındaki çözünür tuzlara bağlı olup organik madde ayrışması asidik bileşenler ortaya çıkararak tuz çözünürlüğünü arttırmıştır. Bu yüzden EC değeri organik madde dozu arttıkça yükselmiştir. Kontrolle kıyaslandığında ÇKK uygulaması toprak hacim ağırlığını önemli ölçüde düşürmüştür. Kontrolle karşılaştırıldığında ÇKK uygulamaları su tutma kapasitesini hem arazi hem sera koşullarında arttırmıştır. Ayrıca tarla kapasitesi, solma noktası, alınabilir su miktarı da artmıştır.

1.2. Tavuk Gübresi Kompostu

Küçükbaş hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı bölgelerde zengin organik madde kaynağı olan tavuk gübrelerinin yanlış kullanımı ciddi hava, su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Organik atıklar tarımsal faaliyetlerin verimliliğini arttırabilecek önemli bir toprak ıslah ürünü olarak kabul edilmektedir ve organik gübrelerin toprağa uygulanması uzun vadede toprak verimliliğini ve üretkenliğini etkili bir biçimde arttırır. Fakat

olgunlaşmamış gübreler doğrudan toprağa uygulandıklarında içerisindeki organik maddenin yeterince biyodegradasyona uğramamaları sebebiyle toprakta fitotoksik etki gösterebilir. Bu nedenle bu organik madde kaynaklarının tarıma kazandırılabilmesi için değerli kompostlara dönüştürülmesi gerekmektedir. Kompostlama genellikle geri dönüşüm, patojenlerden arındırma ve organik maddenin ayrışıp toprak için değerli bir forma dönüşmesinde kullanılır (Zhou vd., 2015). Çeşitli termofilik mikroorganizmalar kompostlama sürecinde önemli roller oynarlar ve bu organizmalar farklı organik maddelerin parçalanmasından sorumludur. Kompostlama sürecinde bu mikroorganizmaların faaliyetlerini takip etmek için sıcaklık verileri kullanılabilir. Sıcaklık kompostlama için kritik bir parametredir. Sıcaklık değişimleri kompost içerisindeki organik maddenin ayrıştığını gösteren bir işaret olabilir. Kompost 10. Gününde 60ºC'ye çıkarak termofilik faza çıktığına işaret eder. 28 gün sonunda kompost sıcaklığı hızlıca düşmüş ve uzunca bir süre aynı sıcaklıkta kalmıştır. Bu hareketlilik biyolojik bozunma için ideal koşulların sağlandığını gösterir (Hassen vd., 2001; Said-Pullicino vd., 2007).

Kong vd. (2018) Çin'de gerçekleştirdikleri araştırmada çeltik kavuzu ve tavuk gübresi karışımından yaptıkları komposttan çeşitli veriler elde ettiler. Kompost pH'sı nötr koşullardan alkali koşullara kademeli bir değişim göstermiştir. Bunun nedeninin, numunelerdeki protein bozulmasıyla ilişkili amonyak olabileceği bildirilmiştir. En yüksek EC değeri (3,50 mS/cm) ile 45. günde elde edilmiş ve kompostlama işleminin sonuna kadar sabit kalmıştır. Organik karbon içeriği kademeli olarak %27,84'e düşmüştür.

Li vd. (2021), Çin'de yaptıkları çalışmada tavuk gübresi kompostuna karışıtırlan çeltik biyokömürünün, tavuk gübresi kompostu içerisinde bulunan ağır metallerin toprağa vereceği zararı azalttığını gözlemlemiştir.

Karanja vd. (2019), Kenya'da yaptıkları araştırmada tavuk gübresi ve eşek gübresiyle çeltik atıklarını karıştırılıp kompostlamışlardır. Çeltik atıkları karıştırılmış tavuk gübresi kompostunda diğer uygulamalara göre nispeten daha yüksek EC değeri elde edilmiş ve bunun nedeni olarak tavuk gübresinin çeltik atıklarının ayrışmasında yüksek etkiye sahip olduğu bunun sonucunda serbest iyonların fazlaca salınmasına neden olarak EC seviyesini yükseltmiştir.

Ghasemzadeh vd. (2022), İran'da yaptıkları çalışmada çeltik atıklarıyla, üç farklı materyalden çeşitli kompostlar üretmiştir. ÇK (kontrol), ÇK+tavuk gübresi, ÇK + tavuk gübresi, +mikrobiyal karışım, ÇK+tavuk gübresi, +mikrobiyal karışım +şarap atığı ve ÇK+ mikrobiyal karışım+şarap atığı. Kompost karışımının başlangıç EC değerleri 2,3–2,55 ms cm^{-1} aralığındaydı. Kompostlaştırma işleminin sonunda ÇK+tavuk gübresi + mikrobiyal karışım uygulamasındaki düşük EC, iyi tarım uygulamaları için çok önemlidir. Kompostlanmanın başında yaklaşık 6,4 olan pH değerleri kompost ısısının artmasıyla birlikte 7.00–7.20 aralığına kadar artmıştır. Kontrol örneği (sadece çeltik kavuzu) ile karşılaştırıldığında tüm kompost uygulamalarında C/N oranının düştüğü gözlemlenmiştir. Kompostta yüksek C/N oranı ayrışmamış organik materyallerin olduğunu gösterirken düşük C/N ise biokütlenin tamamı ile ayrıştığına işaret eder.

Yu vd. (2019) yürüttükleri kompost çalışmasında organik-inorganik malzemelerin birlikte kompostlamışlardır. Kompost karışımında organik materyaller, inek gübresi (%25), kullanılmış mantar substratı (%25) ve ezilmiş buğday samanı, inorganik materyaller ise yerel tarım malzemeleri şirketinden satın alınan amonyum sülfat (%15), potasyum sülfat (%5) ve kalsiyum süper fosfattır (%5). Çeltik kavuzunun 300–400°C'de pirolizi ile yapılan biyokömür ile kompostlar farklı oranlarda karıştırılmıştır. CF (kontrol), CFB1 (%5 biyokömür), CFB2 (%10 biyokömür) ve CFB3 (%15 biyokömür uygulamaları denenmiştir.

Dört uygulamada da pH, önce düşme ve ardından nispeten sabit olana kadar tekrar artma eğilimi göstermiştir. Bunun nedeni, erken aşamada kolayca parçalanabilen organik maddenin, kompost yığınının pH'ını düşüren organik asitler ve inorganik asitler salmasıdır Başlangıçtaki düşük pH'nın sonrasında amonyak salınarak kompost yığınında biriktiği ve pH değerini yükselttiği için azot içeren maddenin bozunması nedeniyle pH yükselmeye başlamıştır (Yu vd., 2019).

Tavuk gübresi kompostlanması sırasında 0,1 m^3 h^{-1} havalandırma oranının (AR), tavuk gübresinin olgunluğunu ve nemlendirilmesini gerçekleştirmek için minimum

havalandırma gereksinimi olduğu belirtilmiştir (Ma vd., 2022). Çimlenme indeksi (GI) ve humifikasyon indeksleri, aerobik ve oksijen açısından zengin uygulamalarda (AR ≥ 0,1 m^3 h^{-1}), mikroaerobik uygulamalara (AR < 0,1 m^3 h^{-1}) göre daha yüksek bulunmuştur.

1.3. Çeltik Kavuzu Kompostu ve Toprak Agregat Stabilitesi ile İlgili Çalışmalar

Ülkemizde degredasyona neden olan etmenlerin başında erozyon gelmekte olup topraklarımızın %78'i şiddetli ve çok şiddetli derecede su erozyondan zarar görmüş durumdadır (Tunç ve Schröder, 2010). Bu nedenle erozyona karşı etkin önlemlerin alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Önlemlerin seçiminde erozyonu hazırlayan faktörlerin etki ve katkı derecelerinin analiz edilmesi, olumsuz etkileri minimum kılacak tedbirlerin alınması gerekmektedir (Özdemir vd., 2015). Organik materyaller bu doğrultuda önemli katkılara sahiptirler. Etkinlikleri bileşimleri ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Öztürk, 2013). Agregat stabilitesi değerleri toprak agregatlarının su karışışındaki dayanıklılıklarının belirlenmesinde ve su erozyonuna karşı dirençlerin ortaya konulmasında kullanılan bir kriterdir (Özdemir vd., 2015; Gülser vd., 2015). Bu parametre tarımsal uygulamalar, bitki yetiştirme sistemleri ve kullanılan düzenleyicilerin etkinlik derecelerinin ortaya konulmasına imkân vermektedir (Özdemir, 2013; Gülser, 2006).

Özdemir vd. (2016) Samsun'da tütün işleme atığı ve çeltik kavuzu kompostunun agregat stabilitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. ÇKK'nın artan dozlarla birlikte agregat stabilitesini arttırdığını, toprağın erozyona karşı daha dirençli hale getirdiği gözlemlenmektedir.

Sharkawi vd. (2014) Mısır'da topraksız tarım üzerine yaptıkları çalışmada, biyokömür ve çeltik kavuzu karşımını yetiştirme ortamı olarak kullanmıştır. Hıyar bitkisi üzerine yaptıkları denemelerde çeltik kavuzu-biyokömür karışımının bitki gelişimine uygun bir ortam olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Susilawati vd. (2012), Malezya'da yaptıkları çalışmada humin ile çeltik kompostu ve çeltik kavuzu kompostunun bazı toprak özelliklerine ve mısır gelişimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonunda uygulamaların mısır bitkisinin boyunu, kuru madde ağırlığını arttırdığını aynı zamanda N, P, K alınımı arttırdığını gözlemlemiştir.

Özdemir vd. (2016), Samsun'da yaptıkları çalışmada çeltik kavuzu kompostunu yüzey akışıyla meydana gelen toprak kayıplarını araştırmada kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına bakıldığında iki farklı toprak üzerindeki ÇKK uygulamasının kontrol uygulamasına kıyasla toprak kaybını ciddi ölçüde azalttığı görülmüştür. Uygulama dozu arttıkça toprak kaybı da azalmıştır.

Birçok farklı çalışmada değinildiği gibi organik düzenleyicilerin zayıf toprak fiziksel özelliklere sahip topraklara uygulandığında fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri geliştirdiği için toprak kayıplarını azalttığı sonucu görülmüştür. Organik düzenleyici kullanmak toprak kayıplarını önleme açısından etkili bir yöntemdir. Agregat stabilitesini arttırmak için uygulanan organik düzenleyiciler hem toprak kaybını azaltır hem de yoğun kimyasal girdilerin yol açtığı toprak kirliliğinin etkilerini azaltır.

Toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği global ölçekte endişe edilen bir konudur. Aralıksız yapılan zirai üretim sonucunda topraktaki organik maddelerin ayrışması sebebiyle bitki için gerekli olan besin elementleri toprakta kaybolmaya başlar. Bu döngü erozyona sebebiyet verebilir ve topraktaki besin elementlerinin yıkanması toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz etkiler ve sonucunda da bitkisel üretimde verime olumsuz yansır. Organik düzenleyici olarak kullanılan ürünlerdeki organik maddeler arazinin sürdürülebilirliğini ve bitkisel üretimdeki verimi korur.

Ogbe vd. (2015) Nijerya'da yaptıkları araştırmada çeltik kavuzunu (RH) kompostlama yapmadan bir düzenleyici olarak kullanmış ve kumlu tın topraktaki fiziko-kimyasal özelliklerine olan etkilerini araştırmıştır. Uygulamalar RH0 (Kontrol), RH2 (2 t/ha), RH4 (4 t/ha) ve RH6 (6 t/ha) içermektedir. Çeltik kavuzu uygulaması toprak hacim

ağırlığını azaltmış ve toprak porozitesini arttırmıştır. Topraktaki organik materyalin artmasıyla toprak sıkışması azalmış, gözenek sayısı artmış ve bunun sayesinde su hareketi artmış, kökün toprağa nüfuz etmesi kolaylamış ve mikrobiyal faaliyetlerin oluşması için gerekli ortam sağlanmıştır. Çeltik kavuzu uygulaması değişebilir katyonları ve katyon değişim kapasitesini arttırdığı görülmüştür. KDK'nın artması toprağın besin elementlerini ve organik maddenin yıkanmasını önleyerek toprak verimliğinin düşmesini engeller. Katyon değişim kapasitesi artışı aynı zamanda toprak partiküllerinin birbirlerine tutunmasını sağlayacağı için agregatlaşma artacak ve toprak daha kuvvetli bir strüktür yapısına sahip olacaktır.

Palanivell vd. (2013), Malezya'da çeşitli atıkların mısır bitkisinin gelişimi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları araştırmada çeltik kavuzu kompostunun bitki gelişimine pozitif bir etki gösterdiği, kimyasal gübrelerin etkisini de arttırdığı gözlemlenmiştir. T0 kontrol uygulamasıyla T1 çeltik kavuzu kompostu karşılaştırıldığında organik madde, toplam karbon, toplam azot, alınabilir P, katyon değişim kapasitesi gibi toprağın kimyasal özelliklerine olumlu etki yaptığı görülmüştür.

1.4. Kompostun Kil Bünyeli Topraklar Üzerine Etkileri

Killi topraklar genellikle KDK'sı yüksek, kimyasal, fiziksel ve biyolojik reaksiyonların gerçekleşmesine uygun, su tutma kapasitesi yüksek, yıkanmaya karşı dirençli, tarıma elverişli verimli topraklardır. Fakat yoğun killi topraklar eğer düşük organik madde içerikliyse tarımsal faaliyetlerin veriminin düşmesine sebebiyet verebilir.

Ghosh vd. (2011), Avusturalya'da yaptıkları bir çalışmada pamuk çırçırı kompostunun vertisol toprağın bazı özelliklerine olan etkilerini gözlemlemişlerdir. Pamuk çırçır kompostu, topraktaki K mevcudiyetini ve mikrobiyal biyokütleyi iyileştirmiştir. Toprak verimliliğinin ve biyolojik aktivitenin ayrıca toprak sağlığının iyileştirilmesi, hayvan gübrelerinden daha az etkili olsa da vertisollere pamuk çırçır kompostu ilavesi toprak sağlığında olumlu etkiye sahiptir.

İşler vd. (2022), Çanakkale'de yaptıkları araştırmada pirina ve bağ atıklarından yaptıkları kompostların killi, tınlı ve kumlu tın topraklar üzerindeki agregatlaşmaya etkilerini gözlemlemişlerdir. Araştırma sonucunda kompost uygulamaların üç farklı tekstürlü toprakta da agregat stabilitesini istatiksel olarak arttırmıştır. Killi ve tınlı toprakta agregat stabilitesini önemli bir biçimde arttırdığı gözlemlenirken, kumlu tın toprakta diğerlerine kıyasla ciddi bir artış sağlamamıştır. Yapılan çalışmada kompost uygulamalarının üç farklı tekstürdeki toprakta da toplam karbonu arttırdığı görülmüştür. Toplam karbon yüzdesi arttıkça agregat stabilitesi de doğru oranda artmıştır.

Küresel olarak topraktaki organik C depolanması küresel iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek için bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Toprak organik karbonu, ekosistemin üretkenliğinde ve tarımsal üretimde önemli bir rol oynar. Toprak organik karbonunun korunması toprak kalitesi ve tarımsal üretkenlik için önemlidir çünkü toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin etki ederek besin elementlerinin dönüşümünde rol oynar. Zhaou et al. (2020) yaptıkları çalışmada Vertisol toprağa üst üste 4 yıl kompost ve inorganik gübre ilavesinden sonra toprak organik C, enzim aktivitelerinin dinamiklerini ve bunların makroagregasyonla ilişkilerini belirlemek için sıfır gübre (CK), mineral gübre (FR) ve %60 kompost N artı %40 gübre N (FRM) uygulaması ile karşılaştırmışlardır. FR ve FRM uygulamalarında organik C içeriği, CK uygulamasından %8- 41 oranında daha yüksek bulunmuştur. FRM parsellerinde agregatlarda fazla miktarda karbon döngüsü enzimleri de gözlemlenmiştir. Mineral gübreleme ile karşılaştırıldığında, FRM uygulaması makroagregatların yapısal stabilitesini ve enzim aktiviteleri ile arasındaki bağlantıyı önemli ölçüde güçlendirmiştir. Araştırmalar sonucunda kompost uygulamasının makro agregatların içerisindeki C miktarını artışıyla, toprak organik karbonunun arttığını gözlemlemiştir. Vertisol toprağa yalnız inorganik gübreleme yapmak yerine organik gübre takviyeli gübrelemenin toprak verimliliğini ve sürdürülebilirliğini vurgulamıştır.

Guo vd. (2018), Çin'de yaptıkları araştırmada hayvan gübresinin vertisol toprak özelliklerine olan etkilerini gözlemlemiştir. Suya dayanıklı agregat dağılımının da (>2mm, 0,25–2,0mm, 0,053–0,25mm ve <0,053mm) incelendiği bu çalışmada toprağa sürekli saman

ilavesi >2 mm makroagregatların oluşumunu önemli ölçüde arttırırken hayvan gübresi ilavesi bu sonucu desteklememiştir. Sonuç olarak hayvansal içerikli gübrelerin yoğun tuz içeriği sebebiyle zamanla toprak strüktürünü bozabileceği fakat yeşil aksamlı organik gübrelemeler ile vertisol topraklarda daha iyi tarımsal sürdürülebilirlik sağlanabileceği görüşüne varılmıştır

Cai vd. (2022), Çin'de yaptıkları saksı deneyinde biyokömür ve hayvansal gübrelemenin vertisol topraktaki agregat stabilitesi ve bitki verimi üzerine etkilerini araştırmıştır

Uygulamalar pH üzerinde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Toprak organik karbonu kontrolle kıyaslandığında önemli ölçüde artış göstermiştir. Porozite ise kontrolle kıyaslandığında tavuk gübresi uygulamasında düşerken biyokömür ve biyokömür tavuk gübresi karışımında yüksek bir biçimde artmıştır.

Kontrol örneklerine kıyasla Vertisol toprağın agregat boyutu dağılımının, biyokömür ve biyokömür-tavuk gübresi karışımıyla önemli ölçüde geliştiği belirtilmiştir. Kontrolle kıyaslandığında 2–0.25 mm boyutundaki suya dayanıklı makroagregatlar biyokömür, tavuk gübresi ve tavuk gübresi biyokömür karışımı uygulamalarıyla artmıştır.

Toprak agregat stabilitesini değerlendirirken ortalama çap ağırlığı önemli bir parametredir. Yüksek ortalama çap ağırlığı suya daha dayanıklı agregatların varlığını gösterir. Kontrolle kıyaslandığında ortalama çap ağırlığı biyokömür, tavuk gübresi ve tavuk gübresi biyokömür karışımında ciddi bir şekilde arttığı gözlemlenmektedir.

Vertisoller büyük miktarda genişleyebilir kil mineralleri içerebilen topraklardır. Genişleme özelliği gösteren killer şişme-büzülme ve yapışkanlığa sebep olduğundan, vertisol yüksek şişme basıncına ve düşük hidrolik iletkenliğe ayrıca zayıf toprak strüktürüne, kuruyken çatlama ıslakken yapışkanlık özelliği gösterdiğinden zirai faaliyetleri ve zirai mühendisliği zorlaştıran bir toprak çeşididir (Brierley vd., 2011; Murthy, 1988; Wilding ve Puentes, 1988).

Lu vd. (2013), Çin'de yaptıkları araştırmada çeltik kavuzu biyokömürünün ve kömür külünün killi topraklar üzerine etkilerini gözlemlemişlerdir. Çeltik kavuzu biyokömürünün, su tutma kapasitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su gibi toprak su parametrelerine kontrol uygulamasıyla kıyasla oldukça büyük olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir. Kontrol toprağı ile karşılaştırıldığında % 31 daha yüksek su tutma kapasitesi göstermiştir. Toprağın su tutmasında gözlenen iyileşme, çeltik kavuzu biyokömürünün poroziteyi arttırmasıyla ilişkilendirilebilir.

Yakupoğlu vd. (2021), Yozgat'ta yaptıkları saksı deneyinde kompostlanmış ve kompostlanmamış turba çamurunun killi toprakların strüktür ve diğer özelliklerine olan etkilerini incelemişlerdir.

Sonuç olarak gerek bezelye bitkisiyetiştirilen toprak ve gerekse sadece toprak üzerinde uygulamalarda toprağın önemli fiziksel özelliklerinden biri olan hacim ağırlığının düştüğü, toprağın su erozyonuna dayanıklılığını gösteren özelliklerden agregat stabilitesinin ve ortalama çap ağırlığının da arttığı gözlemlenmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM
MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Denemede Kullanılan Materyallerin Özellikleri

Denemede kullanılan materyallerden çeltik kavuzu, Edirne'nin İpsala ilçesi çeltik işleme fabrikasından alınmıştır.

Denemede kullanılan toprak Umurbey beldesinden (40°15'04.2"K, 26°34'52.3"D) 0-20 cm derinlikten kürek yardımı ile alınmış, laboratuvarda hava kuru nem koşullarına geldikten sonra analizler ve deneme için hazırlanmıştır (İşler, 2019). Toprak Taksonomisi' ne göre Entisol ordosu Xerofluvents olarak sınıflandırılmıştır (Yiğini, 2006).

Tavuk gübresi ise, Çanakkale Merkez'e bağlı Gökçalı Köyü çiftliklerinden temin edilmiştir. 12 kg çeltik kavuzu, 12 kg tavuk gübresi, 0.8 kg küçükbaş gübresi ve 1 kg yonca ile karıştırıldıktan sonra, ÇOMÜ-TETAM'da bulunan hava ve sıcaklık kontrollü otomatik kompostlama ünitelerinde kompostlama işlemi yapılmıştır. Silindir şeklindeki reaktörün hacmi 100 L olup paslanmaz çelikten üretilmiştir. Kompost sıcaklığının ölçülmesi K tipi ısıl çift ile yapılmıştır. Kompostlama işlemi toplam 299 gün sürmüştür. Kompost sıcaklığı programa kaydedilen 60 °C üzerinde ise fanlar devreye girmektedir. Kullanılan materyallerin analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1
Denemede kullanılan toprak materyalinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

pH 1:10	8,2
EC 1:10 (mS m^{-1})	0,4
Kil (%)	45,8
Kum (%)	18,0
Silt (%)	36,2
Tekstür	Kil
TC (%)	3,4
TN (%)	0,10
C/N	34

Tablo 2
Denemede kullanılan kompost yapım materyalinin bazı kimyasal analiz sonuçları

	Küçükbaş Gübresi	**Çeltik Kavuzu**	**Tavuk Gübresi**
pH 1:10	-	7,05	7,34
EC 1:10 (mS m^{-1})	-	3,63	8,13
TC (%)	33,79	78,0	19,18
TN (%)	2,38	1,06	2,69
C/N	14,18	73,58	7,12

2.1.2. Kompost Üretimi

Kompostlar sıcaklık ve nemi otomatik olarak kontrol edilen iki adet kapalı sistem kompost reaktöründe üç paralelli hazırlanmıştır. Hedef C:N oranı 20-25 olacak şekilde karışımı oluşturan diğer maddelerin oranı hesaplanmıştır. Materyaller Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Teknoloji ve Tarımsal Araştırma Uygulama Merkezi'nde su geçirmez

branda üzerinde kürek yardımıyla homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Denemede kullanılan kompost materyallerinin bazı kimyasal analiz sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Kompost karışımı %46,5 çeltik kavuzu, %3 küçükbaş gübresi, %46,5 tavuk gübresi ve %4 yonca olacak şekilde belirlenmiştir. Komposta verilecek su miktarı başlangıçta elle Şekil 1'de görüldüğü gibi yaklaşık olarak belirlendikten sonra yapılan tüm karıştırma ve nemlendirme işlemlerinde gravimetrik olarak belirlenmiştir.

Şekil 1. Kompostun başlangıçta elle nem tayini

Kompost karışımı hazırlandıktan sonra tartılarak üç eşit parçaya ayrılmış ve kürek yardımıyla reaktörlere doldurulmuştur. Reaktör başına 12 kg çeltik kavuzu, 12 kg tavuk gübresi, 0.8 kg küçükbaş gübresi ve 1 kg yonca olacak şekilde toplam 25,8 kg kompost hazırlanmıştır. Kompost ve ortam sıcaklığı modül tarafından saat başı ölçülüp kaydedilmiştir. Kompost 7-10 günlük aralıklarla branda üzerine yere serilip su tutma kapasitesinin yarısı kadar nemlendirilip karıştırılmıştır. Kompost reaktörü hacmi 100 lt olan paslanmaz çelikten silindirik formdadır. Kompost sıcaklığının ölçülmesi K tipi ısıl çift ile gerçekleştirilmektedir.

Her bir reaktör üzerinde 3 adet ısıl çift olmak üzere sistemde toplam 45 adet ısıl çift bulunmaktadır. Ölçülen sıcaklıklar kompostlama işleminin takibinde ve kontrolü amaçlı olarak PLC de TC modülüne bağlanmıştır. Reaktörün havalandırılması da otomatik olarak sağlanmaktadır. Kompostlama işlemi iki aşamada yapılmış ve toplam 299 gün sürmüştür. Kompostlama işlemi başladıktan 46 gün sonra kompost dinlendirilmek üzere brandaların üzerine serilmiş, üzeri branda ve tahtalar yardımıyla (Şekil 2) sarıldıktan sonra 171 gün bekletilmiştir.

Şekil 2. Dinlendirilen kompostlar

Bu sürenin ardından kompostlar tekrar reaktörlere konulmadan önce mikrobiyal faaliyetin hızlanması adına her yığına ÇOMÜ-TETAM Yerleşkesindeki küçükbaş gübresinden 1 kg eklenmiştir. Kompostlar tekrar reaktörlere konulduktan sonra 82 gün daha reaktörde kalmış ve 299 gün sonunda kompostlama işlemi bitmiştir. Çeltik kavuzunun yüksek karbon içeriği (%78) sebebiyle kompostlama işlemi uzun sürmüştür. Kompostlama işlemi başlarken altın sarısı olan kompost rengi kompostlama sonunda koyu kahverengi rengini almıştır (Şekil 3).

Şekil 3. Kompost olgunlaşma süresindeki renk değişimi

Komposttan 7-10 gün aralıklarla alınan numunelerde nem, pH, EC, toplam karbon, toplam azot analizleri yapılmıştır. Kompostun sıcaklık değerleri modül tarafından otomatik olarak kaydedilmiştir.

Kompost karışımı %46,5 çeltik kavuzu ve %3 küçükbaş gübresi %46,5 tavuk gübresi ve %4 yonca olacak şekilde belirlenmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. İnkübasyon Denemesinin Kurulumu

Denemede kullanılan toprak Umurbey beldesinden (40°15'04.2"K, 26°34'52.3"D) 0-20 cm derinlikten kürek yardımı ile alınmıştır. Örnekler hava kuru hale getirildikten sonra 6 mm elekten elenip ağırlıkça %0, %3, %6 ve %9 oranlarında kompost ile karıştırılmıştır. Toprakların su içerikleri yaklaşık olarak su dolu boşluk hacmi % 50 olacak şekilde toprağa su ilave edilip toprak ve kompost tamamen karıştırılmıştır. Kavanozlar 25 C^o ayarlı, karanlık inkübatörde bekletilmiştir (Şekil 4).

Denemede kullanılacak materyallerin toplam ağırlığı 500 gr olacak şekilde 1L'lik kavanozlara karıştırılarak konulmuştur.

Şekil 4. İnkübatör cihazındaki ÇKK toprak karışımı örnekler

2.2.2. Analiz Yöntemleri

Agregat stabilitesi: İnkübasyon sonrası toprak örneklerinde suya dayanıklı agregat stabilitesini ölçmek amacıyla yapılmıştır. Kemper ve Rosenau (1986)'nın yöntemi olan ıslak eleme metodu kullanılmıştır. Analiz için topraklardan 1-2 mm arası elek çapındaki agregatlar elenerek ayrılmıştır. Nem içeriğini belirlemek amacıyla örneklerden 4-5 g numune ayrılmıştır. Analiz için elenen topraktan 4 g tartılarak Eijelkamp marka ıslak eleme cihazının 0,25mm elek çapına sahip haznesine konulmuştur. Hazneler cihaza yerleştirilmeden önce suyla agregatların hızlı teması halinde hemen dağılmaması amacıyla, toprak önekleri eleme öncesinde sprey yardımı ile su ile nemlendirilmiştir Islak eleme cihazına yerleştirilen örnekler 1,3 cm iniş çıkış yüksekliğine ayarlı cihazda dakikada 35 devirde 4 dakika boyunca su içinde dikey yönde hareket ettirilmiştir. Elek üstünde kalan kısım petri kaplarına toplanarak, etüvde 105 ^{o}C'de 24 saat kurutulup tartılmıştır. Örneklerdeki kum miktarının düzeltilmesi amacıyla, Etüvden çıkan ve tartılan elek üstü toprak agregatları, 0,25 mm elek üzerine yerleştirilmiş, musluk altında yıkanarak elek üstünde kalan kum tekrar petri kaplarına toplanmış, etüvde kurutulup tartılmış ve hesaplamada kullanılmıştır.

Toprak pH ve EC değerleri: Toprağın pH analizi, 1:25 (g:g) toprak-su karışımında hidrojen iyonu konsantrasyonun pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmesi ile EC ise elektriksel iletkenliğe bağlı kondaktivite metodu ile belirlenmiştir (Black, 1965).

Toprak tekstürü: Toprak tekstür sınıfını belirlemek amacıyla hava kuru haldeki örnekler 2 mm elekten elenmiş ve Bouyoucos tarafından belirtilen esaslara göre hidrometre yöntemiyle analiz yapılmıştır (Gee ve Bauder, 1986).

Kompost toplam karbon (C) miktarı: Örnekler kuru yakma metoduna göre (Kirsten, 1983) C/N elementel analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

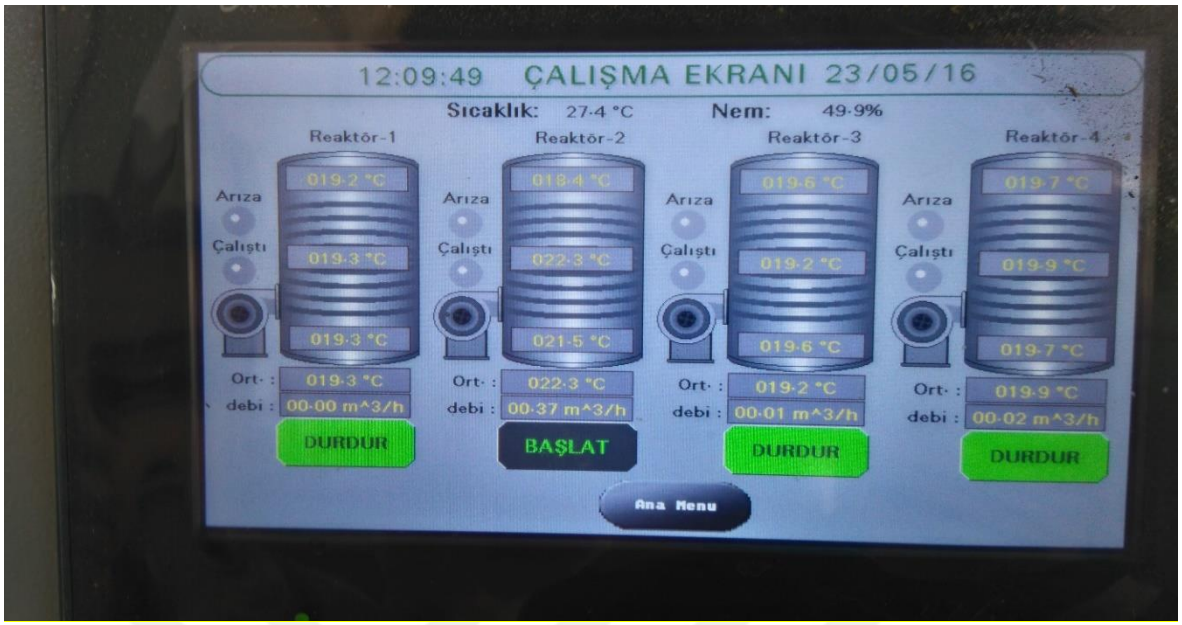
Kompost toplam azot (N) miktarı: Örnekler kuru yakma metoduna göre (Kirsten, 1983) C/N elemental analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Kompost C:N oranı: Toplam karbonun, toplam azota oranıyla elde edilmiştir.

Kompost pH ve EC değerleri: Toprağın pH analizi, 1:10 (g:g) toprak-su karışımında hidrojen iyonu konsantrasyonun pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmesi ile EC ise elektriksel iletkenliğe bağlı kondaktivite metodu ile belirlenmiştir (Black, 1965).

Kompost % nem oranı: Hava kuru durumdaki kompost örneklerinden 10'ar gram alınan örnekler petri kaplarında etüve konulmuş ve 105^{o} derece sıcaklıkta 24 saat bekledikten sonra fırın kuru hale gelen örnekler tartılmıştır.

Kompost sıcaklık ölçümü: Kompost sıcaklığının ölçülmesi K tipi ısıl çift ile otomatik olarak yapılmıştır. Reaktörlerin anlık sıcaklıkları cihaz panelinden gözlemlenebilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Reaktörlerin anlık sıcaklık görünümü

BET yüzey alan analizi: BET Yüzey Alanı Ölçüm Cihazı (Quantachrome Quadrasorb SI) ile Brunauer, Emmet ve Teller (BET) methoduyla 77K' deki sıvı azot ortamında, azot (N2) gazı adsorpsiyonu tekniğine dayalı olarak yüzey alanı ve gözeneklilik ölçümü, ÇOMÜ-ÇOBİLTUM' da yapılmıştır. Analiz sonuçları tek ve çok noktalı BET yüzey alanı, toplam gözenek hacmi BJH gözenek boyutu dağılımı şeklinde elde edilmiştir

İstatistiksel analizler: Farklı dozlarda çeltik kavuzu kompostu uygulamasının toprak özellikleri üzerine etkileri varyans analizi ile, genel doğrusal model (GLM) kullanılarak, ortalamalar arasındaki farklılıklar da Duncan LSD testi kullanılarak SAS (SAS enstitüsü, 2001) paket programında hesaplanmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

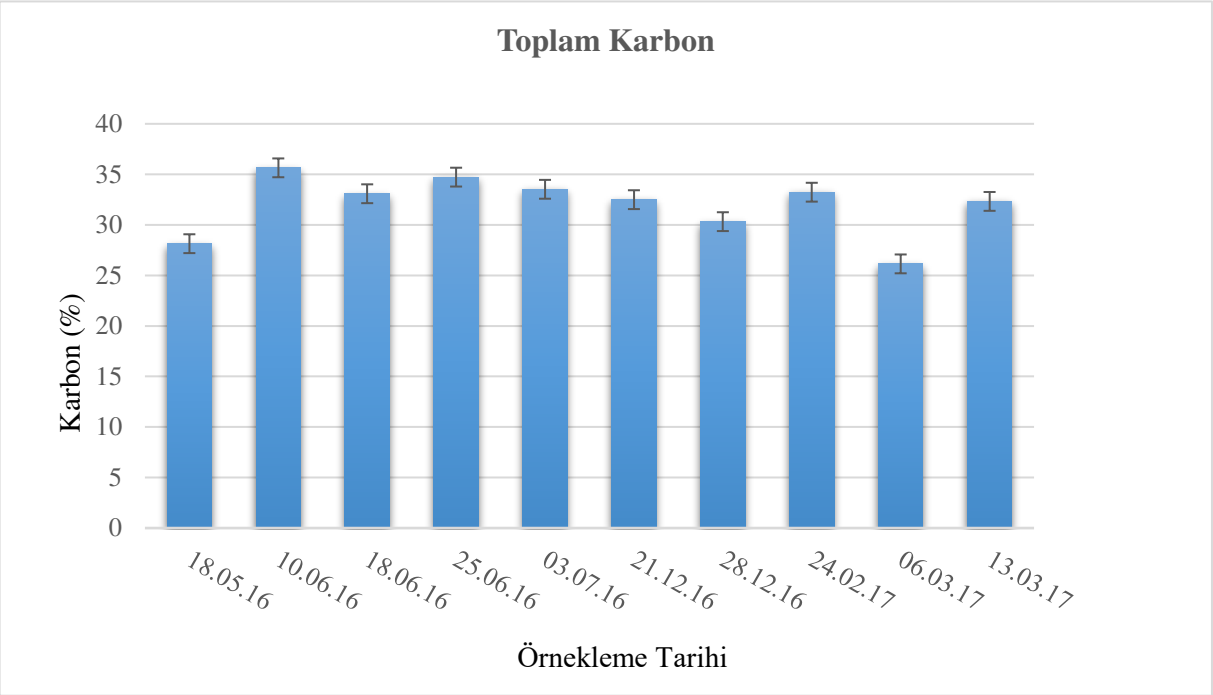
3.1. Kompost Analiz Sonuçları

Kompostlama işlemi bittikten sonra kompostların tüm analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme laboratuvarında yapılmıştır. Çeltik kavuzu kompostunun oluşumu sürecindeki karakteristik değişimleri Şekil 6, 7, 8, 10 ve 11'deki gibidir.

3.1.1. Toplam Karbon

Çeltik kavuzu kompostunun (ÇKK), kompostlanma işlemi süresince farklı zamanlarda alınmış numunelerin toplam karbon (TC) içeriği Şekil 6'da verilmiştir. Çeltik kavuzunun %78 TC içeriği, kompost yığınına eklenen küçükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi ve yonca ile birlikte ÇKK'nın başlangıç TC içeriği %28,1'e inmiştir. Başlangıçtaki yüksek organik madde içeriği sebebiyle hızlıca düşen TC, kompostlama işleminin geri kalanında yükselip alçalan bir seyirde devam etmiş ve kompostlama işleminin sonunda %32,2 TC içeriği ile sonlanmıştır. Başlangıçta yüksek olan organik karbon içeriği mikroorganizmalar tarafından hızlıca parçalanmış, bu süreçte kompost içerisindeki O_2 azalmış ve mikrobiyal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan ısı sebebiyle nem miktarı da azalmıştır. Grafiğin alçalıp yükselen bir görüntü vermesinin sebebi periyodik olarak yapılan nemlendirme ve havalandırma işlemidir.

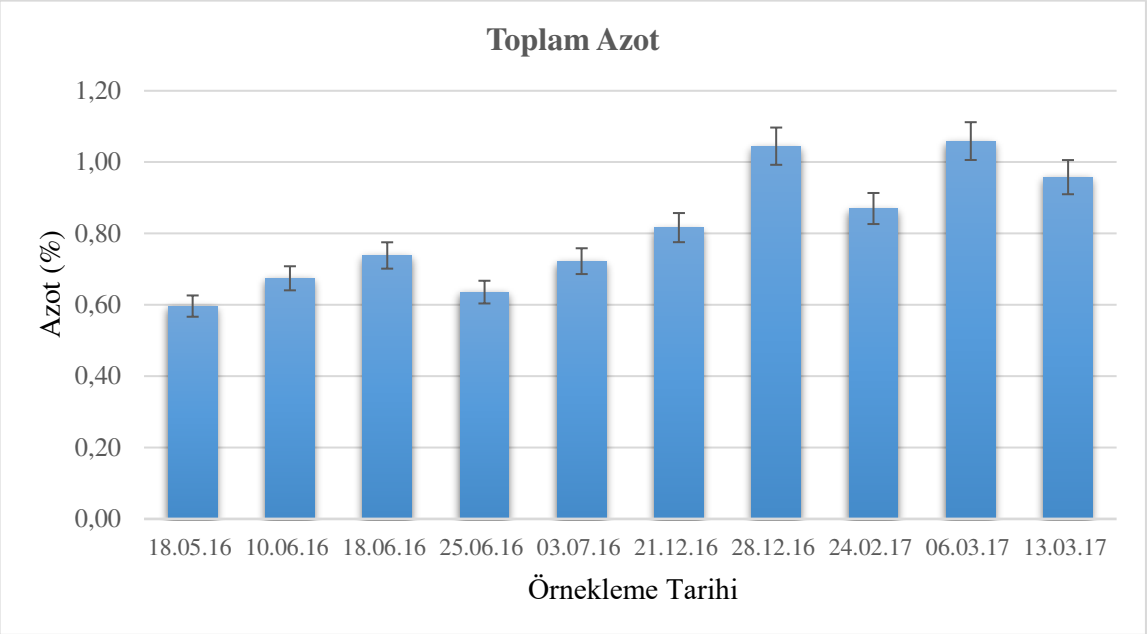
Zamanla birlikte kompost içerisinde azalıp artan O_2 ve nem içeriği, TC üzerinde alçalıp yükselen bir grafiğe sebebiyet vermiştir. TC içeriğinin zamanla ilişkili olduğu görülmüş ve zamanla TC içeriğinin düştüğü görülmüştür. Karbon içeriğindeki en büyük değişim kompostlamanın başında gerçekleşirken olgunlaşma döneminde küçük değişimler meydana gelir (Garcia vd., 1991).



Şekil 6. Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı toplam karbon içeriği

3.1.2. Toplam Azot

Çeltik kavuzu kompostunun (ÇKK), kompostlanma işlemi süresince farklı zamanlarda alınmış numunelerin toplam azot (TN) içeriği Şekil 7'de verilmiştir. Çeltik kavuzu kompostonun başlangıçta %0,6 TN içeriği, kompostlama işleminin sonunda %0,35 artarak %0,95'e çıkmıştır. Toplam azot içeriğinin değişimi, toplam karbon içeriğine yakınlık göstermiş ve azalıp artan bir seyir izlemiştir. Toplam azot içeriğinin yükselişinin sebebi, mikrobiyal faaliyetlerin organik karbonu parçalaması, parçalanma sonucunda kompost kütlesinin azalması ve kompost içerisindeki toplam azotun toplam kompost kütlesine oranla yüksek kalmasıdır.

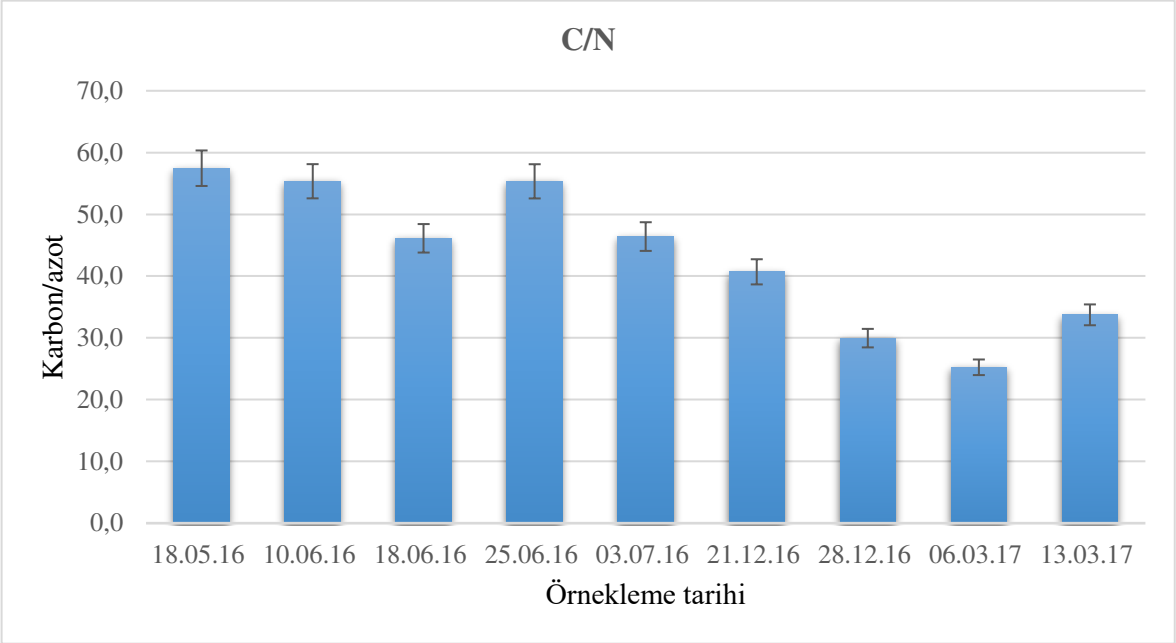


Şekil 7. Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı toplam azot içeriği

3.1.3. Karbon/ Azot Oranı

Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı C/N değişim grafiği Şekil 8'de verilmiştir. Çeltik kavuzunun kompostlama işlemi öncesi %73,58 olan C/N oranı, komposta eklenen küçükbaş gübresi, tavuk gübresi ve yonca ile birlikte kompostun başlangıç C/N değeri %57,4 olmuştur. İlk 30 günlük kompostlama süresi sonunda, kompost içeriğinde bulunan yüksek organik madde miktarının mikroorganizmalarca beslenerek parçalanmalarından dolayı C/N değeri hızlıca 46,1 seviyesine düşmüştür. Toplam 299 günlük kompostlama sürecinin sonunda kompostun C/N değeri %33,7 oranına sabitlenmiştir.

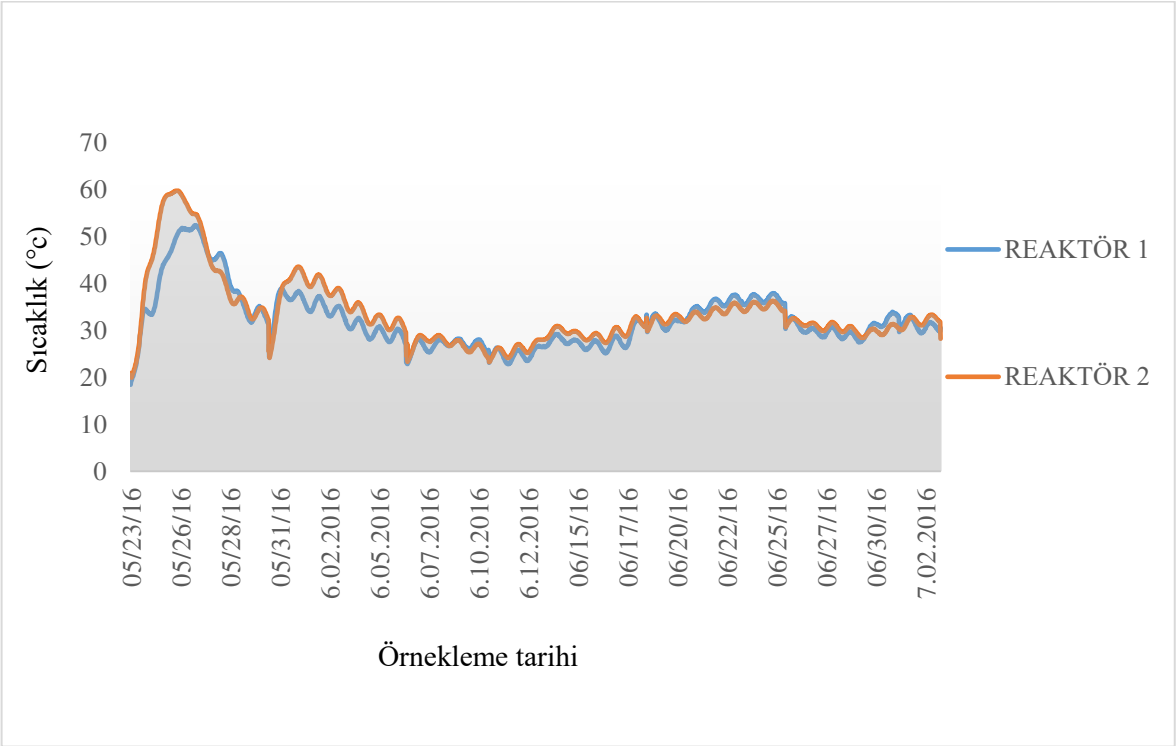
Kompostlama işlemi çeltik kavuzunun yüksek C/N içeriği sebebiyle uzun sürmüştür. Mikroorganizmaların beslenmesiyle kompost içeriğindeki karbon miktarı azalmıştır. Bu mikrobiyal faaliyetlerin reaksiyonlarıyla açığa çıkan CO_2 reaktörlerin fanları ve periyodik olarak yapılan karıştırma işlemleri sırasında atmosfere karışmış ve kompostun C/N oranı düşmüştür.



Şekil 8. Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı karbon/azot içeriği

3.1.4. Kompost Sıcaklık Değişimi

Kompostun yapılan reaktörlerin içerisindeki sıcaklık değişimleri Şekil 9'da verilmiştir.

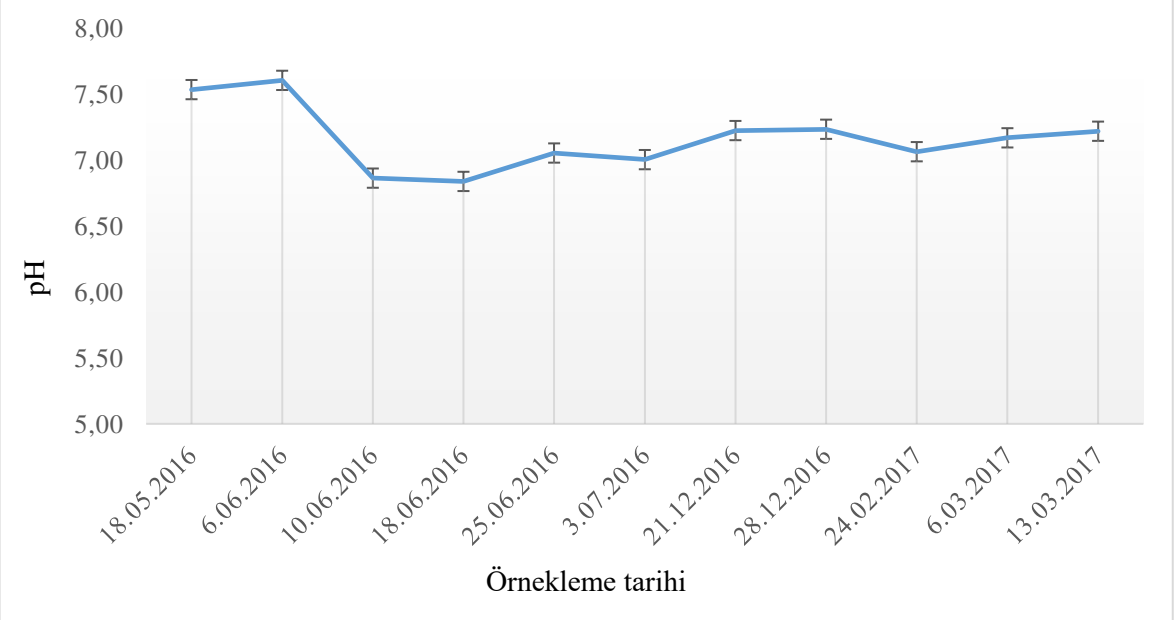


Şekil 9. Çeltik kavuzu kompostunun sıcaklık değişim grafiği

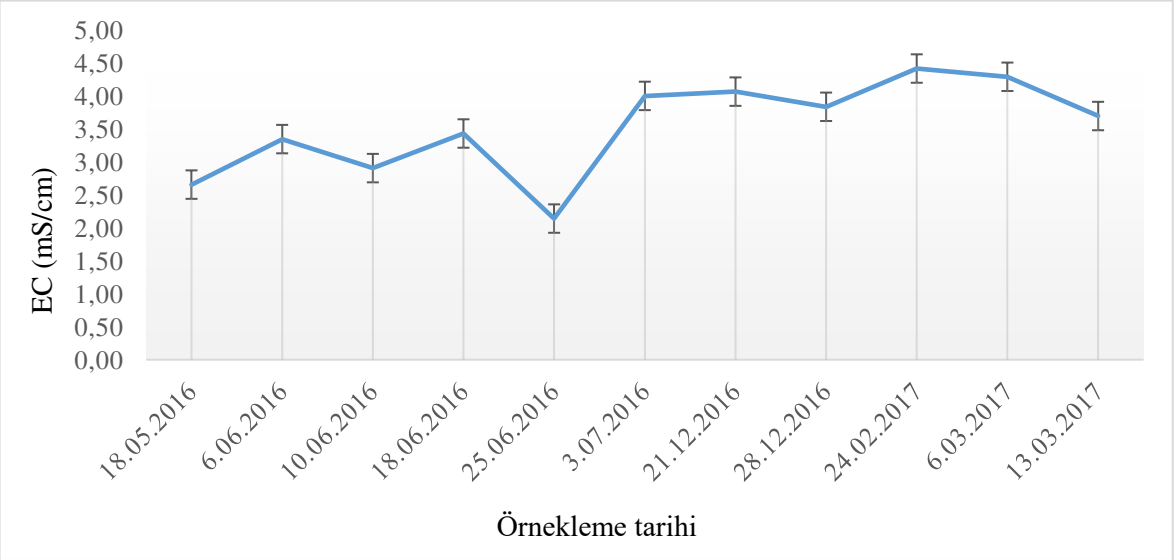
Başlangıçta kompostun içinde bulunan kolay parçalanabilen karbonhidratlar, protein ve aminoasit içeriklerinin yüksek olması sebebiyle mikroorganizma faaliyetlerinde hızla artış olmuş ve bu reaksiyonlar sebebiyle sıcaklığın yükseldiği gözlenmiştir. Sonrasında bu içeriğin azalmasıyla doğru orantılı olarak mikrobiyal faaliyetlerde azalma olmuş ve sıcaklık düşmeye başlamıştır. Düzenli yapılan kompost havalandırmaları ve nem içeriğinin arttırılması ile sıcaklık değişimi gözlenen bir grafik ortaya koymuştur.

3.1.5. Kompostun pH ve EC Değişimleri

Kompostun pH ve EC değişimi Şekil 10 ve Şekil 11'de verilmiştir. Kompostların pH değeri ortalama 7,2 ve EC değeri ortalama 3,4 mS/cm olup, olgunlaşmış kompost kriterlerine uygundur. Organik atıkların kompostlanması sonucu genellikle ortaya çıkan karbonik asitin, su ile reaksiyona girerek pH değerini bir miktar düşürdüğü şekilde de gözlenmektedir (Şekil 10). Çeltik kavuzunun yüksek C/N oranını düşürmek amacıyla kullanılan tavuk gübresinin içerdiği tuz nedeniyle karışımın EC değerinde artış gözlenmiştir.



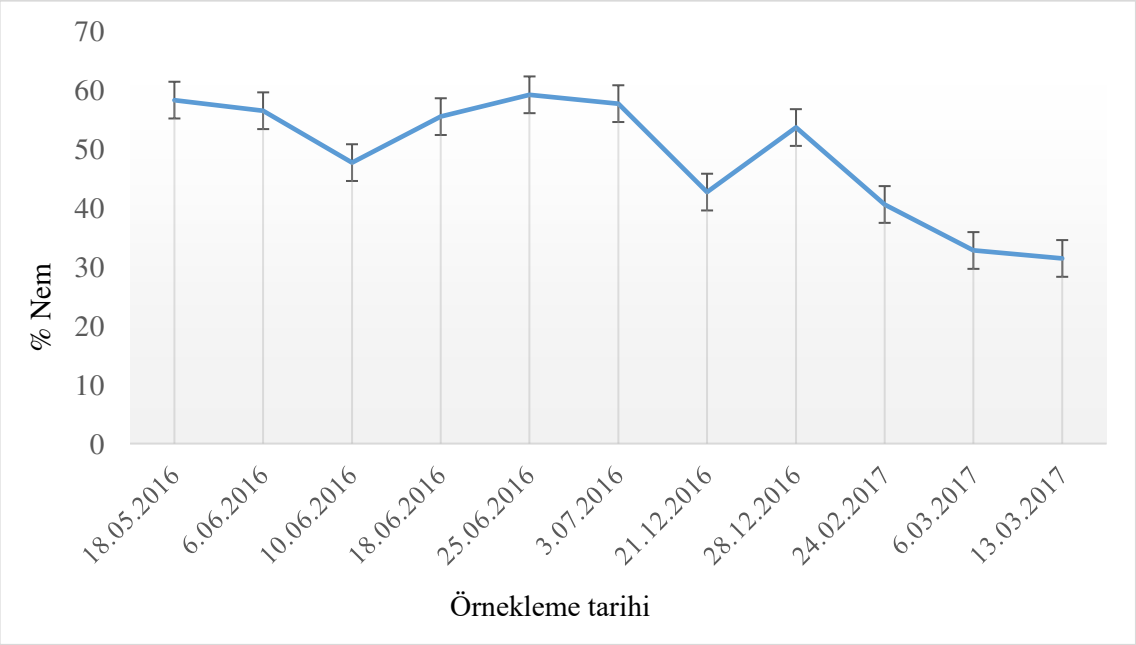
Şekil 10. Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı pH değişimi



Şekil 11. Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı EC değişimi

3.1.6. Kompostun Nem Değişimi

Nem, kompostlama için önemli faktörlerden biridir. Mikroorganizmaların kompost içerisindeki organik karbonu parçalaması için gerekli enzimlerin çalışması ve mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için nem kritik bir öneme sahiptir. Bu aksiyonların sonucunda kompost içerisindeki ısı artışıyla birlikte nem içeriği sürekli olarak azalır ve kompostlama işleminin sağlıklı bir şekilde yürümesi için nem içeriğinin belli bir yüzdenin üzerinde olması gereklidir. Çeltik kavuzu kompostunun oluşumu sırasında, komposta ilave edilecek nem içeriği elle, gözleme dayalı bir şekilde eklenmiştir. Çeltik kavuzu kompostunun reaktör içerisindeki nem değişimi Şekil 12'de gösterilmiştir. Kompostlama işlemi sırasında yüzde nem %59,15 ile %31,4 arasında değişkenlik göstermiştir. Kompost oluşum süresince yüzde nem değeri ortalama %48,6'dır. İki aşamalı yapılan kompostlama işleminde ilk aşamada ortalama nem değeri %53,8, ikinci aşamada ise %34,9'dur.



Şekil 12. Çeltik kavuzu kompostunun zamana bağlı yüzde nem değişimi

3.1.7. Çeltik Kavuzu Kompostu BET Yüzey Alanı

ÇKK'nın N_2 yüzey alanı ölçümleri Tablo 3'te verilmiştir. ÇKK'nın ortalama BET yüzey alanı 2,42 $m^2\ g^{-1}$ olup bu değer tavuk gübresi kompostuna göre düşüktür. Rashid vd., (2022) tavuk gübresi kompostunun BET yüzey alanını 7,01 olarak bildirmişlerdir.

Tablo 3
Çeltik Kavuzu Kompostunun Yüzey Alan Sonuçları (n=2)

	BET yüzey alanı ($m^2\ g^{-1}$)
Çeltik Kavuzu Kompostu	2,42

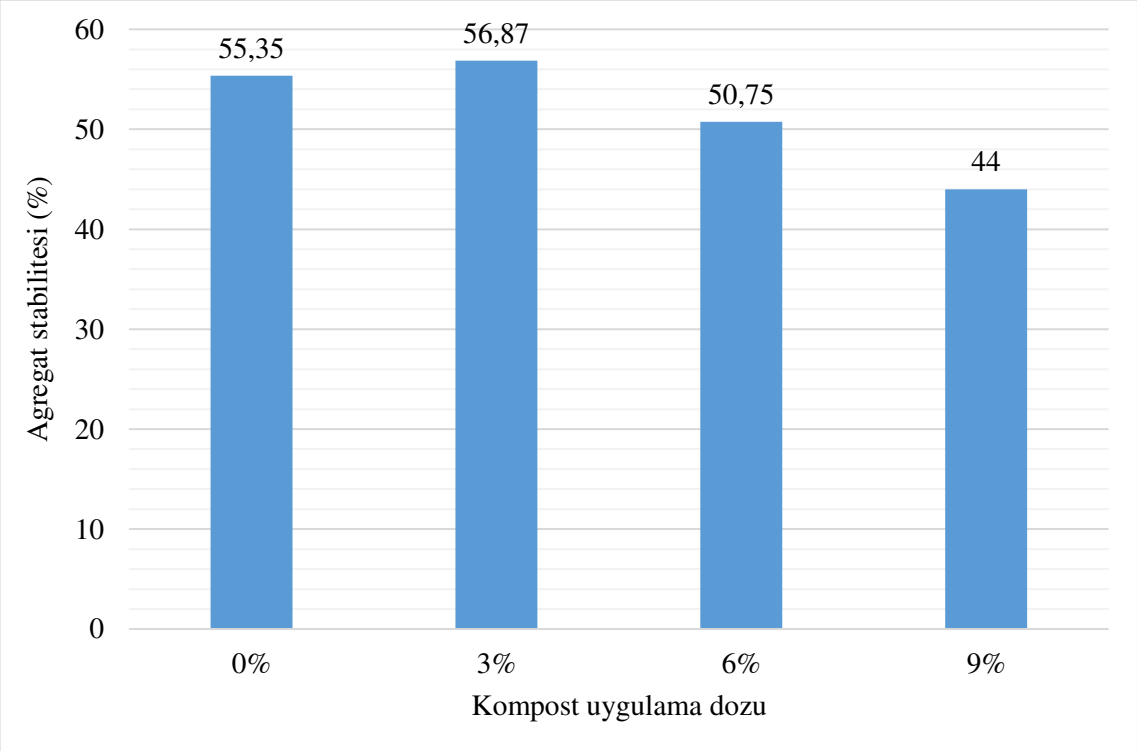
Kavdır ve İşler (2022) ise bağ budama atığı kompostunun olgunlaşma sonrası yüzey alanı 0,449 m^2/g ve pirina kompostunun, 2,314 m^2/g' olduğunu bildirmişlerdir.

3.2. Kompost Uygulamasının Toprağın Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri

Analizler üç tekerrürlü olacak şekilde %0, %3, %6 ve %9 dozlarında kompost cam kavanozlarda toprakla karıştırılıp 6 ay inkübasyonda bekletildikten sonra yapılmıştır.

3.2.1. Agregat Stabilitesi

Agregat stabilitesi toprağın erozyona karşı direncinin en önemli toprak fiziksel özellik göstergelerinden birisidir. Yağışlar agregatlaşmamış toprak taneciklerini koparark akıntıyla birlikte toprak erozyonuna ve tarımsal zararlara, verim kayıplarına sebebiyet vermektedir. Toprak içerisindeki taneciklerin agregatlaşmasını sağlayacak birden çok etken bulunmakla birlikte organik madde içeriğini yükseltmek en etkili yöntemlerden birisidir. Çeltik kavuzu kompostu eklenmiş toprak örneklerinin inkübasyon sonrasında ıslak eleme metodu ile agregat stabilite değerleri bulunmuştur. Değerler aşağıdaki Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 13. Farklı dozlardaki ÇKK uygulamalarının agregat stabilitesine olan etkisi

Kontrol uygulamasının agregat stabilitesi %55,35 bulunurken, %3, %6, %9 uygulama dozlarının sırasıyla agregat stabilite yüzdelerinin sırası ile %56,87, %50,75 ve %44 olduğu bulunmuştur. %3 doz agregat stabilitesini az bir miktarda arttırırken, %6 ve %9'luk uygulama dozları agregat stabilitesini ciddi oranda azaltmıştır. Bunun başlıca nedeni killi toprağın agregat stabilitesinin yüksek olmasıdır.

Tablo 4
Kontrol ve çeltik kavuzu kompostu uygulamalarının toprak agregat stabilitesi üzerine etkisi ANOVA tablosu (n=3)

Kaynak	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Model	3	300.92	100.31	2.75	0.11
Hata	8	291.48	36.43		
Düzeltilmiş Toplam	11	592.40			

Farklı dozlarda uygulanan ÇKK'nın, toprakların AS değeri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4).

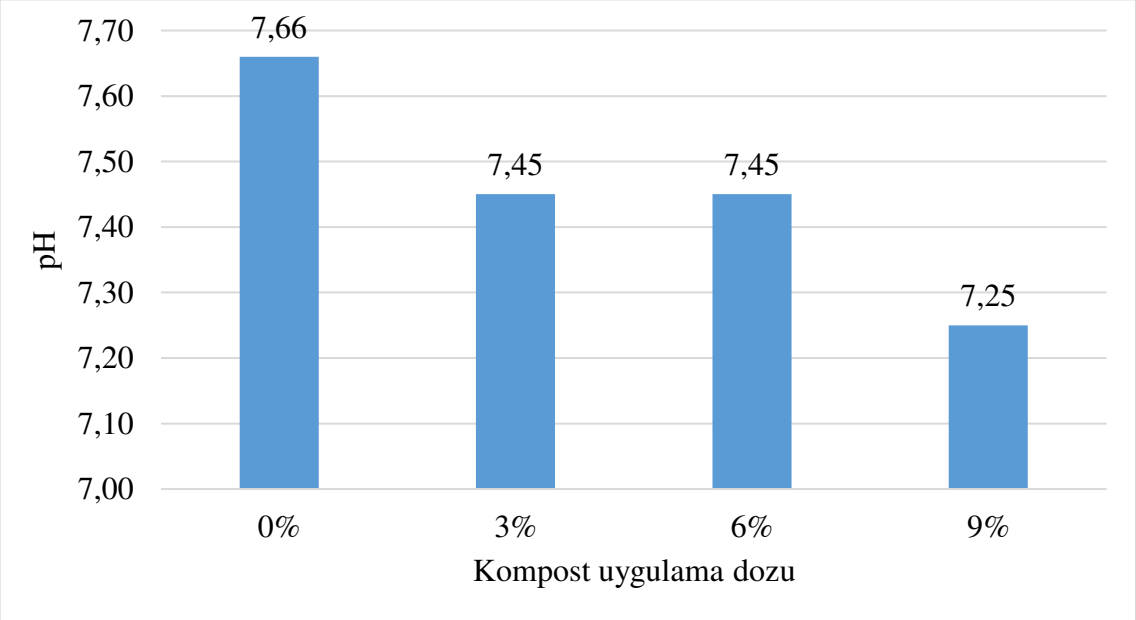
Tablo 5
Kontrol ve çeltik kavuzu kompostu uygulamalarının toprak agregat stabilitesi üzerine etkisi Duncan LSD tablosu (n=3)

Duncan Gruplaması	Ortalama	n	Uygulama
A	56.87	3	%3 ÇKK
BA	55.34	3	Kontrol
BA	50.75	3	%6 ÇKK
B	43.99	3	%9 ÇKK

En yüksek agregat stabilitesi değeri %3 ÇKK uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 5). En düşük AS değeri ise %9 ÇKK uygulamasında (%43,99) bulunmuştur.

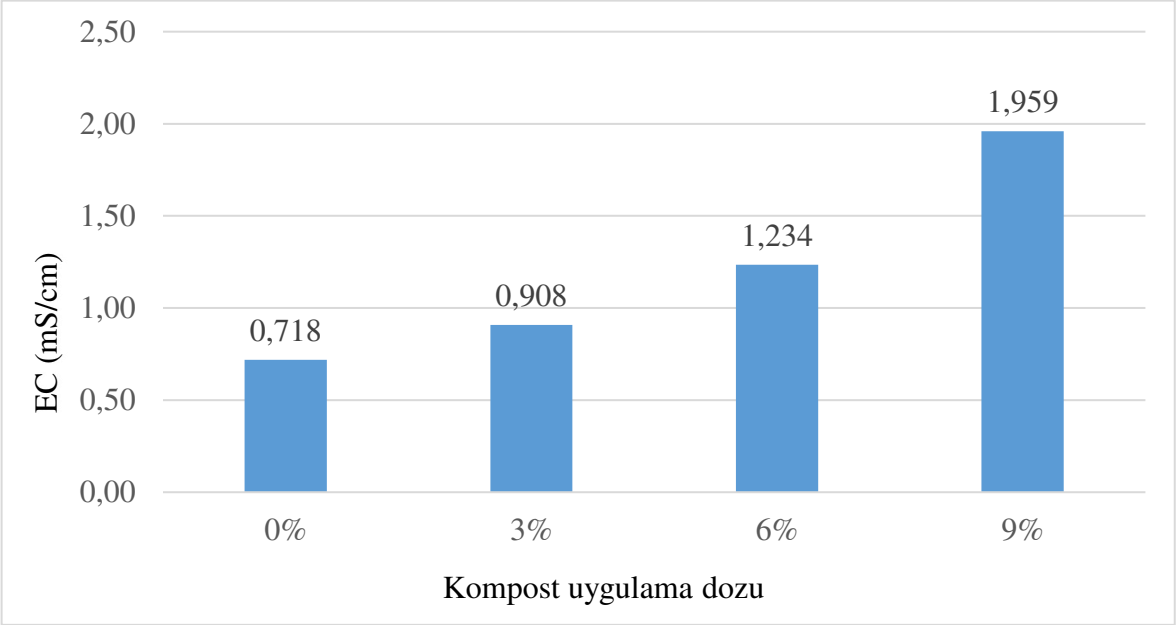
3.2.2. pH ve EC Değerleri

İnkübasyon sonrasında yapılan pH ve EC analiz sonuçları aşağıdaki Şekil 14 ve Şekil 15'teki gibidir.



Şekil 14. Farklı dozlardaki ÇKK uygulamalarının pH üzerine etkisi

Uygulamalardaki en yüksek pH değeri çeltik kavuzu kompostu uygulamasının olmadığı kontrol toprağında 7,66 olarak bulunmuştur. %3 ve %6 doz uygulamalarında pH değerinin 7,45'e düştüğü ve %9 dozluk uygulamada pH değerinin 7,25'e düştüğü görülmüştür.



Şekil 15. Farklı dozlardaki ÇKK uygulamalarının EC üzerine etkisi

Uygulamalardaki en düşük EC değerinin çeltik kavuzu kompostu uygulamasının olmadığı kontrol toprağında 0,718 mS/cm görülmüştür. EC değerinin dozla birlikte doğru orantılı arttığı görülmüştür ve %3, %6 ve %9 uygulama dozlarının sırasıyla EC'nin 0,908 mS/cm, 1,234 mS/cm ve 1,959 mS/cm olduğu bulunmuştur. Bu doğru orantılı artışın sebebi kompostun içeriğindeki tavuk gübresinin içerdiği tuz olduğu düşünülmektedir.

3.3. Tartışma

İdeal bir kompostun oluşabilmesi için C/N oranının 30:1 olması istenmektedir. Azot oranı fazla olduğunda fazla azot amonyak formunda atmosfere karışıp kaybolur ve karbon oranı yüksek olduğunda ise mikrobiyal popülasyonun çoğalması ve yaşaması için uygun besin ortamı sağlanamayacaktır (Cornell.edu, 2023). Bu bağlamda çeltik kavuzunun içerdiği yüksek karbon içeriğini azot ile dengelemek için kompost karışımına yüksek miktarda tavuk gübresi ilave edilmiştir.

Başlangıçta %57,4 olan C/N oranı alınan ilk iki numunede çok önemli bir değişime uğramazken ortam sıcaklığının artması ve mikroorganizma popülasyonunun zamana bağlı artışıyla birlikte 3. alınan numunede %46,1'e düşerek %11,3'lük bir azalma gözlemlenmiştir. Liu vd., 2017'de yaptıkları araştırmada kompostlama süresince C/N değişimleri başlangıçtan itibaren 4. haftaya kadar önemli bir değişim göstermemiş sonrasında ise hızlıca düşmeye başlamıştır. Benzer değişim taraflarınca bildirilmiştir.

Kompostlanma süresinin sonunda ise son C/N oranı %33,7 olmuştur. Organik materyalin ayrışması, ÇKK kompostunun düşük C/N oranıyla da ilişkilidir. Bu çalışmada ÇK kompostunun yüksek C/N oranı (33,7) (Şekil 8), mikroorganizmalardan üretilen enzimlerin ÇK içindeki hemiselüloz ve lignini parçalamakta zorluk çekmesi ve selülozun daha fazla parçalanmasının engellenmesi nedeniyle olmuştur.

ÇKK kompostunda organik maddenin ayrışması ile ortamın C oranı değişirken aynı zamanda kompostun toplam N değeri de artmıştır (Şekil 7). Kompostlama işleminin başlangıcında azot değeri %0,59'dur, arka arkaya yapılan iki numune örneğinde N oranı %0,73'e kadar çıkmıştır. Sonraki numunelerde düşüşe geçen yüzde azot oranı, sondan bir önceki örneklemede %1,05 seviyesine çıkmış ve en son %0,95 ile sonlanmıştır. Bu çalışmada son kompostun C/N oranı 33 olup kompostun N değeri başlangıç değerine göre artış göstermiştir. Benzer sonuçlar Omar vd. (2021) tarafından da desteklenmiştir.

Kompost oluşumunda önemli yer oynayan mikroorganizmaların enzimsel faaliyetlerini sürdürebilmeleri için ortamdaki pH değerinin 5,5 ile 8,5 arasında olması gereklidir (Cornell.edu, 2023). Kompostun başlangıç pH değeri 7,5 olup mikrobiyal faaliyetler için optimum seviyededir. Kompostlanma işlemi sürecinde alınan 1. ve 2. numunede kompost pH değerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Üç haftadan sonra

alınan ilk numunede pH değeri 0,7 birim düşmüştür. 5. haftada pH değeri 0,2 birim yükselmiş, 7. haftada tekrar 0,2 birim artmış ve sonraki haftalarda bir değişiklik olmamıştır. Kompostlama işlemi sonunda pH değeri 7,2 olarak ölçülmüştür. Uygun şartlarda çoğalan bakterilerin ve fungusların salgıladığı organik asitler ortama hidrojen iyonları salarlar. Fülvik asitler ve HA gibi organik asitler kompostlama sırasında oluşur ve pH değeri düşer (Sjöberg vd., 2004). Çeltik kavuzu kompostlaması ile pH değerinde hafif azalmalar Anda vd. (2008) tarafından da bildirilmiştir.

EC, kompost tuzluluğunu gösteren bir değerdir ve yüksek tuzlu kompostların tohum çimlenmesi üzerinde olumsuz etkisi vardır (Jain vd., 2018). Çeltik kavuzunun sahip olduğu yüksek karbon değerini (%78) düşürmek için kompost karışımına %46,5 oranında tavuk gübresi ve %3 oranında küçükbaş gübresi eklenmiştir. Eklenen tavuk gübresinin EC değeri 8,13 mS/cm'dir. Tavuk gübresi ve ÇK'nın karışıma birlikte eklenmesi, OM'nin güçlü bozunması ve mineralizasyonu nedeniyle kompostlaştırma işlemi boyunca yüksek bir EC düzeyi ile sonuçlanmıştır (Wang vd., 2021). Ayrıca organik materyalin ayrışması sırasında tuzluluğa katkıda bulunan katyonların ve anyonlar serbest kalır.

ÇKK'nın yüksek spesifik yüzey alanı nedeniyle, ÇK iyon değişimi ve iyonların nihai üründe tutulması için kapasiteyi artıran ve böylece EC değerlerini artıran hacim arttırıcı maddeler olarak kabul edilebilir (Shou vd., 2017).

Kompostlaştırma sırasındaki çözünür tuz miktarları, EC değerleri periyodik olarak ölçülerek değerlendirilmiştir. EC değerlerinde kompostlaştırma süresinde bazı bükülmeler gözlenmesine rağmen, genel eğilim EC değerinin artması yönünde olmuştur (Şekil 11). Başlangıçta 2,66 mS/cm ölçülen EC değeri kompostlanma işlemi boyunca düşüşler olsa da genel itibariyle artış göstermiş ve sonunda 3,69 mS/cm ile bitmiştir. Çeltik kavuzu kompostlaması ile EC değerinde benzer artışlar Anda vd., (2008) tarafından da bildirilmiştir.

Elde ettiğimiz ÇKK'nın EC değeri literatürde belirtilen Karanja vd., 2019'da yaptıkları çalışmada eşek gübresiyle yaptıkları çeltik kavuzu kompostunda EC değerini 2,14 mS/cm bulmuştur. Tavuk gübresiyle kıyaslandığında eşek gübresinin EC üzerindeki etkisinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Çeltik kavuzu kompostunun %3, %6 ve %9 dozlarının kil bünyeli toprakta inkübatörde yapılan uygulamasında Şekil 13'teki veriler elde edilmiştir. Kontrol toprağının

agregat stabilitesi %55,35, %3 dozluk uygulamanın agregat stabilitesi %56,87, %6 dozluk uygulamanın agregat stabilitesi %50,75 ve %9'luk uygulamanın agregat stabilitesini %44,0 olarak bulunmuştur. Kontrolle kıyaslandığında %3 dozluk uygulamanın agregat stabilitesini %1,52 arttırdığı, %6 dozluk uygulamanın agregat stabilitesini %4,6 düşürdüğü ve %9 dozluk uygulamanın agregat stabilitesini %11,35 düşürdüğü görülmüştür.

Kil içeriği yüksek toprakların agregat stabilitelerinin doğal olarak yüksek olması sebebiyle organik madde içerikli çeltik kavuzu kompostu uygulamasının dozu arttıkça agregat stabilitesi de dozla birlikte azalmıştır. Kil bünyeli topraklar üzerine yapılan benzer bir çalışmada, İşler vd. (2022) pirina ve bağ budama atığı kompostlarıyla yaptıkları çalışmada 210 günlük inkübasyon süresi sonrasında elde ettikleri verilerde %3 dozluk pirina uygulamasının kil bünyeli toprağın agregat stabilitesini arttırdığı görülürken %6 dozluk pirina uygulamasının agregat stabilitesini düşürdüğü görülmüştür.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

Çeltik kavuzunun yüksk C/N (%78) değeri nedeni ile kompostlanması pirina, budama atığı gibi diğer organik atıklara kıyasla daha uzun olmuştur. Atıkların başlangıç C/N oranı <40 olduğu durumlarda kompost oluşumu daha hızlı olabilmektedir. Nitekim bu çalışmamızda ÇKK oluşumu 299 gün sürmüştür. Çeltik kavuzu kompostunun kil bünyeli toprakların fiziksel özelliklerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, %3 dozluk çeltik kavuzu kompostunun toprağın agregat stabiltesini arttırdığı, pH değerini önemsiz miktarda azalttığı, EC değerini istatiksel olarak önemsiz miktarda arttırdığı görülmüştür. %6 ve %9 dozlarının ise agregat stabiltesini düşürdüğü, EC değerini ise önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür. Bununla beraber farklı bünye ve farklı özellikteki topraklara ÇKK uygulamasında bu sonuçların değişebileceği öngörülmektedir. Kompostun EC değerindeki artışın, kompost karışımındaki tavuk gübresinin tuzlu olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle ÇK, tuz içeriği daha az olan ve N değeri daha yüksek olan farklı organik materyallerle karıştırıldığında, daha kısa sürede ve daha düşük EC değerine sahip kompost üretilebilir.

Çeltik tarımı sonrasında ortaya çıkan çeltik kavuzlarını ortadan kaldırılmak amacıyla yakılıp hava, su ve toprağa kirletmek yerine kompostlanıp geri dönüşüm ile doğaya tekrar kazandırılması ve ağırlıkça %3 uygulama dozuyla kil bünyeli topraklarda tarımsal faaliyetlerde kullanılması, ekolojik ve ekonomik açıdan daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Anda, M., Syed Omar, S. R., Shamshuddin, J., & Fauziah, C. I. (2008). Changes in properties of composting rice husk and their effects on soil and cocoa growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *39*(15-16), 2221-2249. https://doi.org/10.1080/00103620802289117

Badar, R. & Qureshi, S. A. (2014). Composted rice husk improves the growth and biochemical parameters of sunflower plants. *Journal of Botany, 2014*. http://dx.doi.org/10.1155/2014/427648.

BEPA(2023). Bitkisel atık miktarı. Erişim 22.07.2023, https://bepa.enerji.gov.tr/

Cai, T., Wang, Z., Guo, C., Huang, H., Chai, H., & Zhang, C. (2022). Effects of biochar and manure co-application on aggregate stability and pore size distribution of Vertisols. *International Journal of Enviromental Research and Public Health, 19*(11335). https://doi.org/10.3390/ijerph191811335.

Cornell.edu (2023). Compost Chemistry. Erişim: 30.07.2023, https://compost.css.cornell.edu/chemistry.html.

Demir, Z. & Gülser, C. (2021). Effects of rice husk compost on some soil properties, water use efficiency and tomato (*solanum lycopersicum* l.) yield under greenhouse and field conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52*(9), 1051-1068. https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1892731.

Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F., Changes in carbon fractions during composting and maturation of organic wastes. *Environmental Management, 15*(3), 433-439. https://doi.org/10.1007/BF02393889.

Ghasemzadeh, S., Sharafi, R, Jouzani, G. S., Karimi, E., Ardakani, M.R., & Vazan, S. (2022). Efficient lignocellulose degradation during rice straw composting with native effective microorganisms and chicken manure. *Organic Agriculture, 12*, 397-409. https://doi.org/10.1007/s13165-022-00397-z.

Ghosh, S., Hulugalle, N., Lockwood, P., Daniel, H. & McCorkell, B. E. (2011). Applying composted cotton gin trash to a vertisol in Southeastern Queensland, Australia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45*(15), 1855-1861. https://doi.org/10.1080/00103624.2011.587576.

Guo, Z. C., Zhang, Z. B., Zhou, H., Rahman, M. T., Wang, D. Z., Guo, X. S., ... & Peng, X. H. (2018). Long-term animal manure application promoted biological binding agents but not soil aggregation in a Vertisol. *Soil and Tillage Research*, *180*, 232-237. https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.007

https://doi.org/10.1080/26395940.2021.1885311.

Huang, L., Niu, G., Feagley, S. E., & Gu, M. (2019). Evaluation of a hardwood biochar and two composts mixes as replacements for a peat-based commercial substrate. *Industrial Crops and Products*, *129*, 549-560. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.044

Işler, N., İlay, R., & Kavdir, Y. (2022). Temporal variations in soil aggregation following olive pomace and vineyard pruning waste compost applications on clay, loam, and sandy loam soils. *Enviromental Monitoring and Assesment, 194*(418), 1-17. https://doi.org/10.1007/s10661-022-10093-w.

Jenkins, B. M., Baxter, L. L., Miles Jr, T. R. and Miles, T. R. 1998. Combustion properties of biomass.. *Fuel Processing Technology*, 54: 17–46 https://doi.org/10.1016/S0378-3820(97)00059-3

Karanja, A. W., Njeru, E. M. & Maingi, J. M. (2019). Assessment of physicochemical changes during composting rice straw with chicken and donkey manure. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 8*(1), 65-72. https://doi.org/10.1007/s40093-019-0270-x.

Kavdır, Y ve İşler N. Farklı materyallerden üretilen kompostların ve kompost karıştırılan toprakların karakterizasyonu. ÇOMÜ-BAP 2405 numaralı sonuç raporu.

Kong, Z., Wang, X., Liu, Q., Li, T., Chen, X., Chai, L., ... & Shen, Q. (2018). Evolution of various fractions during the windrow composting of chicken manure with rice chaff. *Journal of environmental management*, *207*, 366-377. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.023

Li, H., Wu, W., Min, X., Zhan, W., Fang, T., Dong, X. & Shi, Y. (2021). Immobilization and assessment of heavy metals in chicken manure compost amended with rice straw-derived biochar. *Environmental Pollutants and Bioavailability, 33*(1), 1-10.

Lu, S., Sun, F., & Zong. Y. (2014). Effect of rice husk biochar and coal fly ash on some physical properties of expansive clayey soil (Vertisol). *Catena, 114*, 37-44. http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.10.014.

Ma, R., Liu, Y., Wang, J., Li, D., Qi, C., Li, G., & Yuan, J. (2022). Effects of oxygen levels on maturity, humification, and odor emissions during chicken manure composting. *Journal of Cleaner Production*, *369*, 133326. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133326

Martínez-Blanco, J., Lazcano, C., Christensen, T. H., Muñoz, P., Rieradevall, J., Møller, J., ... & Boldrin, A. (2013). Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for sustainable development*, *33*, 721-732. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0148-7

Mohammadi, A., Cowie, A. L., Mai, T. L. A., Brandao, M., Rosa, R. A. d. l., Kristiansen, P. & Joseph, S. (2017). Climate-change and health effects of using rice husk for biocharcompost: Comparing three pyrolysis systems. *Journal of Cleaner Production, 162,* 260-272. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.026.

Ogbe, V. B., Jayeoba, O. J., & Amana, S. M. (2015). Effect of Rice Husk as an Amendment On The Physico-Chemical Properties of Sandy-Loam Soil In Lafia, Southern-Guinea Savannah, Nigeria. *Prod. Agric. Technol*, *11*(1), 44-55.

Omar, L., Ahmed, O. H., Boyie Jalloh, M., & Abdul Majid, N. M. (2021). Rice husk compost production and use in mitigating ammonia volatilization from urea. *Sustainability*, *13*(4), 1832. https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1832

Özdemir, N. & Durmuş, Ö. T. K. (2016). Organik düzenleyicilerin asit, nötr ve alkalin toprakların agregat stabilitesi üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4*(1), 22-26.

Özdemir, N., Öztürk, E., & Durmuş, Ö. T. K. (2017). Effects of organic conditioner applications on soil loss under simulated rainfall conditioner. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32*, 114-120. Doi: 10.7161/omuanajas.289586.

Palanivell, P., Susilawati, K., Ahmed, O. H. & Nik Muhamad, A.M. (2013). Effects of crude humin and compost produced from selected waste on *Zea mays* growth, nutrient uptake and nutrient use efficiency. *African Journal of Biotechnology, 12*(13), 1500-1507. DOI: 10.5897/AJB2013.12359.

Palanivell, P., Susilawati, K., Ahmed, O. H., & Muhamad M. (2013). Compost and crude humic substances produced from selected wastes and their effects on *zea mays* l. nutrient uptake and growth. *The ScientificWorld Journal, 2013*. http://dx.doi.org/10.1155/2013/276235.

Phuong, N. T. K. C., Khoi, M., Ritz, K., Linh, T. B., Minh, D. D., Duc, T. A., Sinh, N. V., Linh, T. T. & Toyota, K. (2020). Influence of rice husk biochar and compost amendments on salt contents and hydraulic properties of soil and rice yield in salt-affected fields. *Agronomy, (10)*. doi:10.3390/agronomy10081101

Rashid, M. S., Liu, G., Yousaf, B., Song, Y., Ahmed, R., Rehman, A., ... & Cheema, A. I. (2022). Efficacy of rice husk biochar and compost amendments on the translocation, bioavailability, and heavy metals speciation in contaminated soil: Role of free radical production in maize (Zea mays L.). *Journal of Cleaner Production*, *330*, 129805. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129805

Sharkawi, H. M. E. M., Ahmed, A. & Hassanein, M. K. (2014). Development of Treated Rice Husk as an Alternative Substrate Medium in Cucumber Soilless Culture**.** *Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 3*(4), 131-149. http://dx.doi.org/10.15640/jaes.v3n4a10.

Shou, Z., Yuan, H., Shen, Y., Liang, J., Zhu, N., & Gu, L. (2017). Mitigating inhibition of undissociated volatile fatty acids (VFAs) for enhanced sludge-rice bran composting with ferric nitrate amendment. *Bioresource technology*, *244*, 672-678. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.017

Theeba, M., Bachmann, R. T., Illani Z.I, Zulkefli M., Husni M.H.A., & Samsuri A.W. (2012). Characterization of local mill rice husk charcoal and its effect on compost properties. *Malaysian Journal of Soil Science, 16*, 89-102.

United States Department of Agriculture. *National Engineering Handbook*; Part 637; Composting: Washington, DC, USA, 2000; Chapter 2; pp. 2–8.

Wang, W., Zhang, L., & Sun, X. (2020). Improvement of two-stage composting of green waste by addition of eggshell waste and rice husks. *Bioresource Technology, 320*. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124388.

Yakupoglu, T., Durmus, M., Kara, Z., Kızılkaya, R. (2021). Changes in properties of a clayey soil after adding composted and uncomposted gyttja. *Applied Ecology and*

Environmental Research, *19*(4), 3259-3271. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1904_32593271.

Yu, H., Xie, B., Khan, R., & Shen, G. (2019). The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. *Bioresource technology*, *271*, 228-235. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.088

Zhao, Z., Zhang, C., Li, F., Gao, S., & Zhang, J. (2020). Effect of compost and inorganic fertilizer on organic carbon and activities of carbon cycle enzymes in aggregates of an intensively cultivated Vertisol. *Plos one*, *15*(3), e0229644. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229644