



T.C

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**FARKLI KOMPOST MATERYALLERİNİN SÜS LAHANASI
YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIM POTANSİYELLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya KÖSE

Danışman: Prof. Dr. Sezer ŞAHİN

TOKAT – 2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Sezer ŞAHİN danışmanlığında hazırlamış olduğum "Farklı Kompost Materyallerinin Süs Lahanası Yetiştiriciliğinde Kullanım Potansiyellerinin Araştırılması" adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

26 /06 /2025

Derya KÖSE

JÜRİ KABUL VE ONAY

DERYA KÖSE tarafından hazırlanan “FARKLI KOMPOST MATERYALLERİNİN SÜS LAHANASI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIM POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

ONAY

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

---/---/2025

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tez sürecimde bilgi, deneyim ve rehberliğiyle bana yön veren, akademik gelişimime büyük katkılar sağlayan çok değerli danışmanım Prof.Dr.Sezer Şahin'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin sabrı, desteği ve yol göstericiliği bu çalışmanın şekillenmesinde büyük rol oynamıştır.

Eğitim hayatım boyunca bilgi ve tecrübeleriyle gelişimime katkı sağlayan, emeği geçen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan, sevgileri, fedakarlıkları ve dualarıyla beni her zaman destekleyen annem ve babama gönülden teşekkür ederim.

Bu yolculuk boyunca her an yanımda olan, anlayışı, sabrı ve sevgisiyle bana güç veren kıymetli eşim Ayhan Köse'ye de teşekkür ederim.

Tezimin oluşmasında doğrudan ya da dolaylı katkısı olan herkese içtenlikle teşekkür ederim.

Derya KÖSE

2025

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

27 Haziran 2025

Derya KÖSE

ÖZET

FARKLI KOMPOST MATERYALLERİNİN SÜS LAHANASI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIM POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

KÖSE, Derya

Yüksek Lisans, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sezer ŞAHİN

Haziran 2025, +25 sayfa

Özet: Bu çalışmada farklı organik kompostların sera ortamında süs lahanası yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve yapraklardaki besin elementi konsantrasyonu üzerine etkilerini araştırmak için yürütülmüştür. Çalışmada torf perlit ortamı karışımına %0, 5, 10 ve 20 oranlarında vermikompost, kekik kompostu, mantar kompostu ve evsel kompost karıştırılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 organik gübre x 4 organik gübre dozu x4 tekerrür olacak şekilde 80 kasa saksıda sera ortamında yürütülmüştür. Çalışmada bitkilerin beslenmesinde Hoagland besin çözeltisi sulama ile birlikte verilmiştir. Süs lahanasının en ideal boyutuna geldiğinde hasat edilmiş ve bitkide yaş, kuru ağırlıklara ve bitki yapraklarında besin elementi konsantrasyonlarına bakılmıştır. En yüksek bitki çapı 23.4 cm ile mantar kompostunun %10 karıştırıldığında ve vermikompostun %20 karıştırıldığında 22.1 cm olarak bulunmuştur. Uygulamaların süs lahanasının toprak üstü yaş ağırlıkları üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde çıkmıştır. En yüksek yaş ağırlık mantar kompostu %10 uygulamasında 207.72 gr/bitki olarak bulunmuştur. Kontrol uygulamasına göre organik gübrelerinin uygulanması yaş ve kuru ağırlıkları artırırken en yüksek artış %10 organik gübre uygulamalarında tespit edilmiştir. Çalışmada besin elementi konsantrasyonlarında farklı değerler ortaya çıkarken torf perlit harcına katılan organik materyallerin süs lahanasının bitki gelişiminde olumlu etkiler kattığı ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süs Lahanası, Vermikompost, Mantar Kompostu, Kekik Kompostu, Evsel Kompost

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE POTENTIAL USE OF DIFFERENT COMPOST MATERIALS IN ORNAMENTAL CABBAGE CULTIVATION

KÖSE, Derya

PhD, Division of Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sezer ŞAHİN

June 2025, x +25 pages

Abstract:. This study was carried out to investigate the effects of different organic composts on plant development and nutrient concentration in leaves in ornamental cabbage cultivation in greenhouse environment. In the study, vermicompost, thyme compost, mushroom compost and domestic compost were mixed into the peat perlite medium mixture at the rates of 0, 5, 10 and 20%. The study was carried out in 80 crates of pots in a greenhouse environment according to the randomized plot design as 5 organic fertilizer x 4 organic fertilizer dose x 4 repetitions. In the study, Hoagland nutrient solution was given together with irrigation for the nutrition of the plants. When ornamental cabbage reached its ideal size, it was harvested and the fresh and dry weights of the plant and the nutrient concentrations in the plant leaves were examined. The highest plant diameter was found to be 23.4 cm when mushroom compost was mixed with 10% and 22.1 cm when vermicompost was mixed with 20%. The effect of the applications on the above-ground fresh weights of ornamental cabbage was statistically significant at 1%. The highest fresh weight was found as 207.72 gr/plant in the 10% mushroom compost application. While the application of organic fertilizers increased the fresh and dry weights compared to the control application, the highest increase was detected in the 10% organic fertilizer application. While different values were revealed in the nutrient element concentrations in the study, it was revealed that the organic materials added to the peat perlite mortar had positive effects on the plant development of ornamental cabbage.

Keywords: Ornamental Cabbage, Vermicompost, Mushroom Compost, Thyme Compost, Home Compost

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Çalışma Yeri ve Bitki Çeşidi.....	12
3.2. Yöntem.....	12
3.2.5. Yapılan istatistiksel analizler	15
4. BULGULAR	16
4.1. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Süs Lahanası Bitkisinin Bitki Çapı, Bitki Boyu, Yaş Ağırlık ve Kuru Ağırlıkları Üzerine Etkileri	16
4.2. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Süs Lahanası Bitkisinin Bitki Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonu Üzerine Etkisi.....	17
5.TARTIŞMA ve SONUÇ.....	20
6. KAYNAKLAR.....	22
7. ÖZGEÇMİŞ.....	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Amonyum Molibdat Tetrahidrat
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
B	Bor
Cl	Klor
cm^3	Santimetre küp
CO_2	Karbondioksit
Cu	Bakır
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bakır Sülfat Heptahidrat
Fe	Demir
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Demir Sülfat Heptahidrat
g	Gram
g l^{-1}	Gigolitre
H_2O_2	Perklorik Asit
H_2SO_4	Sülfirik Asit
H_3BO_3	Borik Asit
Ha	Hektar
HCl	Hidroklorik Asit
HNO_3	Nitrik Asit
K	Potasyum
K_2SO_4	Potasyum Sülfat
kg	Kilogram
l	Litre
m	Metre
m^2	Metrekare
Mg	Magnezyum

mg	Miligram
MgNO ₃	Magnezyum Nitrat
mmhos	Milimos
Mm	Milimolar
Mn	Mangan
MnSO ₄ .H ₂ O	Magnezyum Sülfat
Mo	Molibden
mol	Molekül
N	Azot
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
NH ₄ NO ₃	Amonyum Nitrat
Nm	Nanometre
NO ₃ ⁻	Nitrat
P	Gübre
S	Kükürt
Zn	Çinko
µmol	Mikromol
µS	Mikrosiemens

Kısaltmalar Açıklama

EC	Elektiriki İletkenlik
LF	Sıvı Gübre
SÇKM	Suda Çözünebilir Kuru Madde
SPAD	Klorofil Miktarı

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No Sayfa

Çizelge 3.1. Denemede lullanılan torfun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan vermikompostun fiziksel ve kimyasal özellikleri.	13
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan taze mantar kompostunun fiziksel ve kimyasal özellikleri	13
Çizelge 4.1. Farklı organik gübre uygulamalarının süs lahanası bitkisinin bitki çapı, bitki boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri	16
Çizelge 4.2. Farklı organik gübre uygulamalarının süs lahanası bitkisinin yaprak besin elementi konsantrasyonları üzerine etkileri	19

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No Sayfa

Şekil 3. 1. Denemede kullanılan kentsel atık kompostunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	14
Şekil 3.2. Sera içerisinde deneme alanına ait fotoğraf.....	15



1. GİRİŞ

İnsanoğlunun varoluşundan bu yana en temel sorunlarından biri, yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan gıda ihtiyacının karşılanması olmuştur. İnsanlık tarihinin ilk dönemlerinde avcı-toplayıcı bir yaşam şeklini benimseyen topluluklar, zamanla yerleşik düzene geçerek yaşam biçimlerini değiştirmiş ve bu dönüşümle birlikte tarımın temelleri atılmıştır (Ünlü, 2008). Ancak günümüzde gerek dünyada gerekse ülkemizde hızla artan nüfus, tarımsal üretimin önemini her geçen gün daha fazla artırmakta, buna karşın mevcut tarım arazilerinin sürekli olarak azalması önemli bir sorun haline gelmektedir. Tarım alanları genellikle sanayileşme, kentleşme ve diğer tarım dışı amaçlar sebebiyle küçülmekte ve bu durum gıda üretimi üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır.

Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve aynı zamanda tarımsal sanayiye gerekli hammaddeleri temin edebilmek amacıyla, birim alandan daha fazla verim sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu bağlamda, sürdürülebilir tarımsal üretim süreçleri için ya mevcut üretim alanlarının genişletilmesi ya da mevcut alanlardan maksimum verimi sağlayan bitkilerin yetiştirilmesi gerektiği uzun zamandır dile getirilmektedir (Dönmez, 1989). Ancak dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de tarıma uygun arazilerin sınırına dayanmış olması, üretim alanlarını genişletme seçeneğini neredeyse imkansız kılmaktadır. Dolayısıyla, ikinci yol öncelikli hale gelmiş ve birim alandan en yüksek ve en kaliteli ürün elde edebilmenin yöntemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu doğrultuda hem teknoloji hem de bilimsel araştırmalar her geçen gün ilerlemekte, özellikle verimliliği artırmaya yönelik yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmektedir (Atalay, 2007). Yüksek verimli üretim stratejileri, giderek sınırlanan kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamayı amaçlamakta ve insanlığın gelecekteki gıda güvenliğini garanti altına almak için hayati bir rol oynamaktadır.

Tüm bu sebepler neticesinde, tarımsal üretim süreçlerinde doğanın kendini onarma ve yenileme kapasitesine saygı gösteren, çevresel dengeyi gözeten yeni ve yenilikçi üretim yöntemlerine olan ihtiyaç her geçen gün daha belirgin hale gelmiştir (Şimşek-Erşahin, 2007). Bu doğrultuda, birçok ülkede hem üreticiler hem de tüketiciler, ekolojik dengeyi koruyacak şekilde üretilen; insan sağlığına ya da çevreye zararlı

toksik maddeler içermeyen; hava, su ve toprak kirliliğine yol açmayan tarımsal ürünlerin üretimini ve tüketimini benimsemiş ve bu doğrultuda örgütlenmeye başlamıştır. Geleneksel tarımsal yöntemlere bir alternatif olarak doğan ve genel anlamda çevre dostu üretim biçimleri olarak tanımlanabilecek yaklaşımlar ise giderek daha fazla ilgi görmüştür. Bu yenilikçi yöntemler arasında sürdürülebilir tarım, iyi tarım uygulamaları, düşük girdili tarım ve organik tarım gibi doğal kaynakların etkin şekilde kullanımını teşvik eden ve çevresel sürdürülebilirliği esas alan sistemler öne çıkmış; gündemde önemli bir yer edinmeye başlamıştır (Kurtar ve Ayan, 2004). Bu yaklaşımlar, hem çevresel koruma hem de insan sağlığının öncelikli olduğu bir üretim modeline duyulan ihtiyacı açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik farkındalık artmaya devam etmekte ve bu kapsamda organik ile iyi tarım üretim yöntemlerini teşvik eden yaklaşımlar giderek daha geniş bir kabul görmektedir. Çevreye duyarlı üretim tekniklerini benimseyerek hem kaliteli hem de verimli üretim süreçlerini hayata geçirmeyi hedefleyen üreticiler, özellikle toprağın kaybettiği organik maddeyi yeniden kazanmak adına farklı tekniklere ve yöntemlere yönelmektedirler. Toprağa organik içeriğe sahip çeşitli maddelerin eklenmesi, bu yöntemler arasında en pratik, kolay uygulanabilir ve yaygın olarak tercih edilen seçenek gibi görünmektedir. Bu bağlamda yapılan araştırmalar, yer solucanlarının organik atıkları ve artık maddeleri kısa bir süre içerisinde yüksek kaliteye sahip, değerli ürünlere dönüştürme kapasitelerinin fark edilmesiyle birlikte tarım alanında önemli bir gelişmeye öncülük etmiştir. Bu gelişme, dünya genelinde "vermikültür" olarak adlandırılan yeni bir tarımsal üretim sektörünün doğmasına vesile olmuş ve sürdürülebilir tarımın daha da güçlenmesini sağlamıştır.

Brassicaceae ailesinin önemli üyelerinden biri olan süs lahanası (*Brassica oleracea* var. *Acephala*), iki yıllık bir otsu bitki olarak özellikle kesme çiçekçilik, saksı bitkiciliği ve peyzaj düzenlemelerinde oldukça değerli bir konuma sahiptir (Kishimoto ve ark., 2014). Görsel özellikleriyle dikkat çeken bu bitki, düz, kıvrırcık ya da ince saçaklı yaprak tiplerine sahip olmanın yanı sıra, beyazdan başlayarak sarı, pembe, kırmızı ve hatta mor gibi farklı renklere kadar uzanan geniş bir renk skalası sunar (Hatipoğlu ve Gülgün, 1999; Carter, 2003; Zhu ve ark., 2017). Bu etkileyici renk çeşitliliği, dekoratif

amaçlarla kullanımını cazip kılmaktadır. Yaprak yapısındaki estetik detaylarının ötesinde, düşük sıcaklıklara karşı gösterdiği dayanıklılık sayesinde sonbaharın ilerleyen günlerinden erken ilkbahar dönemine kadar görselliğini koruyarak özel bir ticari değere ulaşır. Bu özelliği, onu sadece süs bitkisi olarak değil, aynı zamanda zorlu iklim koşullarında da kullanılabilirliği yüksek bir tür haline dönüştürmektedir (Carter, 2003).

Özellikle soğuk kış aylarında süs lahanası, başta parklar, bahçeler, kavşaklar, orta refüjler ve çiçek parterleri olmak üzere birçok alanda peyzaj düzenlemelerinin vazgeçilmez bir unsuru olarak tercih edilir. Bitkinin mevsim boyunca sergilediği etkileyici görsellik, bu alanlara görsel bir dinamizm ve canlılık katarken estetik bir uyumun sağlanmasına da yardımcı olur. Dolayısıyla süs lahanası, hem dayanıklılığı hem de dekoratif özellikleri sayesinde peyzaj tasarımlarında kendine sağlam bir yer edinmiş ve uzun yıllardır popülerliğini sürdürmüş bir bitkidir.

Bitkisel tasarım süreçlerinde kullanılacak süs bitkilerinin, morfolojik özellikleri ve gereksinim duydukları ekolojik koşulların ayrıntılı bir şekilde bilinmesi, tasarımın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Kullanılacak bitki türünün ya da çeşidinin, tasarım planlaması sırasında belirlenen renk, doku (tekstür) ve form gibi estetik kriterlere uyum sağlaması elbette kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu bitkilerin adaptasyon yetenekleri, görsel kalitenin sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkili olan bazı özelliklerin değişkenlik göstermesine neden olmaktadır. Örneğin, çiçekli ya da yapraklı kalma süreleri gibi estetik açıdan kilit roller oynayan faktörler, kullanılan bitki türünün yetiştiği ekolojik ortamların çeşitliliğine bağlı olarak farklılık gösterebilir.

Bu durum, bitkilerin ekolojik koşullara ne derece uyum sağlayabildiğinin, tasarımın hem işlevsellik hem de estetik beklentilerini karşılamada en belirleyici unsurlardan biri olduğunu ortaya koymaktadır. Bundan dolayı, bitkisel tasarımlarda kullanılacak süs bitkilerinin dendrolojik (bitki türü ve yapısal özellikler) ve fenolojik (bitkilerin dönemsel gelişim evreleri) niteliklerinin, seçilen bölgenin ekolojik özellikleri dikkate alınarak detaylı biçimde incelenmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme, planlanan

tasarımın amacına ulaşarak istenen estetik ve fonksiyonel etkiyi yaratmada kritik bir rol oynamaktadır (Onat, 2012; Yazıcı, 2017; Atabeyoğlu ve Bilge, 2019; Kösa, 2019).

Kaynaklarda da ifade edildiği üzere (Onat, 2012; Yazıcı, 2017; Atabeyoğlu ve Bilge, 2019; Kösa, 2019), ekolojik faktörlerin tasarım üzerindeki etkisi göz ardı edilmemeli; uygun bitki seçiminde bilime dayalı bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu tür bir yöntem, yalnızca estetik açıdan tatmin edici sonuçlar sunmakla kalmaz, aynı zamanda uzun süreli çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli faydalar sağlar.

Son yıllarda, dünya genelinde özellikle sürdürülebilir tarım, organik tarım ve çevre dostu tarım uygulamalarına yönelik ilginin dikkate değer bir şekilde artış gösterdiği bir döneme tanıklık edilmektedir. Bu artışın temelinde, çevresel kaygıların yanı sıra, gelecekteki nesillere sağlıklı ve yaşanabilir bir ekosistem bırakma arzusu yatmaktadır. Sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerde elde edilen ürünlerin kalitesini belirleyen en önemli unsurların başında ise toprak verimliliği gelmektedir. Verimli bir toprak, yalnızca mahsul üretimi açısından değil, aynı zamanda doğal kaynakların etkin kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da büyük önem taşır. Bu bağlamda, kompost kullanımı giderek daha kritik bir rol üstlenmiştir.

Kompost, biyolojik olarak ayrışabilir organik materyallerin mikroorganizmalar aracılığıyla stabilize edilmesi sonucu oluşan doğal bir ürün olarak öne çıkmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan kompost, sadece toprağın fiziksel yapısını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda kimyasal ve biyolojik özelliklerini de dengeler (Yalçın & Çimrin, 2019). Bu süreç sonucunda bitki büyümesini destekleyen besin maddeleri artar, toprağın su tutma kapasitesi gelişir ve bu sayede hem mahsul verimi hem de ürün kalitesi belirgin bir şekilde yükselir. Öyle ki, yapılan çalışmalar kompostun fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan toprak üzerindeki olumlu etkilerinin altını çizmektedir. Örneğin, Kartal'ın 2023 tarihli çalışmasında vurgulandığı üzere, kompost kullanımı ile elde edilen ürünlerde kalite artışı somut olarak gözlemlenmiştir.

Kompostun faydaları sadece organik madde zenginleştirilmesiyle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda sebze yetiştiriciliğinde, fide üretiminde ve giderek yaygınlaşan topraksız tarım uygulamalarında torfa alternatif bir materyal olarak kullanılabilir. Bu durum, kompostun çok yönlülüğünü ve farklı tarımsal

alanlarda sunduğu avantajları ortaya koymaktadır. Kompost üretimi sürecinde kullanılan materyaller ise oldukça çeşitlilik göstermekte olup, hayvansal atıklardan sebze ve meyve işleme fabrikalarında ortaya çıkan katı meyve atıklarına kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu çeşitlilik, hem organik atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır hem de çevresel yükün azaltılmasına katkıda bulunur.

Tüm bu nedenlerle, dünya genelinde farklı türdeki meyve ve sebze atıklarını komposta dönüştüren çok sayıda işletme ve girişimin varlığı dikkat çekmektedir. Özellikle son yıllarda meyve ve sebze atıklarının kompost üretiminde değerlendirilmesi hem ekonomik kazanç sağlaması hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunması açısından büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknoloji ve yenilikçi yöntemler sayesinde, bu tür uygulamaların önümüzdeki yıllarda daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Böylelikle, sürdürülebilir tarımın anahtar unsuru olarak görülen kompostun kullanımının teşvik edilmesi, gelecekte tarımsal üretimde sürdürülebilirlik adına atılabilecek stratejik bir adım niteliğindedir (Sayara ve ark., 2020).

Bu tez çalışmasında süs bitkileri yetiştiriciliğinde (süs lahanası) kasa saksı ortamında torf-perlit harcının içerisine farklı oranlarda vermikompost, kekik kompostu, kentsel atık kompostu ve mantar atığı kompostu katılarak kontrol şartlarına göre (torf-perlit) bitki gelişiminde ve yapraklardaki temel besin elementleri konsantrasyonlarındaki değişimler yapılan analizler ile ortaya konulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Polat ve arkadaşları (2001), gerçekleştirdikleri çalışmada farklı türlerdeki organik gübrelerin çeşitli dozlarının marul bitkisinin verim, kalite ve bitki besin elementlerini alma kapasitesi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde araştırmışlardır. Bu çalışmada sıvı tavuk gübresi, katı tavuk gübresi ve kan unu gibi organik materyaller ile bu maddelerin farklı dozlara göre hazırlanmış karışımları kullanılmıştır. Deney kapsamında, elde edilen marul örneklerinde baş boyu, kök boğaz çapı, C vitamini içeriği, suda çözünabilir kuru madde (SÇKM) oranı, pH seviyesi, baş ağırlığı ve genel verim değerleri ölçülmüştür. Bunun yanında bitkide bulunan azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi bitki besin elementlerine yönelik detaylı analizler gerçekleştirilmiş, buna bağlı olarak topraktan kaldırılan besin maddelerinin miktarları hesaplanmıştır. Kapsamlı analiz sonuçlarına göre, marul bitkisinde uygulanan gübre çeşitlerinin C vitamini içeriği, suda çözünabilir kuru madde miktarı ve pH seviyesi üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkide bulunmadığı görülmüştür. Ancak, verim açısından kontrol gruplarına kıyasla önemli ölçüde farklılık yaratmıştır. Özellikle, "KT2+ST" olarak adlandırılan 300 kg/da katı tavuk gübresi ve 300 kg/da sıvı tavuk gübresinin birlikte kullanıldığı uygulama en yüksek verim ve kalite değerlerini ortaya koymuştur. Toprakten kaldırılan bitki besin maddeleri açısından da bu kombinasyonun en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, değerlendirilen organik gübre dozlarının ve kombinasyonlarının marul bitkisinde yeterli ve dengeli bir besin sağlama konusunda tam anlamıyla yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, elde edilen birim ürün başına düşen organik gübre maliyetinin yüksek olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sonunda, maliyet etkinliği artırmak amacıyla organik gübrelerin kullanım etkilerinin ekonomik analizlerle desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, organik gübrelerin tarımsal etkinliklerini artırmak için ideal karışımların geliştirilmesinin gerekliliği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, organik gübrelerin daha verimli hale getirilmesi ve ekonomik açıdan daha sürdürülebilir çözümler üretilmesi gerekliliği ifade edilmiştir.

Golden Aker türü *Brassica oleracea* L. bitkisi üzerinde yapılan bir araştırmada, kurşunun fitotoksik tolerans düzeyi incelenmiştir. Çalışmada, bitkilere kurşun nitrat

uygulanmış ve toksisite belirtileri özellikle 1.0 mM kurşun dozu verilen örneklerde gözlemlenmiştir. 0.5 ve 1.0 mM gibi yüksek kurşun dozlarının, genç yaprak kenarlarında kloroz oluşumuna ve bitkinin baş büyüklüğünde belirgin bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 0.5 mM kurşun uygulamasında semptomların şiddeti nispeten düşük düzeyde saptanmıştır. Artan kurşun miktarı, lahana bitkisinin farklı dokularında bazı elementlerin (P, S, Fe, Mn ve Cu) azalmasına yol açarken, kurşun ve çinko konsantrasyonlarında bir artış meydana gelmiştir. Özellikle 1.0 mM Pb dozunda kurşun konsantrasyonunun köklerde en yüksek düzeyde, baş kısmında ise en düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, lahana yapraklarında toksisite eşiği 150 µg/g kuru madde olarak tanımlanırken, toksisite düzeyi 320 µg/g kuru madde olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, Sinha ve çalışma arkadaşları tarafından 2006 yılında ortaya konulmuştur.

Atalay, Y (2007), yılında gerçekleştirdiği çalışmada, organik gübre, çiftlik gübresi ve mineral gübre uygulamalarının patlıcan, biber ve hıyar bitkilerinin ürün kalitesine olan etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda hem örtü altı koşulları altında hem de açık arazide yetiştiricilik yapılarak elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, farklı gübre uygulamaları arasında verim ve meyvelerdeki bazı element içerikleri açısından (Fe, Ca, Cu, K, Mn, Mg, Cr ve Zn gibi) belirgin bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Ancak kalite özellikleri bakımından, özellikle sertlik, tat, aroma ve parlaklık gibi unsurlar üzerinde mineral gübrelemenin daha baskın bir etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, mineral gübrelemenin kısa vadede ekonomik açıdan daha düşük maliyetli bir seçenek sunduğu belirtilmiştir. Bu bulgular, verim ve kalite dengesini optimize etmek isteyen üreticiler için önemli bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Guilan Üniversitesi'ne bağlı Bahçecilik Bölümünün serasında herhangi bir ısıtma sistemi kullanılmadan gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı oranlarda toprağa eklenen vermikompost (0, %10, %20 ve %30) dozlarının ıspanağın büyüme süreci, verim potansiyeli ve mineral madde içerikleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, toprağa ilave edilen vermikompostun bitki gelişimini belirgin şekilde olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuş, özellikle yaprak sayısında ve bitki boyunda önemli artışlar sağladığını

göstermiştir. Bu çalışmanın bulguları, organik tarım uygulamaları ve toprak zenginleştirme yöntemleri bağlamında dikkat çekici sonuçlar ortaya koymaktadır (Peyvast ve ark., 2008).

Hernandez ve ark. (2010), yılında yayımladıkları çalışmada, 2007 yılında gerçekleştirdikleri bir araştırmaya dayanarak, farklı gübreleme programlarının marul (*Lactuca sativa* L.) üzerindeki bitki besin elementi içeriği ve genel büyüme performansına olan etkilerini incelemeyi hedeflemişlerdir. Bu kapsamda, deneylerinde iki organik gübre türü (25 haftalık bir olgunlaşma süreci sonucunda sığır gübresinden elde edilen kompost ve vermikompost) ile bir inorganik gübre çeşidini (üre) kullanmışlardır. Her bir gübreleme programı toplamda 12 tekerrür olacak şekilde uygulanmıştır. Yapraklarda gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarına göre, azot (N) ve potasyum (K) elementleri açısından en yüksek ortalamalar üre uygulaması yapılan grupta elde edilmiştir. Ancak, vermikompost uygulamasının sonuçları incelendiğinde, bu gübreleme yöntemi ile kompost uygulaması karşılaştırıldığında, marul yapraklarındaki sodyum (Na) konsantrasyonunun daha düşük olduğu, buna karşılık magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn) ve bakır (Cu) konsantrasyonlarının ise daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Araştırmada elde edilen bulgular sonucunda, marulda optimal bitki besin maddesi konsantrasyonuna (özellikle potasyum [K], kalsiyum [Ca], magnezyum [Mg] ve manganez [Mn] açısından) ulaşmak için sığır gübresi bazlı 25 hafta boyunca olgunlaşmış kompostun veya vermikompostun hektar başına 18.5 ton dozunda uygulanmasının yeterli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca vermikompostun, geleneksel kompost ile kıyaslandığında bitkideki magnezyum, demir, çinko ve bakır içeriklerini yükseltme kapasitesine sahip olduğu ve bu nedenle daha avantajlı bir seçenek sunduğu vurgulanmıştır. Çalışmanın sonunda, ileriki araştırmalarda daha kapsamlı bir değerlendirme yapılabilmesi için periyodik girdilerin etkilerinin incelenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, farklı gübreleme oranlarının yanı sıra organik gübrelemenin hem orta hem de uzun vadede toprak üzerindeki etkilerinin araştırılmasının önemi de belirtilmiştir. Bu tür çalışmaların, sürdürülebilir tarım uygulamalarına rehberlik etme potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Çıtak ve ark. (2011), yılında gerçekleştirdiği araştırmada, ıspanak bitkisinin (*Spinacia oleracea* var. L.) gelişimi ile toprak verimliliğine yönelik farklı dozlarda uygulanan vermikompostun etkileri detaylı bir şekilde incelenmiş olup, aynı zamanda hiçbir işlem yapılmayan bir kontrol grubu da değerlendirilmiştir. Çalışma, kış döneminde açık tarla koşullarında yürütülmüş ve bu kapsamda bitki gelişimi, mahsul verimi, mineral madde içeriği ve toprak verimliliği gibi önemli parametreler üzerinden analizler yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, özellikle AG2 uygulamasının ölçülen tüm parametrelerde oldukça belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı etkilere sahip olduğu, bunun da gerek bitki büyümesi gerekse toprak açısından kayda değer bir iyileşme sağladığı ifade edilmiştir. Bu bulgular, vermikompostun doğru dozlarda kullanıldığında hem bitki hem de toprak için olumlu sonuçlar doğurabileceğini net şekilde ortaya koymaktadır.

Kusznierewicz ve ark. (2012), yılında gerçekleştirilen çalışma, iki farklı lahana türünün ağır metaller olan kadmiyum ve çinko biriktirme kapasitesine ilişkin önemli bulguları ortaya koymuştur. Araştırmanın başlangıcında, toksisiteye dair erken belirtiler gözlemlendikten sonra, bu iki lahana türünün büyüme evreleri ilerledikçe kadmiyum ve çinkoya karşı oldukça yüksek bir tolerans sergilediği dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra, elde edilen veriler, ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğinin artmasının, lahanalarda bu elementlerin daha fazla birikimine sebep olduğunu net bir şekilde ortaya koymuştur. Çalışma sonuçları ayrıca beyaz lahananın, çevreye zarar veren metallerin temizlenmesi amacıyla kullanılan fitoremediasyon işlemlerinde üstün bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir ve bu türün yüksek fitoremediasyon kapasitesinin altını çizmiştir.

Hınıslı (2014), yılında açık hava koşullarında saksılarda gerçekleştirdiği çalışmasında, üç farklı organik kaynaklı gübrenin kıvrıcık marul bitkisinin gelişimi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemek amacıyla gübrelerin beş farklı dozunu uygulayarak elde ettiği sonuçları değerlendirmiştir. Araştırma bulguları, her bir gübrenin bitki gelişimi üzerindeki farklı yönlerden etkilerini ortaya koymuştur. Elde edilen verilere göre inek gübresinin, bitkide etkili bir şekilde azot (N) alımını artırdığı, koyun gübresinin genel olarak bitki besin maddelerinin alımında olumlu sonuçlar sağladığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, vermikompost kullanımının bitkilerde

dikkate değer bir şekilde erkencilik yarattığı, yani daha erken gelişim sağladığı ifade edilmiştir. Araştırma, organik kaynaklı gübrelerin doğru doz ve tür seçimiyle bitki gelişimi üzerinde ne denli belirleyici olabileceğini göstermesi açısından önem taşımaktadır.

Tavalı ve ark. (2014), yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, beyaz baş lahanaya yetiştiriciliğinde farklı vermikompost dozlarının kimyasal gübre (NPK) ile karıştırılarak kullanım potansiyellerini araştırma konusu olarak ele almıştır. Bu araştırma kapsamında, farklı oranlarda uygulanan vermikompostun bitkilerin gelişimi üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, uygulamalarda kullanılan vermikompost dozunun artışı ile birlikte bitkilerin kalite özelliklerinde, mineral beslenme durumlarında ve verim değerlerinde istatistiksel olarak belirgin ve anlamlı bir artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, tarımsal üretimde çevre dostu alternatiflerin ve organik bazlı uygulamaların kullanımının bitki gelişimine ne denli olumlu katkılar sağlayabileceğini göstermektedir.

Farahani ve ark. (2015), kadmiyum (Cd) ile kirlenmiş topraklardan bu ağır metalin uzaklaştırılmasında süs lahanası çeşitlerinin potansiyelini araştırmaya yönelik önemli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmada kırmızı ve beyaz olmak üzere iki farklı süs lahanası türü incelenmiş ve her bir tür, 0, 10, 20 ve 30 mg/kg olmak üzere dört farklı kadmiyum konsantrasyonuna maruz bırakılmıştır. Çalışma, tesadüfi tam deneme deseni uygulanarak dikkatlice planlanmış ve her bir uygulama üç tekerrürlü şekilde yürütülmüştür. Deney süresince bitkilerin hem kök hem de sürgün bölgelerinde kadmiyum birikimi ölçülmüş ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, her iki lahananın da kök ve sürgünlerinde kadmiyum miktarının yoğunluğa paralel olarak arttığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, karşılaştırmalı analizler sonucu beyaz süs lahanasının hem köklerinde hem de sürgünlerinde kırmızı süs lahanasına kıyasla daha yüksek miktarda kadmiyum biriktirdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kirlenmiş toprakların fitoremediasyonu için hem kırmızı hem de beyaz süs lahanası türlerinin etkili birer seçenek olduğunu göstermekte, çevresel kirleticilerin biyolojik yöntemlerle giderilmesinde bu bitkilerin kullanılabilirliğini desteklemektedir.

Açıkbaş ve Bellitürk (2016), artan vermikompost miktarlarının aşılı asma fidanlarında bitki besin elementleri içerikleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, yetiştirme ortamı olarak eşit oranlarda toprak, perlit ve torf karışımı kullanılmış, bu karışıma farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30 ve %40) vermikompost ilave edilerek bitkilerin büyüme koşulları düzenlenmiştir. Araştırmanın sonunda, asmalar üzerinde yapılan analizler neticesinde, kullanılan vermikompost oranlarının artışı ile toplam bitki besin elementi içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı ve kayda değer artışların meydana geldiği saptanmıştır. Bu sonuçlar, vermikompost uygulamasının bitki gelişimi ve besin değerleri açısından olumlu etkilerinin belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.

Maltaş ve ark. (2017), kırmızı baş lahana üretiminde farklı dozlarda vermikompost uygulamasının bitki kalite parametreleri, dekara verim ve mineral beslenme durumu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışma, açık tarla koşullarında gerçekleştirilmiş ve kullanılan vermikompost dozlarının bitki boyu, dekara verim, baş ağırlığı gibi performans kriterleri üzerinde olumlu bir etki oluşturduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, artan vermikompost dozlarıyla bu kriterler arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle 400 kg da⁻¹ dozunun kırmızı baş lahana üretimi için en uygun seçenek olarak önerilebileceği ifade edilmiştir. Bu bulgu, hem ürün kalite ve verimliliğini artırması hem de tarımsal sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlaması açısından önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Yeri ve Bitki Çeşidi: Çalışma 2024 yılı Eylül ayında Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü deneme arazisinde bulunan serada yürütülmüştür. Saksılar hacim ağırlığı yaklaşık 14.000 g/cm³ olacak şekilde torf perlit materyalleri ile doldurulmuştur. Kasa saksılara 4 adet standart çeşit süs lahanası fideleri dikilmiştir. Çalışma sera şartlarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada torf perlit karışımına vermikompost, kekik kompost, kentsel kompost ve mantar kompostu gübresinden % 0-5-10-20 oranlarında karıştırılarak bitki gelişimine bakılmıştır. Çalışmada 4 organik gübre x 4 organik gübre dozu x 4 tekerrür olacak şekilde 64 kasa saksı kullanılmıştır. Bitkilere beslenmesi için ideal besin elementi uygulaması haftada bir verilmiştir, bitkilere temel besin elementi uygulaması bir su bir Hoagland çözeltisi şeklinde EC değeri 1.90 mmhos olacak şekilde uygulamalar yapılmıştır ve yaklaşık 2 ay sonra bitkiler geliştiğinde kırmızı rengi verdiğiğinde tüm bitkilerin hasatları yapılmıştır.

3.2. Yöntem

Hasad edilen süs lahanası bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Bu bitkilerden besin elementi analizleri için örnekler ayrılacaktır. Bu bitkilerde verim analizleri yapılacak ve bitki yapraklarında azot, fosfor ve potasyum makro besin elementleri demir, bakır, çinko ve mangan gibi mikroelement analizleri yapılacaktır. Çalışmada kullanılan torf, vermikompost, mantar kompostu ve kentsel kompostun bazı fiziksel ve kimyasal analizleri Çizelge 3.1, 3.2, 3.3 ve Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan torfun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Organik madde	pH	EC	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO ₃	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
(%)							(mg l ⁻¹)						
95	5,5	2,5	140	160	180	10	187	0,9	1,6	0,3	0,4	1,5	0,5

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan vermikompostun fiziksel ve kimyasal özellikleri

pH (1 : 2.5)	7.67
EC (1 : 2.5) μ S/cm	1378
Organik madde (%)	49,65
Total N (%)	1.92
C/N	14.33
P (%)	2.11
K (%)	0.69

Çizelge 3. 3. Denemede kullanılan taze mantar kompostunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

pH (1 : 2.5)	6.48
EC (1 : 2.5) dS/m	7.78
Organik madde (%)	67.23
Total N (%)	2.13
C/N	14.12
P (ppm)	2.11
K (ppm)	5245
Ca (ppm)	1231
Mg (ppm)	775
Na (ppm)	34
Fe (ppm)	3.11
Zn (ppm)	2.23
Mn (ppm)	4.23
Cu (ppm)	2.12



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ÖLÇÜM LABORATUVARI
Tınaztepe Yerleşkesi 35160 BUCA / İZMİR
Tel: 0 232 301 71 00 Faks: 0 232 453 11 43



Belge No:
y-35/138/2016



Test
TS EN ISO/IEC 17025
AB-0123-T

AB-0123-T

01207

11-20

Kompost Numunesinde Yapılan Analiz ve Ölçüm Sonuçları

Numune No	Analizler	Ölçülen Değer	Sınır Değer	Analiz Yöntemi
01207-1	**-Arsenik (As)	5,40 mg/kg	20 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Bakır (Cu)	132,05 mg/kg	450 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Cıva (Hg)	<1 mg/kg	5 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Çinko (Zn)	416,24 mg/kg	1100 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Kadmilyum (Cd)	1,59 mg/kg	3 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Kurşun (Pb)	42,14 mg/kg	150 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Nikel (Ni)	29,78 mg/kg	120 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Toplam Krom (Cr)	74,83 mg/kg	350 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	**-Kalay (Sn)	9,60 mg/kg	10 mg/kg	EPA 3051 A ;EPA 6020
01207-1	***-pH	7,43 pH Birimi	5,5-8,5	TS ISO 10390
01207-1	***-Toplam Organik Katı Madde (Kuru madde içerisinde)	41,34 %	>%35	TS EN 12879
01207-1	***-Mineral İyonlar Halindeki Tuzlar	0,816 ds/cm	<10 ds/cm	TS ISO 11265
01207-1	***-Nem	8,47 %	<%30	TS 9546 EN 12880
01207-1	***-Karbon/Azot oranı(C/N)	22	10-30	Hesaplama yöntemi

Açıklamalar:

SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 23th Edition 2017 , EPA: US Environmental Protection Agency, TS: Türk Standardı, ISO: International Standard Organization, DEU ASL- Mxx: Dokuz Eylül Üniversitesi Atıksu Laboratuvarı Laboratuvar Metodu.
OECD : Organisation for economic Co-operation and Development, ASTM: American Society for Testing and Materials
Raporda (*) işaretli analizler TÜRKAK akreditasyonuna, (**) işaretli analizler ise TÜRKAK akreditasyonu ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı analiz yeterliliğine sahiptir. Herhangi bir işaret içermeyen analizler akreditasyon ve yeterlilik kapsamı dahilinde değildir. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, k=2 ve %95 güven aralığında genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. Uygunluk beyanında ILAC G8-pöskümünde yer alan Basit Karar Kuralı esas alınmıştır

Şekil 3. 1. Denemede kullanılan kentsel atık kompostunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Firma analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi'nde ilgili laboratuvarında yaptırmıştır)

Bitki yaprakları kurutulup öğütülecek ve makro ve mikro besin elementlerinin analizleri aşağıda belirtilen yöntemler kapsamında yapılmıştır.

-Kjeldahl yöntemi ile toplam azot tayini (Bremner, 1965),

-Vanado-Molibdo fosforik Sarı Renk Yöntemi(Spektrofotometrik) yöntem ile toplam P tayini (Kacar ve İnal, 2008),

-Flamefotometrik yöntem ile toplam K tayini (Kacar ve İnal, 2008).

-Bitki örneklerinin kuru veya yaş yakma yöntemlerinden birisi ile yakılarak elde edilecek bitki çözeltisindeki Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, ve Cu'nun ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) cihazında(Anonymous, 1989) belirlenmesi (Plank, 1992; Isaac ve Johnson, 1998) esasına göre yapılmıştır. Hasad esnasında çekilen denemeye ait fotoğraf Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Sera içerisinde deneme alanına ait fotoğraf

3.1.2. İstatiksel Analizler: Süs lahanası yetitiriciliğinde farklı organik gübreleri bitki gelişimine ve yaprakta besin elementi konsantrasyonları üzerine etkileri varyans analizi ile test edilip uygulamalar arası farklar DUNCAN gruplandırılması ile gruplandırılmıştır. Analizlerde SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Farklı organik gübrelerin bitki yetiştirme harcına % 5, 10 ve 20 oranlarında katılarak süs lahanası bitkisinin gelişimi ve incelenen diğer özellikler üzerine etkileri ve buna ait istatistiki değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

4.1. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Süs Lahanası Bitkisinin Bitki Çapı, Bitki Boyu, Yaş Ağırlık ve Kuru Ağırlıkları Üzerine Etkileri

Uygulamaların süs lahanasının bitki gelişimi üzerine etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı organik gübre uygulamalarının süs lahanası bitkisinin bitki çapı, bitki boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri

Uygulamalar	Bitki Çapı (cm)	Bitki Boyu (cm)	Yaş Yaprak Ağırlık (gr)	Kuru Yaprak Ağırlık (gr)
Kontrol	23.0	14.0	146.40	22.22
Vermikompost %5	20.8	15.3	173.50	26.20
Vermikompost %10	21.0	15.0	173.50	26.20
Vermikompost %20	22.1	14.1	157.20	26.10
Kekik Kompost %5	20.5	14.8	177.37	26.75
Kekik Kompost %10	20.9	15.0	176.12	25.84
Kekik Kompost %20	22.9	16.0	186.96	30.35
Kentsel Kompost %5	21.6	15.5	186.50	27.32
Kentsel Kompost %10	20.7	15.0	174.84	26.14
Kentsel Kompost %20	23.8	17.9	200.81	32.60
Mantar Kompost %5	21.7	15.4	163.85	24.40
Mantar Kompost %10	23.4	16.1	207.72	31.92
Mantar Kompost %20	18.8	12.1	111.65	16.37
Ortalama	21.8	15.1	172.05	26.34
V. K	12.32*	13.65**	9.74**	10.32**

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı, Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

5.

Farklı organik gübrelerin farklı dozlarda yetiştirme harç içerisine karışmasıyla süs lahanasının bitki çapı istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde, bitki boyu istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde, yaş yaprak ağırlıkları istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde ve kuru yaprak ağırlıkları ise istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Süs

lahanasının hasad esnasında ölçülen en yüksek bitki çapı 23,8 cm ile kentsel kompostun %20 uygulamasından elde edilirken en düşük bitki çapı mantar kompostunun %20 uygulamasından 18.8 cm olarak elde edilmiştir.

Bitki boyu incelendiğinde kontrol uygulaması 14 cm gelirken kentsel kompost uygulamasının %20 uygulamasında 17.9 cm ile en yüksek değer tespit edilmiştir. Mantar kompostunun %20 uygulamasında bitki boyu 12.1 cm kadar düşmüştür. Özellikle denemedeki bazı gözlemlerimiz mantar kompostunun parçaçık boyutlarının büyüklüğünün bitkinin su alımı ve buharlaştırmada problem yaşadığını göstermektedir. Bu durum bitkinin mantar kompostu uygulamasının yüksek dozlarının toplam biomas değerlerine yansımaktadır. Ölçülen yaş ve kuru ağırlık değerlerinde özellikle mantar kompostu ve yüksek dozda uygulanan vermikompostun biomas değerlerini düşürdüğü görülmüştür. Bitki yetiştirme sisteminde iyi bir kök gelişimi bitkinin veilen suyu güzel bir şekilde tarla kapasitesinde tutarak terleme mekanizmasını yüksek düzeyde tutmasıyla gerçekleşmektedir. Kök gelişimi yetersiz havalanmaya maruz kaldığında bitkinin biomasında düşüslere sebep olmaktadır. Organik gübrelerin özellikle suyu tutması ve parçaık boyutlarının havalanmaya müsaitlik vermediği durumlarda bu tip bitki gelişimi gerilemeler yaşanabilmektedir.

Bitkinin yaş ağırlıkları kontrol uygulamasında 146.40 gr olarak ölçülürken en düşük yaş ağırlık mantar kompostunu en yüksek dozunda 111.65 gr olarak tespit edilmiştir. Bununla beraber kentsel kompost uygulamasında ve mantar kompostu %10 uygulamasında yaş ağırlıklar en yüksek elde edilmiştir. Genellikle kontrol uygulamasına göre organik gübrelerin torf perlit ortamına ilave edilip karıştırılması bitkinin yaş ve kuru ağırlının artmasına neden olmuştur.

4.2. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Süs Lahanası Bitkisinin Bitki Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

Uygulamaların süs lahanasının bitki yaprak besin elementi konsantrasyonu üzerine etkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Torf perlit karışım harcına katılan farklı organik gübrelerin süs lahanasının yaprak besin elementi konsantrasyonlarına ait değerlebdirmeler aşağıdadır. Yaprak N konsantrasyonuna bakıldığında uygulamaların

etkisi istatistiksel olarak etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Yaprak N konsantrasyonları %2.34 ile 2.12 arasında değişim göstermiş olup ortalama N konsantrasyonu %2.22 ölçülmüştür. Bu değer bitkinin oluşturduğu yaş ve kuru madde miktarına göre değişiklik göstermektedir. Bitkinin oluşturduğu kuru madde miktarı yüksek ise saksıdan sömürdüğü besinelementi miktarı da yüksek olacaktır. Nitekim oluşturulan kuru madde miktarları değişiklik göstermiştir. Bitki yapraklarının P konsantrasyonu üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak %5 önem seviyesinde etkili olmuştur. En yüksek fosfor konsantrasyonlarına bakılacak olursa kontrole kıyasla organik gübrelerin %10 uygulamalarında gerçekleşmektedir. En yüksek fosfor konsantrasyonu %0.48 ile vermikompostun %10 ve mantar kompostunun %20 uygulamalarında ölçülmüştür. Bu durumu halihazırda organik gübrelerin içerisindeki fosfor kaynaklarının bitki tarafından alınması ile açıklamak mümkündür. Bununla beraber verilen organik gübrelerin bitki besin elementlerini tutma açısından daha fazla yüzey alanı oluşturmak suretiyle bitki besin elementi alımını teşvik etme potansiyeline sahiptir. Aynı şekilde bitki yapraklarının K konsantrasyon değerleri uygulamaların farklılıklarından etkilenmiştir. İstatistiksel olarak %5 önem seviyesinde etkili olmuştur. Değerler Jones ve ark. 1991 değerleri ile kıyaslandığında bitki yapraklarında yeterlilik sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu durum tüm besin elementi konsantrasyonları için de geçerlidir. Çalışmamızda bitki için yeterli gelecek hoaglan çözeltisi dozları seçilmiş ve bitkiler su ile beraber verilmiştir. Yetiştiricilikte istenilen dozlarda uygulamalar yapılmıştır. Çziege 4.2 incelendiğinde bitki yapraklarının demir ve bakır içerikleri uygulamaların etkisi istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde etkili olmuştur. Burada organik gübrelerin miktarın harç içerisine katılması ile arttığı görülmektedir. Bu durum özellikle organik gübrelerin bileşiminde bulunan demir ve bakırın bitki tarafından alındığını göstermektedir. En yüksek bitki yaprak Fe konsantrasyonu mantar kompostunun yüksek dozu ve vermikompost uygulamasının %10 uygulamasında sırasıyla 134.7 mg/kg ve 132.5 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bitki yaprak bakır konsantrasyonuna bakılacak olursa en yüksek konsantrasyonlar kentsel kompost uygulamasında 9.45 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu durum halihazırda kompost bünyesindeki bakırın bitki yetiştirme ortamına gelindiğinde bitki tarafından alınabilirliğinin oluştuğunu göstermektedir.

Çizelge 4.2. Farklı organik gübre uygulamalarının süs lahanası bitkisinin yaprak besin elementi konsantrasyonları üzerine etkileri

Uygulamalar	N %	P %	K %	Ca %	Mğ %	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg
Kontrol	2.12	0.45	1.93	0.82	0.53	112.5	7.23	46.2	46.3
Vermikompost %5	2.31	0.47	1.94	0.89	0.51	123.1	7.56	38.4	41.3
Vermikompost %10	2.23	0.48	1.86	0.79	0.62	123.6	7.45	43.5	37.8
Vermikompost %20	2.14	0.39	1.96	0.78	0.52	132.5	8.01	35.6	37.4
Kekik Kompost %5	2.32	0.47	2.02	0.71	0.56	105.4	8.12	37.5	42.3
Kekik Kompost %10	2.13	0.46	2.12	0.83	0.56	102.3	8.12	38.1	36.4
Kekik Kompost %20	2.27	0.41	1.98	0.78	0.56	102.7	7.23	34.1	37.4
Kentsel Kompost %5	2.32	0.42	1.89	0.78	0.61	107.4	9.45	34.6	32.5
Kentsel Kompost %10	2.13	0.45	2.03	0.75	0.62	125.5	9.45	38.5	34.7
Kentsel Kompost %20	2.34	0.46	2.18	0.83	0.53	128.6	9.12	36.7	37.6
Mantar Kompost %5	2.24	0.47	1.87	0.82	0.51	134.7	8.34	41.3	37.9
Mantar Kompost %10	2.31	0.47	1.98	0.81	0.56	134.5	7.45	38.4	33.1
Mantar Kompost %20	2.13	0.48	2.02	0.82	0.57	123.5	8.12	35.6	37.9
Ortalama	2.22	0.45	1.98	0.80	0.55	119.2	8.12	37.9	37.3
V. K	12.4	9.34*	13.4*	13.8	8.79	9.34**	7.57**	13.2*	15.2

*: değerler dört tekerrür ortalamasıdır ve her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. V.K.: Varyasyon katsayısı, Ö.D: Önemli Değil; *P<0.05; **P<0,01 önemlidir;

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Süs lahanası üretiminde torf perlit harcına (karışımına) halihazırda mevcut olan organik gübrelerin farklı dozlarda katılmasıyla yürütülen bu çalışmada şu sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bitki gelişimi torf perlit harcında süs lahanasının dikileceği pozisyonda sera içinde yetiştirilmiştir. Buna ilaveten günümüzde özellikle yapraklarının tüketilmesi süs bitkilerin yetiştirildiği ortamlarda neden farklı organik kaynaklar katılarak aynı özellikte ve değerinde bitki yetiştirilmesin sorusuna bu tezde cevap bulunulması amacıyla özellikle kentsel atık kompostu ve sanayi atığı kekik kompostları bitki yetiştirildiği ortamlara konularak bitki gelişimi yapılmak istenmiştir. Yapılan çalışmada torf perlit harcına katılan organik gübrelerde de süs lahanasının istenilen boyutta, ağırlıkta ve yetiştirme süresinde geliştiği görülmüştür. Bu değerlerden bitki boyu, bitki çapı, bitki toprak üstü yaş ve kuru ağırları incelendiğinde kontrole göre dışarıdan katacağımız organik gübrelerin özellikle %5 ve 10 seviyelerinin süs lahanası bitkisinde gelişimde olumlu ve bitki gelişiminde pozitif sonuçlar verdiği Çizelge 4.1’de görülmüştür. Bu sonuçlar bizlere atık haldeki organik gübrelerin ideal bir şekilde kompostlaştırılarak tekrar kazandırılmasının ve özellikle bitki gelişim ortamlarına katılmasının hem ülke ekonomisine katkıda hemde girdi maliyetlerini düşürülmesini sağlayacağı fikrini ortaya koyacaktır. Organik materyallerin gerek toprak gerekse de yetiştiricilikte kullanılması organik maddenin, içerisindeki karbon ve azotun tekrar bitki tarafından alınması, dönüştürülmesini sağlayacaktır.

Bununla birlikte tezin içerisinde geçen literatür özetleri incelenecek olursa organik gübreler toprakların fiziksel kimyaya ve biyolojik özelliklerinin düzeltilmesini sağlamakla kalmaz toprak içerisindeki dinamiklerin tekrar etkileşime geçmesini sağlar. Gerek toprakta gerekse de saksı ortamında katılan organik gübreler fiziksel özelliklerin düzeltilmesini sağlayarak ortamın su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Su alımının artması ile bitkinin köklerinden aldığı besin elementinin bitki tarafından daha fazla alımı gerçekleşmektedir. Çalışmada organik gübrelerin katılması ile bitki yapraklarında makro ve mikro besin elementlerinin konsantrasyonlarını farklı şekilde arttığı belirlenmiştir. En yüksek N konsantrasyonu %2.31 ile mantar kompostunun %20 uygulamasında, en yüksek P konsantrasyonu mantar kompostu ve vermikompost

uygulamasında, en yüksek K konsantrasyonunu %2.12 ile kekik kompostunda gerçekleştirmiştir. Aynı şekilde mikro elementlerde en yüksek değerler organik gübrelerin uygulamasında gerçeklemiştir.

Bu tez çalışmasında farklı organik gübrelerin süs lahanası bitki gelişiminde pozitif etki yaptığı ve bitki besin elementi konsantrasyonu açısından bakıldığında kontrole göre daha fazla alım gerçekleştiği tespit edilmiştir. Organik gübrelerin bertaraf edilmesinde ziyade toprağa karıştırılarak farklı türlerdeki bitkilerin gelişim ortamlarınları karışım harcı olarak katılma potansiyelleri bu tez çalışmasında tespit edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Açıkbaş, B., Bellitürk, K., 2016. Vermikompostun Trakya İlkeren/5bb aşı kombinasyonundaki asma fidanlarının bitki besin elementi içeriklerine etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2016: 13 (04).
- Atabeyoğlu, Ö. ve Bilge, G., 2019. Corylus türlerinin peyzaj tasarım çalışmalarında kullanılabilirliği. Akademik Ziraat Dergisi, 8(Özel sayı): 145-156.
- Atalay, Y., 2007. Ekolojik Tarımda Farklı Gübre Uygulamaları ile Yetiştirilen Bazı Sebze Bitkilerinin Mineral Madde İçeriklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. Kütahya. 57s.
- Carter, K., 2003. Ornamental kale. Center for Landscape and Urban Horticulture. University of California Cooperative Extension Central Coast & South Region, 4p.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yaşın, S., 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(1):56-69.
- Dönmez, F., 1989. Değişik Azotlu Gübrelerin Marul ve Turfanda Karpuzlarda Verim ve Kaliteye Etkileri ve Bu Gübrelerin Topraktan Yıkanma Durumları. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Adana.
- Farahani, M., Naderi, R. ve Mazhari, M., 2015. Phytoremediation of Cd contaminated soils by ornamental cabbage (*Brassica oleracea*) species. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 7(2), 150-155
- Hatipoğlu, A. ve Gülgün B., 1999. Tek ve Çok Yıllık Mevsimlik Çiçekler, Yayın Yeri:KENT MATBAASI, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:207.
- Hernandez, A., Castillo, H., Ojedal, D., Arras, A., Lopez, J., Sanchez, E., 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. Chilean Journal Of Agricultural Research 70(4):583-589 (October-December 2010).
- Hınıslı, N., 2014. Vermikompost Gübresinin Kıvırcık Bitkisinin Gelişmesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ve Diğer Bazı Organik Kaynaklı Gübrelerle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimleri ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Tekirdağ. s.50
- Kartal, H., 2023. Meyve Suyu Sanayisi Atıklarından Elde Edilen Kompostun Sebze Tarımında Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi (Tez no 783845). [Doktora tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü.

- Kishimoto, K., Maeda, H., Haketa, T. ve Oyama Okubo, N., 2014. Odor components and the control of odor development in ornamental cabbage. The Japanese Society for Horticultural Science, 83(3): 252-258.
- Kösa, S., 2019. Antalya Kaleiçi sokaklarının bitki materyali ve bitkisel tasarım açısından değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(1): 63-75.
- Kurtar, E. S., Ayan, A.K., 2004. Organik Tarım ve Türkiye'deki Durumu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1):56-64 J. of Fac. of. Agric., OMU, 19(1):56-64.
- Kusznierewicz, B., Baczek-Kwinta, R., Bartoszek, A., Piekarska, A., Huk, A., Manikkowska, A., Antonkiewicz, J., Namiesnik, J. ve Konieczka, P., 2012. The dose-dependent influence of zinc and cadmium contamination of soil on their uptake and glucosinolate content in white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata F. alba). Environmental Toxicology and Chemistry, 31(11), 2482-2489.
- Maltaş, A. Ş., Tavalı, İ. E., Uz, İ., Kaplan, M. 2017. Kırmızı Baş Lahana (*Brassica Oleracea* var. *Capitata* F. *rubra*) Yetiştiriciliğinde Vermikompost Uygulaması. Mediterranean Agricultural Sciences 30(2): 155-161.
- Onat, İ. (2012). İstanbul Kenti Kamusal Yeşil Alan Düzenlemelerinde Mevsimlik Çiçek ve Soğanlı Bitki Uygulamalarının İrdelenmesi. Bahçeşehir Üniversitesi, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı, 156s., İstanbul.
- Peyvast, G.H., Olfatı, J.A., Madenı, S., Forghanı, A., 2008. Effect of vermicompost on the growth and yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.6(1):110-113
- Polat, E., Sönmez, S., Demir, H., Kaplan, M., 2001. Farklı organik gübre uygulamalarının marulda verim, kalite ve bitki besin maddeleri alımına etkileri Türkiye 2.Ekolojik Tarım Sempozyumu, 14-16 Kasım, 2001, Antalya. Sayfa, 69-77.
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A., 2020. Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. Agronomy 10, 1838.
- Sinha, P., Dube, B.K., Srivastava, P. ve Chatterjee, C., 2006. Alteration in uptake and translocation of essential nutrients in cabbage by excess lead. Chemosphere, 65, 651 – 656.
- Erşahin, Y., 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2), 99-107.
- Tavalı, İ. E., Maltaş, A. Ş., Uz, İ., Kaplan, M., 2014. Vermikompostun beyaz baş lahananın (*Brassica oleracea* Var. Alba) verim, kalite ve mineral beslenme

durumu üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1): 61-67.

Ünlü, H., 2008. Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre Ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim, Kalite Ve Bitki Besin Maddeleri Alımına Etkileri. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Isparta. 153s.

Yalçın, M., Çimrin, K. M., 2019. Şanlıurfa-Siverek'te yaygın toprak gruplarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(1), 1-13.

Yazıcı, K., 2017. Kentiçi Yol Bitkilendirmelerinin Fonksiyonel-Estetik Açıdan Değerlendirilmesi ve Mevcut Bitkisel Tasarımların İncelenmesi: Tokat Örneği. Ziraat Mühendisliği, (364), 30-39.

Zhu, P., Tian, Z., Pan, Z. ve Feng, X., 2017. Identification and quantification of anthocyanins in different coloured cultivars of ornamental kale (Brassica oleracea L. var. acephala DC). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 93(5): 466-473.