

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARPADA FARKLI DOZLARDA VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ
VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Nihal Ceren ALICI SUNGUR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARPADA FARKLI DOZLARDA VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nihal Ceren ALICI SUNGUR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayten NAMLI

Vermikompost kullanımı sürdürülebilir tarım uygulamaları için önemli parametrelerden olan toprak organik maddesi ve toprak mikrobiyal canlılığını arttırmak üzere kullanılacak en etkili yollardan biridir. Bu çalışmanın amacı, arpa (*Hordeum vulgare L.*) ekim alanı, arpa üretimi ve arpa tüketiminde dünyada önemli ülkeler arasında yer alan ülkemizde arpa yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelerle birlikte yapılacak vermikompost uygulamalarının arpa verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmada arpada verim ve kalite parametreleri yanında bazı toprak kimyasal ve biyolojik özellikleri de incelenmiştir. Çalışma Ekim 2021-Temmuz 2022 tarihleri arasında tarla denemesi olarak yürütülmüştür. Kurulan tarla denemesinde arpa yetiştiriciliğinde gerekli toplam azot (N) miktarı hesabı üzerinden azalan dozlarda kimyasal gübre (%100, %75, %50 ve 0) ile artan dozlarda vermikompost (0, %25, %50 ve %100) uygulamaları yapılmıştır. Tarla denemesinden elde edilen sonuçlara göre arpada verim parametrelerinden, bitki boyu, bitki sap kalınlığı, başakta tane sayısı ve toplam tane ağırlığı için en iyi sonuçlar kimyasal gübrenin %50 azaltılarak vermikompostun %50 oranında kullanıldığı uygulamadan elde edilmiştir. Arpa kalite parametrelerinden tane azot ve protein içeriği yine aynı uygulama sonucunda en yüksek değerine ulaşmıştır. Yapılan çalışmada kontrollü üretilmiş ve taze kullanımına dikkat edilmiş vermikompost kimyasal gübre kullanım dozunu azaltmakla birlikte iyi bir toprak düzenleyici görevi görmüş bu da arpada verim ve kalite parametreleri açısından önemli düzeyde artış sağlamıştır. Toprak analiz sonuçlarına bakıldığında vermikompost uygulamaları toprak kimyasal özelliklerinden toplam azot ve ekstrakte edilebilir potasyum miktarını arttırmıştır. Vermikompost uygulamalarının toprak biyolojik özelliklerinden toprak mikroorganizmalarının aktivitesinin göstergesi olan toprak solunumu ve mikrobiyal biyokütle karbonu üzerinde de olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

Ocak 2024, 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, arpa, verim, kalite parametreleri, sürdürülebilir tarım

ABSTRACT

Master Thesis

RESEARCHING THE EFFECTS OF DIFFERENT DOSES VERMICOMPOST APPLICATIONS ON YIELD AND QUALITY PARAMETERS OF BARLEY

Nihal Ceren ALICI SUNGUR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Ayten NAMLI

Vermicompost use is one of the most effective ways to increase soil organic matter and soil microbial viability, which are important parameters for sustainable agricultural practices. The aim of this study was to investigate the effects of vermicompost applications together with chemical fertilizers on barley yield and quality parameters in barley cultivation in our country, which is among the important countries in the world in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivation area, barley production and barley consumption. In addition to yield and quality parameters of barley, some soil chemical and biological properties were also investigated. The study was conducted as a field trial between October 2021 and July 2022. In the field trial, decreasing doses of chemical fertilizer (100%, 75%, 50% and 0%) and increasing doses of vermicompost (0%, 25%, 50% and 100%) were applied based on the total nitrogen (N) amount required for barley cultivation. According to the results obtained from the field trial, the best results for barley yield parameters such as plant height, plant stem thickness, number of grains per spike and total grain weight were obtained from the application in which chemical fertilizer was reduced by 50% and vermicompost was used 50%. Grain nitrogen and protein content, which are barley quality parameters, reached the highest value as a result of the same application. In this study, vermicompost, which was produced in a controlled manner and fresh use was paid attention to, reduced the dose of chemical fertilizer use and served as a good soil regulator, which provided a significant increase in terms of yield and quality parameters in barley. When the soil analysis results were analyzed, vermicompost applications increased the total nitrogen and extractable potassium content of soil chemical properties. Vermicompost applications also had positive effects on soil respiration and microbial biomass carbon, which are indicators of the activity of soil microorganisms among soil biological properties.

January 2024, 72 pages

Keywords: Vermicompost, barley, yield, quality parameters, sustainable agriculture

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başladığım günden itibaren her türlü desteği benden esirgemeyen ve tüm süreç boyunca beni hep ileriye taşıyan, yürüdüğüm yolda önümü aydınlatan danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayten NAMLI' ya teşekkürü borç bilirim.

Tarla denemesi boyunca yardımlarıyla en büyük özveriyi gösteren, deneme sonuçlarını en doğru şekilde alabilmek için gösterdiği tüm hassasiyet ve bitmeyen hoşgörüsü için kıymetli babam Ömer ALICI' ya sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmanın laboratuvar analizleri ve yazım aşamasında yardımlarıyla hayatımı kolaylaştıran Seher KIZICI' ya teşekkür ederim.

Ve hayatın her alanında, her zaman en büyük destekçim olan eşim Burak SUNGUR' a teşekkür ederim.

Nihal Ceren ALICI SUNGUR

Ankara, Ocak 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1 Materyal	11
3.1.1 Denemede kullanılan bitki	11
3.1.2 Denemede kullanılan kimyasal gübreler	12
3.1.3 Denemede kullanılan vermikompost	12
3.1.4 Deneme alanının toprak ve iklim özellikleri	16
3.2 Yöntem	17
3.2.1 Denemenin kurulması	17
3.2.2 Denemenin yürütülmesi	20
3.2.3 Bitki analiz yöntemleri	25
3.2.4 Toprak analiz yöntemleri	26
3.2.5 Vermikompost analiz yöntemleri	27
3.2.6 İstatistik analiz yöntemleri	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	28
4.1 Bitki Analiz Sonuçları	28
4.1.1 Uygulamaların çıkışa kadar geçen gün sayısına etkisi	28
4.1.2 Uygulamaların bitki sap uzunluğuna etkisi	28
4.1.3 Uygulamaların bitki başak uzunluğuna etkisi	30
4.1.4 Uygulamaların bitki boyuna etkisi	31

4.1.5 Uygulamaların bitki sap kalınlığına etkisi	33
4.1.6 Uygulamaların başakta tane sayısına etkisi	35
4.1.7 Uygulamaların bin tane ağırlığına etkisi	36
4.1.8 Uygulamaların toplam tane ağırlığına etkisi	38
4.1.9 Uygulamaların tane azot içeriğine etkisi	39
4.1.10 Uygulamaların tane ham protein oranına etkisi	41
4.1.11 Uygulamaların sap azot içeriğine etkisi	42
4.2 Toprak Kimyasal Analiz Sonuçları	44
4.2.1 Uygulamaların toprak nemine etkisi	44
4.2.2 Uygulamaların toprak reaksiyonuna (pH) etkisi	45
4.2.3 Uygulamaların toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine (EC) etkisi	47
4.2.4 Uygulamaların toprak kirecine (CaCO ₃) etkisi	48
4.2.5 Uygulamaların toprak organik maddesine etkisi	50
4.2.6 Uygulamaların toprakta toplam azot (N) içeriğine etkisi	51
4.2.7 Uygulamaların toprakta alınabilir fosfor (P ₂ O ₅) içeriğine etkisi	53
4.2.8 Uygulamaların toprakta ekstrakte edilebilir potasyum (K ₂ O) içeriğine etkisi	54
4.3 Toprak Biyolojik Analiz Sonuçları	56
4.3.1 Uygulamaların toprak solunumuna (CO ₂ çıkışı) etkisi	56
4.3.2 Uygulamaların toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna (MBC) etkisi	58
4.3.3 Uygulamaların biyolojik indekse etkisi	60
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	63
5.1 Değerlendirme	63
5.2 Öneriler	65
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

N	Azot
da	Dekar
dS	DesiSiemens
EC	Elektriksel iletkenlik
P	Fosfor
P ₂ O ₅	Fosfor pentaoksit
g	Gram
ha	Hektar
pH	Hidrojen iyon derişimi
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CO ₂	Karbondioksit
kg	Kilogram
SO ₃	Kükürt trioksit
Mg	Magnezyum
m	Metre
m ²	Metrekare
µm	Mikrometre
mg	Miligram
mm	Milimetre
M	Molarite
N	Normalite
K	Potasyum
K ₂ O	Potasyum oksit
h	Saat
°C	Santigrad derece
cm	Santimetre

Kısaltmalar

K	Kontrol
KG	Kimyasal Gübre
AKGV1	Azaltılmış Kimyasal Gübre (%75)+Vermikompost (%25) 1
AKGV2	Azaltılmış Kimyasal Gübre (%50)+Vermikompost (%50) 2
V	Vermikompost
Cmic	Mikrobiyal biyokütle
MBC	Mikrobiyal biyokütle karbonu
SIR	Substrate induced respiration
BSR	Bazal toprak solunumu
qCO ₂	Metabolik bölüm
TİGEM	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
ME	Mikro element
DBS	Sindirilmiş biyogaz çamuru
OFMSW	Şehirlerde üretilen organik belediye katı atıkları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Denemede kullanılan bitki materyali	11
Şekil 3.2 Denemede kullanılan kimyasal gübreler	12
Şekil 3.3 <i>Eisenia fetida</i>	13
Şekil 3.4 Denemede kullanılan vermikompostun üretimi	14
Şekil 3.5 Denemede kullanılan vermikompostun hazırlanması	14
Şekil 3.6 Denemede kullanılan vermikompost materyali	15
Şekil 3.7 Denemede kullanılan vermikompost çayının hazırlanması	16
Şekil 3.8 Deneme alanı	16
Şekil 3.9 Denemenin kurulması	18
Şekil 3.10 Deneme deseni	18
Şekil 3.11 Deneme alanı Ekim 2021	20
Şekil 3.12 Deneme alanı Aralık 2021	21
Şekil 3.13 Deneme alanında zirai don	21
Şekil 3.14 Deneme alanında üst gübreleme	22
Şekil 3.15 Deneme alanı Nisan 2022	22
Şekil 3.16 Deneme alanında ot mücadelesi	23
Şekil 3.17 Deneme alanı Mayıs 2022	23
Şekil 3.18 Deneme alanı Haziran 2022	24
Şekil 3.19 Deneme alanı Temmuz 2022	24
Şekil 4.1 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap uzunluğuna etkisi	29
Şekil 4.2 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak uzunluğuna etkisi	31
Şekil 4.3 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bitki boyuna etkisi	32
Şekil 4.4 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap kalınlığına etkisi	34
Şekil 4.5 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak tane sayısına etkisi	35
Şekil 4.6 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bin tane ağırlığına etkisi	37

Şekil 4.7 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada toplam tane ağırlığına etkisi	39
Şekil 4.8 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada tane azot içeriğine etkisi	40
Şekil 4.9 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada tane ham protein oranına etkisi	42
Şekil 4.10 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap azot içeriğine etkisi	43
Şekil 4.11 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak nemine etkisi	45
Şekil 4.12 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak reaksiyonuna (pH) etkisi	46
Şekil 4.13 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine (EC) etkisi	48
Şekil 4.14 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak kirecine (CaCO_3) etkisi	49
Şekil 4.15 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak organik maddesine etkisi	51
Şekil 4.16 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta toplam azot (N) içeriğine etkisi	52
Şekil 4.17 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta alınabilir fosfor (P_2O_5) içeriğine etkisi	54
Şekil 4.18 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta ekstrakte edilebilir potasyum (K_2O) içeriğine etkisi	55
Şekil 4.19 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak solunumuna (CO_2 çıkışı) etkisi	57
Şekil 4.20 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna (MBC) etkisi	60
Şekil 4.21 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının biyolojik indekse etkisi	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan vermikompost materyalinin özellikleri	15
Çizelge 3.2 Deneme alanının toprak özellikleri	17
Çizelge 4.1 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap uzunluğuna etkisi	29
Çizelge 4.2 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak uzunluğuna etkisi	30
Çizelge 4.3 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bitki boyuna etkisi	32
Çizelge 4.4 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap kalınlığına etkisi	33
Çizelge 4.5 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak tane sayısına etkisi	35
Çizelge 4.6 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bin tane ağırlığına etkisi	37
Çizelge 4.7 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada toplam tane ağırlığına etkisi	38
Çizelge 4.8 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada tane azot içeriğine etkisi	40
Çizelge 4.9 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada tane ham protein oranına etkisi	41
Çizelge 4.10 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap azot içeriğine etkisi	43
Çizelge 4.11 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak nemine etkisi	44
Çizelge 4.12 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak reaksiyonuna (pH) etkisi	46
Çizelge 4.13 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine (EC) etkisi	47
Çizelge 4.14 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak kirecine etkisi	49
Çizelge 4.15 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak organik maddesine etkisi	50
Çizelge 4.16 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta toplam azot (N) içeriğine etkisi	52
Çizelge 4.17 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta alınabilir fosfor (P_2O_5) içeriğine etkisi	53

Çizelge 4.18 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta ekstrakte edilebilir potasyum (K ₂ O) içeriğine etkisi	55
Çizelge 4.19 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak solunumuna (CO ₂ çıkışı) etkisi	57
Çizelge 4.20 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna (MBC) etkisi.....	59
Çizelge 4.21 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının biyolojik indekse etkisi	62



1. GİRİŞ

Arpa, dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen, çok yönlü bir tahıl türüdür. Bu tahılın yetiştirilme kabiliyeti, sert iklim koşullarına ve farklı toprak tiplerine uyum sağlayabilme yeteneği sayesinde oldukça etkileyicidir. Arpa, tarımın çeşitli alanlarında büyük öneme sahiptir ve özellikle hayvancılık, malt üretimi ve ticaret sektörlerinde temel ham madde girdilerinden biri olarak kullanılır. Dünyada üretim sıralamasına bakıldığında ilk başta buğday gelmekte olup, onu çeltik ve mısır takip etmekte, arpa 4. sırada yer almaktadır. Ülkemizde ise buğdaydan sonra en fazla üretimi yapılan bitki arpadır (Anonim, 2021).

Soğuğa ve sıcağa dayanıklı bir tahıl türü olan arpa, hayvan yetiştiriciliği, malt sanayisi ve ticaret için önemli bir üründür. Ülkemizde en çok üretilen ikinci tahıl olan arpanın ekim alanlarında son yıllarda önemli bir artış görülmüştür. Konya, arpa üretiminde öncü bir konumda bulunurken, Ankara ve Şanlıurfa da önemli üretim merkezleridir. Arpa üretimi, hayvan yemi ve malt sanayisi için kullanılan bu tahılın talebinin artmasıyla birlikte artış göstermektedir (Anonim, 2021). 2019 yılında arpa ekim alanları 2018 yılına göre %9.8 artış göstererek 28.7 milyon dekara ulaşmıştır (Anonim, 2021).

Arpa, ülkemizin en önemli tarım ürünlerinden biri olup, hayvan yemi olarak büyük bir kullanım alanına sahiptir. Ülkemizde üretilen arpanın %95' i hayvan yemi olarak kullanılmakta veya yem sanayinde enerji kaynağı olarak karma yem üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, arpa malt sanayisinde de önemli bir ham madde olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, arpa tarımı ülkemizde tarımsal üretimin önemli bir bileşeni olarak kabul edilir.

Dünya genelinde tarımsal üretimde sürdürülebilirlik önemli bir kavram haline gelirken, vermikültür ve vermikompostlama gibi yöntemler organik atıkların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Vermikompost, organik atıkların solucanlar tarafından işlenmesiyle elde edilen değerli bir üründür. Bu yöntem, toprak kalitesini artırır, bitki besin maddelerini sağlar ve sürdürülebilir tarım için önemli bir rol oynar (Erşahin, 2007; Eker, 2006).

Vermikültür ve vermikompostlama gibi sürdürülebilir tarım yöntemleri, son yıllarda oldukça ilgi görmektedir (Alagöz vd. 2006). Bu yöntemler, organik atıkların solucanlar aracılığıyla işlenmesini içerir. Vermikompost, organik atıkların hızlı bir şekilde ayrıştırılması ve yüksek kaliteli bir kompost ürününün elde edilmesini sağlar. Bu kompost, toprak kalitesini artırır, bitkilere gerekli besin maddelerini sağlar ve aynı zamanda çevre dostu bir atık yönetimi yöntemi olarak da kabul edilir (Erşahin, 2007; Eker, 2006; Namlı vd. 2016). Kompostlama ve vermikompostlama teknikleri organik atıkların biyolojik dengesinin sağlanmasında en iyi bilinen iki süreçtir. Kompostlama sürecinde mikroorganizmalar organik maddeyi kontrollü koşullar altında parçalarken, toprak solucanları ve solucan gübresi içindeki mikroorganizmaların ortak faaliyetleri ortaya çıkan organik maddenin biyoksidasyonunu sağlar. Vermikompostu özel kılan bir diğer nokta da bozunmanın mezofilik olmasıdır. Vermikompost ürünlerinin mikrobiyal aktiviteyi ve çeşitliliği artırmasının ana nedeni budur (Fracchia vd. 2006). Vermikompost ürünlerinin toprak yapısı ve mikrobiyal aktivite üzerindeki etkileri moleküler teknikler ve spesifik enzim aktiviteleri ile belirlenmektedir (Garcia vd. 1993, Fracchia vd. 2006). Vermikompost ürünleri bakteri, aktinomiset ve mantarların mikrobiyal aktiviteleri açısından diğer organik gübrelerden üstündür (Huang vd. 2013, Emperor ve Kumar, 2015). Başlangıçta düşük bakteri, mantar ve aktinomiset popülasyonuna sahip olan organik madde, vermikompostlamanın uygulanmasından sonra mikrobiyal aktivite faaliyetleri açısından zenginleşir (Esakkiammal vd. 2015).

Arpa tarımında vermikompost kullanımı, toprak düzenlemesi sağlayarak toprak kalitesini artırır ve bitkinin iklim değişikliklerine daha dirençli hale gelmesine katkı sağlayabilir. Bu, zorlu iklim koşullarına sahip bölgelerde bile daha yüksek verim elde etme olanağı sunar (Köksal vd. 2017).

Vermikompost, nitrat, fosfat, çözülebilir kalsiyum ve potasyum gibi bitkilerin büyümesi için gerekli olan besin maddelerini içerir. Ayrıca, mikroorganizmalar tarafından üretilen bitki büyümesini teşvik edici hormonları da barındırır (Joshi ve Pal Vig, 2010). Peyvast ve arkadaşlarının (2007) vermikompost uygulaması ile yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, vermikompostlar bitkilerin büyümeleri için gerekli olan bitki besin elementlerini karşılamada önemli olup, bitkiler tarafından alımını artırmaktadırlar (Peyvast ve

arkadaşlarının, 2007). Bu sayede arpa üretimi daha sağlıklı ve verimli hale gelir, aynı zamanda çevreye duyarlı bir tarım uygulaması olarak önem kazanır.

Sonuç olarak, arpa tarımı ülkemizde ve dünya genelinde önemli bir yere sahiptir. Vermikompost gibi sürdürülebilir tarım yöntemleri, bu alanda verimliliği artırabilir ve tarım alanlarının kalitesini iyileştirebilir. Arpa tarımında vermikompostun kullanılması, toprak verimliliğini artırabilir ve bitkilerin hastalıklara ve iklim değişikliklerine karşı daha dayanıklı olmalarına yardımcı olabilir. Bu da daha yüksek verimlilik ve kaliteli ürünler elde edilmesini sağlar.

Arpa tarımında vermikompostun kullanılması, toprak verimliliğini artırabilir ve bitkilerin hastalıklara ve iklim değişikliklerine karşı daha dayanıklı olmalarına yardımcı olabilir. Bu da daha yüksek verimlilik ve kaliteli ürünler elde edilmesini sağlar. Arpa tarımı ülkemizde ve dünya genelinde büyük öneme sahip olan bir tarım faaliyetidir. Sürdürülebilir tarım yöntemleri, bu sektörde verimliliği artırabilir ve tarım alanlarının uzun vadede daha sağlıklı ve üretken olmasına katkı sağlayabilir.

Yıllık milyon tonlarla ifade edilen miktarlarda ortaya çıkan ve tarım açısından oldukça önemli bir organik madde kaynağı olan sığır gübresinin vermikompost üretiminde ana girdi olarak kullanılması hem atık yönetimi açısından hem de bu organik yönden zengin olan materyalin tarım alanlarına dönmesi açısından önem arz etmektedir. Son yıllarda giderek zorlaşan toprak ve iklim şartlarından dolayı çiftçilerin yöneldiği arpa tarımında toprak düzenleyici olarak ilave edilecek olan vermikompostun sahip olduğu özellikler nedeniyle verim ve kalite üzerine olumlu etkileri olacağı ön görülmektedir. Türkiye' nin en yüksek arpa tarımı verilerine sahip ikinci ili olan Ankara' da yürütülen bu çalışmada biyolojik olarak oldukça aktif olduğu değerlendirilen vermikompost ilavesinin toprak yönünden giderek kalitesizleşen tarım alanlarını iyileştirebileceği, farklı koşullara adaptasyonu oldukça yüksek olan arpa tarımını bile zora sokan iklim şartlarına karşı bitkiyi daha dirençli hale getirebileceği, böylece kısıtlı tarım alanlarından daha fazla verim alınarak bölge çiftçisi için de ekonomik iyileşme sağlayabileceği düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toor vd (2024), solucan gübresinin marul rizosferinin biyolojik ve mikrobiyal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada dört farklı dozda vermikompostun (%0, %1, %2 ve %4 vermikompost) Batavia marulu gelişimi ve bazı özellikleri üzerine etkileri ortaya konulmuştur. Solucan gübresi uygulamasının marul bitkilerindeki klorofil içeriğini önemli ölçüde arttırdığı, kontrole kıyasla %1 vermikompost uygulaması ile bitkilerde en yüksek klorofil içeriğinin gözlemlendiği, bitki boyu ve yaş ağırlığının %2 vermikompost uygulanmış bitkilerde en yüksek düzeyde olduğu bunun da vermikompostun bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkisini gösterdiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Ek olarak vermikompost uygulaması bitkinin kuru ağırlığını artırmış, toprak reaksiyonu, organik madde içeriği ve mikrobiyal aktivite gibi toprak özelliklerini iyileştirmiştir. Bulgular, vermikompostun rizosferin mikrobiyal biyokütlesini ve metabolik aktivitesini arttırdığını, bunun da bitki büyümesi ve hastalıkların bastırılması için faydalı olabileceğini göstermiştir.

Katiyar vd. (2023), vermikompostun tarımsal atıklar ve sindirilmiş biyogaz çamuru (DBS) yönetimindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, *Eisenia fetida* ve *Eugilius euganiae* solucan türlerinin, tarımsal atıklar ve DBS üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre, vermikompostun biber ve patlıcan verimini artırdığı ve toprak özelliklerini iyileştiren çevre dostu bir toprak düzenleyici olduğunun önemini vurgulamışlardır.

Ducasse vd. (2022), çalışmalarında şehirlerde üretilen organik belediye katı atıklarının (OFMSW) vermikompost yöntemiyle tarım için nasıl bir kaynak olarak kullanılabileceğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, vermikompostun yüksek organik karbon içeriği ve gübre potansiyeli ile OFMSW için etkili bir geri dönüşüm yöntemi olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, vermikompostun bitki büyümesi üzerinde komposttan daha iyi etkileri olduğunu ve toprakta karbon depolama, su tutma kapasitesi ve biyolojik aktiviteyi artırdığını raporlamışlardır.

Shen vd. (2022), gerçekleştirdikleri tarla denemesinde vermikompost uygulamasının toprağın organik karbon, azot ve fosfor içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, vermikompost uygulama dozu arttıkça, arpanın tane verimi ve toplam biyokütlesi artmıştır.

Shen vd. (2022), çalışmalarında Çin' in doğu kıyısında bulunan, çamurlu tuzdan etkilenmiş topraklarda vermikompost kullanımının arpa büyümesi ve ağır metal birikimi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Vermikompost uygulamasının, toprağın hacim yoğunluğunu ve elektrik iletkenliğini düşürürken, organik karbon, azot ve fosfor seviyelerini arttırdığını ve vermikompost miktarının artmasıyla arpa verimi ve biyokütle artarken, ağır metal konsantrasyonlarını da yükselttiğini bildirmişlerdir.

Khalifa vd. (2022), farklı organik toprak düzenleyicilerin, toprak özelliklerine ve arpa verimine etkisini tarla denemesi ile araştırmışlardır. Çalışma sonucunda vermikompost uygulaması, kompost ve kontrol uygulamalarına kıyasla toprağın tuzluluk oranını, değişebilir sodyum oranını ve sıklıkliğini sırasıyla %5.67, %5.44 ve %2.21 oranında azaltırken; toprağın organik karbon içeriğini ve kullanılabilir azot miktarını ise sırasıyla %43 ve %75 oranında arttırmıştır. Ayrıca, arpanın tane verimi her iki yetiştirme sezonunda %13.2 ve %14.9 oranında yükselmiştir.

Dizikisa vd. (2022), farklı toprak örnekleri ile gerçekleştirdikleri sera denemesinde, vermikompost uygulamasının mısır bitkisinin gelişimi ve makro element içeriğine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada vermikompost uygulamalarının, bitkinin azot, sodyum, potasyum ve magnezyum alımını arttırıcı yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Kumar vd. (2022), Hindistan'da arpa üretiminin azalmasına yönelik olarak, çeşitli gübreleme stratejilerinin arpanın besin alımı ve toprak özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla farklı gübre kombinasyonlarını (azot gübresi, biyomiks ve vermikompost) test etmişlerdir. Çalışma bulgularına göre, azot ve mikrobiyal gübre katkılı vermikompost (5 ton ha⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalara göre azot ve potasyum alımını maksimize ettiği ve üründe potasyum içeriğini arttırdığını raporlamışlardır.

Martinez vd. (2022), dört farklı organik madde (çim kırıntıları, deniz yosunu, tavuk dışkısı ve bozulmamış toprak) kullanarak ürettikleri vermikompostun, bitki gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek üzere saksı denemesi yürütmüşlerdir. Toprağın Ca, N, C ve pH değerini en fazla arttıran uygulamanın deniz yosununun substrat olarak kullanıldığı vermikompost olduğunu analiz etmişlerdir. Çalışmanın diğer aşamasında, çeşitli vermikompost uygulamalarının çimlenme oranını arttırıcı yönde etkisi olduğunu ve arpa için tavuk dışkısının substrat olarak kullanıldığı vermikompost uygulamasında en fazla büyümeye ulaştığını bildirmişlerdir.

Singh vd. (2022), mısır ile yürüttükleri tarla denemesinde, karma gübreleme yöntemlerinin bitki büyümesi ve verim üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymuşlardır. %50 NPK, çiftlik gübresi ve %25 vermikompost kombinasyonunun diğer uygulamalara kıyasla bitki gelişimi ve ürün veriminde belirgin artış sağladığını bildirmişlerdir.

Bezabeh vd. (2022), çalışmalarında çeşitli kompost uygulamalarının buğday üretimindeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Gübreleme rejimi olarak, geleneksel kompost, vermikompost ve yararlı mikroorganizmalar içeren kompostun kombinasyonları belirlenmiştir. Yalnızca kimyasal gübreleme uygulanan parsellere kıyasla tüm organik uygulamaların buğday verimini arttırıcı yönde etkilediğini ve verimi en fazla arttıran uygulamanın vermikompost ve yararlı mikroorganizmalar içeren kompostun birlikte uygulandığı parsellerde olduğunu raporlamışlardır.

Eid vd. (2022), çalışmalarında arpa bitkisinin büyüme ve besin alımı üzerine üç farklı organik gübreleme yönteminin etkisini incelemişlerdir. Organik gübreler arasında kompost, kümes hayvanları gübresi ve vermikompost; inorganik gübreler arasında ise azot, fosfor ve potasyum fiksasyonunu sağlayan bakteriyel inokülanları ile gerçekleştirdikleri denemede, arpa bitkisinin boyu, ağırlığı ve başak ağırlığı gibi büyüme parametrelerini iyileştiren uygulamaların vermikompost ve kümes hayvanları gübresi olduğu sonucuna varmışlardır.

Yatoo vd. (2021), derleme çalışmalarında tarımda yoğun olarak kullanılan inorganik gübrelerin ve pestisitlerin toprakta oluşturdukları problemlere karşı vermikompost ve

vermikompost çayı gibi çevre dostu alternatiflerin kullanımının önemini vurgulamışlardır. Vermikompostun ve vermikompost çayının bitki büyümesini ve verimini artırarak hastalık ve zararlıları sürdürülebilir bir şekilde baskıladığını ve insan sağlığı ile çevreyi koruduğu vurgulanıp, bitki hastalıklarını ve zararlıları yönetmede potansiyel taşıdığını ve bu ürünlerin kimyasal pestisitlerin yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Aktaş ve Yüksel (2020), vermikompostun farklı tekstürlere sahip topraklarda oluşturduğu değişimleri araştırmak amacıyla saksı denemesi yürütmüşlerdir. Araştırma, vermikompostun toprakların kimyasal özelliklerinde, özellikle organik madde içeriği, pH, elektriksel iletkenlik ve kation değişim kapasitesinde önemli değişikliklere yol açtığını ortaya koymuştur. Ayrıca, vermikompostun toprakların fiziksel yapısını iyileştirdiği, toprak agregat stabilitesini artırarak yoğunluğunu düşürdüğü belirlenmiştir.

Chala vd. (2020), Etiyopya'da yürüttükleri üç yıllık bir tarla denemesinde, organik gübre uygulamalarının arpanın büyümesi ve verimine olan etkilerini incelemişlerdir. Uygulamalar arasında yarı vermikompost ve yarı N ve P gübresi uygulamasının, Nitisol topraklarda diğer uygulamalara göre toprak besin içeriğini ve arpa verimini en fazla arttıran uygulama olduğunu bildirmişlerdir.

Günhan (2020) tarafından yürütülen çalışmada, denemenin ana parsellerine N' lu gübre dozları %100, %50, %25 ve %0 olarak düzenlenmiş, yarısı ekim sırasında, kalanı da sapa kalkma döneminde uygulanmıştır. Alt parsellerde ise solucan gübresi dozları dikkatlice seçilmiş ve 0:50:100:150:200 kg da⁻¹ olarak ekimle birlikte uygulanmıştır. Bu çalışma, buğday bitkisinin bir dizi önemli özelliğini ayrıntılı bir şekilde gözlemlemiştir. Çalışmada, buğday bitkisinin üzerindeki kimyasal azot ve solucan gübresi dozlarının etkisi titizlikle incelenmiştir. Ayrıca, toprak özelliklerinin de detaylı bir şekilde gözlemlendiği çalışmada toprak yapısının ağır bünyeli olduğu, pH seviyesinin orta alkalın olduğu, tuzluluk problemi olmadığı, ancak organik madde ve kireç bakımından eksik olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, fosfor içeriğinin orta düzeyde olduğu, Ca, Mg ve K içeriğinin ise çok daha fazla olduğu vurgulanmıştır. Sonuçlar dikkatlice incelendiğinde, solucan gübresi dozlarının artmasıyla birlikte başakta tane sayısı ve başakta tane

ağırlığında belirgin bir artış gözlemlendiği açıkça görülmüştür. Bu bulgular, buğday tarımında solucan gübresinin sağladığı olumlu etkileri güçlü bir şekilde desteklemektedir.

Kumar vd. (2020), arpanın verim bileşenleri üzerinde mikrobiyal gübre, kimyasal gübre ve vermikompostun farklı dozları ve birleşimlerini uyguladıkları tarla denemesinde, arpa verimini en fazla arttıran uygulamanın mikrobiyal gübre, azot gübresi ve 5 ton ha⁻¹ vermikompost kombinasyonu olduğunu bildirmişlerdir.

Diğer bir çalışma olan Durukan ve ekibi (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, vermikompost ilavesinin mısır bitkisinin büyüme ve verim parametreleri üzerine etkilerini incelemiştir. Toprak analizi sonuçları, deneme toprağının siltli-killi-tın tekstürde, hafif alkaline pH' lı, kireçli, tuzluluk problemi olmayan, ancak organik madde miktarı düşük bir toprak olduğunu göstermiştir (Durukan vd. 2019). 3 tekrarlı olarak kurulan denemede temel gübreleme olarak her saksıya azot, fosfor ve potasyum uygulanmıştır. Vermikompost dozları ise %0, %10, %20, %30, %40 ve %50 olarak belirlenmiş ve ekimle birlikte parsellere uygulanmıştır. Çalışma sonuçları, vermikompostun mısır bitkisinin toprak üstü aksamını artırdığını ve bazı mikro ve makro besin elementlerinin konsantrasyonları üzerinde önemli etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur.

Tankuş (2019) tarafından yürütülen bir başka çalışma da ise vermikompostun mısır bitkisi üzerine etkileri incelenmiştir. Toprak analizi sonuçları, deneme toprağının killi tın tekstürde, hafif bazik pH' lı, kireçli, tuzluluk sorunu olmayan ancak organik madde miktarı düşük bir toprak olduğunu göstermiştir. Deneme, tesadüf parsellerine göre 4 tekrarlı olarak kurulmuş ve temel gübreleme olarak azot ve fosfor uygulanmıştır. Vermikompost dozları ise %0 ila %50 arasında değişmiştir. Çalışma sonucunda vermikompostun mısır bitkisinin boyutu, kuru ağırlığı ve besin elementi içeriği üzerine olumlu etkiler gösterdiği bildirilmiştir.

Aktaş ve Tezcan (2018), kil ve tın tekstürlü topraklara farklı miktarlarda uygulanan vermikompostun bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, tüm vermikompost uygulamalarında

organik madde, tuzluluk, katyon değişim kapasitesi, fosfor, magnezyum, bakır ve çinko düzeyleri, kontrol gruplarına kıyasla artış göstermiştir. Ayrıca, vermikompostun toprakların fiziksel yapısını iyileştirdiğı ve tınlı topraklarda pH seviyesini yükseltirken, yüksek pH seviyelerine sahip topraklarda pH' ı düşürdüğü tespit edilmiştir.

Abera vd. (2018), organik ve inorganik gübrelemenin, arpa verimi üzerine etkisini araştırmak için kurdukları tarla denemesinde sadece azot ve fosfor (NP), vermikompost, geleneksel kompost ve çiftlik gübresi ile bunların çeşitli kombinasyonlarını içeren on farklı gübreleme kullanmışlardır. Arpa üretiminde, yalnızca NP gübresinin kullanılması ve bu gübrenin %50 vermikompost ve %50 geleneksel kompost ile birleştirilmesinin, arpanın tane ve biyokütle verimini büyük ölçüde arttırdığını rapor etmişlerdir.

Yılmaz ve Kurt (2016), biyokömür ve vermikompostun toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, Ordu il merkezindeki bir bahçeden alınan toprağı sera koşullarında farklı oranlarda biyokömür ve vermikompost karışımları uygulanmıştır. Denemenin 20, 40 ve 60. gününde topraklarda mikrobiyal biyokütle, CO₂ oluşumu, dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri ölçülmüştür. Uygulamaların CO₂ çıkışı, mikrobiyal biyokütle karbonu ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri belirlenmiştir.

Kızılkaya vd. (2012), solucan gübresinin buğday (*Triticum aestivum*) verimi ve toprak ve bitkideki besin elementi üzerindeki etkileri sera denemesiyle incelenmiştir. Vermikompostlanmış ve solucan gübresi içermeyen tüm karışımlar, kontrol saksılarına kıyasla buğdayın verimi ve besin konsantrasyonları üzerinde olumlu etki göstermiştir. Solucan gübresi ile üretilen organik atık karışımları, bitki üretimi üzerinde solucan gübresi olmayan organik atık karışımlarına göre nispeten daha iyi etki göstermiştir. Vermikompostlanmış %50 arıtma çamuru + %25 fındık zürufu + %25 ahır gübresi karışımları diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında verim üzerinde en yüksek olumlu etkiyi göstermiştir.

Abul-Soud vd. (2009), çalışmalarında Mısır'daki sürdürülebilir tarımda vermikültür ve vermikompost teknolojilerinin kullanımını ele almışlardır. Araştırmada, organik atıkların

kompostlanmasında solucanların etkinliğinin önemini ve Őehirsel organik atıkların besin açısından zengin komposta dnştrlmesini incelemişlerdir. Modern vermikompostlamanın, geleneksel vermikompostlama ile karşılaştırıldığında toprağın N, P ve K içeriğini arttırdığı ve ağır metal içeriğini azalttığı vurgulanmıştır.

Kızılkaya ve Hepşen (2007) tarafından yürütülen çalışmada, buğday samanı, çay üretim atığı, tütün üretim atığı, fındık cürufu ve inek gübresinin ilave edildiği toprağa *Lumbricus terrestris* solucanının inokule edilmesinin toprağın mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir. Organik atık uygulamalarından yirmi bir gün sonra, mikrobiyal biyokütle (Cmic), bazal toprak solunumu (BSR), metabolik bölüm (qCO₂) ve enzim aktivitelerinin (dehidrojenaz, katalaz, ̢-glukosidaz, üreaz, alkalın fosfataz ve arilsülfataz) analizleri toprak numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar toprağa organik atıkların eklenmesinin, toprak ve solucan gbresindeki Cmic, BSR ve enzim aktivitelerini arttırdığını, bunun da mikroorganizmaların aktivasyonunu gösterdiğini ne sürmüşlerdir.

Ülkemizde yapılan vermikompost araştırmaları hala sınırlıdır ancak kimyasal gübrelerin yanında toprak düzenleyici olarak kullanımının tarım ürünlerinin büyüme ve verimine olumlu katkılar sağlarken kimyasal gübre kullanım dozlarını da azaltabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, vermikompostun tarım pratiği içinde daha fazla araştırılması ve kullanılması önemlidir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışma Ekim 2021-Temmuz 2022 ayları arasında Ankara ili, Şereflikoçhisar ilçesi, Kadıncık Mahallesi' nde bulunan 123/81 ada/parsel numaralı arazide tarla denemesi olarak yürütülmüştür. Çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

3.1.1 Denemede kullanılan bitki

Denemede bitki materyali olarak TİGEM sertifikalı Tarm-92 çeşidi arpa kullanılmıştır. Tarm-92 çeşidi arpa tohumu uzun başaklı, başakları iki sıralı ve kılçıklı morfolojik özellikleri ile tanınır. Kavuzlu ve beyaz danelidir. Bu arpa çeşidi ince uzun yapraklara ve 90-100 cm bitki boyuna sahiptir. Tarm-92 arpa çeşidi tarımsal özellikleri bakımından ise adaptasyon yeteneği yüksek, yatmaya ve kuraklığa dayanıklı, çinko ve bor mikro element toksisitesine toleransı yüksek, kardeşlenme sayısı yüksek, ekim nöbetinde en istikrarlı, orta-erkenci, başak kırıcılığı olmayan ve kolay harmanlanabilir bir çeşittir (Anonim, 2023). Tarm-92 çeşidi arpa taneleri ve başağı **Şekil 3.1**' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Denemede kullanılan bitki materyali

3.1.2 Denemede kullanılan kimyasal gübreler

Denemede taban gübresi olarak Gübretaş süper ekin (13.25.5+10SO₃+ME), birinci üst gübre olarak Gübretaş üre (%46 N) ve ikinci üst gübre olarak Gübretaş amonyum sülfat (%21 N) kimyasal gübreleri kullanılmıştır. Kullanılan bu kimyasal gübreler Tarım Kredi Kooperatifi'nden temin edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan kimyasal gübreler **Şekil 3.2'** de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Denemede kullanılan kimyasal gübreler

3.1.3 Denemede kullanılan vermikompost

Denemede kimyasal gübrelerin yanında taban gübresi olarak kompostlanmış sığır gübresi kaynaklı taze hasat edilmiş vermikompost ve üst gübre olarak aktif havalandırmalı vermikompost çayı üretimi tekniği ile hazırlanmış vermikompost çayı kullanılmıştır (Aydoğan ve ark., 2010).

Vermikompost üretiminde kullanılan solucan türleri; *Eisenia fetida* (**Şekil 3.3**), *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus* ve *Eudrilus eugeniae*'dir. Bu türler arasında ılıman iklim kuşağında vermikompost üretimi için en fazla tercih edilenler sırası ile *Eisenia spp.* ve *Lumbricus spp.*'dir. Bu türlerin ürettiği vermikompost materyalinin karşılaştırdığı bir çalışmada *Eisenia fetida* türünden elde edilen vermikompost ürününün toplam organik madde, C/N oranı, toplam azot (N), fosfor (P₂O₅), potasyum (K₂O) miktarları bakımından daha üstün özellikler taşıdığı bildirilmiştir (Abacıoğlu vd. 2020).



Şekil 3.3 *Eisenia fetida*

Vermikompost üretiminin ilk aşaması solucanlara verilecek mamanın hazırlanmasıdır. Mamanın doğru şekilde hazırlanması hem solucanların sağlığı hem de elde edilecek ürünün kalitesi açısından önemlidir. Hazırlanacak olan mamanın fermantasyona tabi tutulması gerekir. Fermantasyon işlemi kısaca organik materyalin ayrışmasını sağlamaktır. Temel bir fermantasyon işlemi için mümkünse tek kaynaktan alınmış ve separatörden geçirilmiş büyükbaş hayvan gübresi zeminden bulaşmayı önlemek için beton bir zeminde ya da çadır üzerinde yüksekliği 1 metreyi geçmeyecek şekilde yığın yapılır. Yığınların üzeri dışarıdan bulaşmayı ve buharlaşmayı önlemek için kapatılır. Belirli zaman aralıklarında açılıp karıştırılarak sıcaklığın eşit şekilde dağıtılması ve yığının her yerinde özelliği aynı olan kaliteli bir mama elde edilmesi sağlanır.

Kompostun hazırlanması ve mama olarak verilmesi aşamasında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu nem içeriğidir. Nem oranının mikroorganizmaların faaliyet gösterebilmesi için gerekli olan minimum seviye olan %40' ın altına düşmemesine dikkat edilmelidir. Kompostun nem içeriği %10' un altına düştüğünde mikroorganizma faaliyetlerinin tamamen durduğu bildirilmiştir (Ceritoğlu vd. 2019). Bu nedenle fermantasyon süresi boyunca yığının nem oranı kontrol edilmeli ve gerekirse sulanarak nem değeri yeterli düzeyde tutulmalıdır.

Denemede kullanılan vermikompost materyali bu temellere dayanılarak Ankara ili, Şereflikoçhisar ilçesi, Kadıncık Mahallesi' nde bulunan, 4 metre boyunda 1 metre genişliğinde 4 adet sürekli akış sistemiyle yaklaşık iki milyon solucan kapasiteli vermikompost tesisinde üretilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Denemede kullanılan vermikompostun üretimi

Katı olarak uygulanan vermikompost ekimden önce hasat edilmiş, nem değeri gerekli miktara düşürüldükten sonra elenerek denemede kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir (Şekil 3. 5).



Şekil 3.5 Denemede kullanılan vermikompostun hazırlanması

Denemede kullanılan vermikompost **Şekil 3.6'** da gösterilmiş ve materyalin özellikleri **Çizelge 3.1'** de verilmiştir.



Şekil 3.6 Denemede kullanılan vermikompost materyali

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan vermikompost materyalinin özellikleri

İçerik	w/w
Toplam organik madde	%45
Toplam azot (N)	%3
Organik azot (N)	%2
Alınabilir fosfor (P_2O_5)	%1
Ekstrakte edilebilir potasyum (K_2O)	%0.8
Maksimum nem	%35
C/N	9.2
EC	3.2 dS m ⁻¹
pH	7.1

Denemede üst gübre olarak uygulanan vermikompost çayı ise her uygulamada taze olarak, uygulamadan en fazla 12 saat önce, aktif havalandırmalı vermikompost çayı üretimi tekniği (**Şekil 3.7**) ile hazırlanmış ve kullanılmıştır.



Şekil 3.7 Denemede kullanılan vermikompost çayının hazırlanması

3.1.4 Deneme alanının toprak ve iklim özellikleri

Deneme Ankara ili, Şereflikoçhisar ilçesi, Kadıncık Mahallesi' nde 38.98 enlem ve 33.60 boylam koordinatlarındaki 123/81 ada/parselde bulunan tarla denemesi olarak kurulmuştur. Deneme alanının Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü parsel sorgu sistemindeki görüntüsü **Şekil 3.8'** de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Deneme alanı

Denemenin kurulduğu alandaki toprak özellikleri **Çizelge 3.2'** de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneme alanının toprak özellikleri

Özellik	
pH	7.38
EC dS m ⁻¹	1.32
Organik madde, %	2.52
N, g kg ⁻¹	0.35
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	15.04
K ₂ O, mg kg ⁻¹	32.3
Tekstür	Kumlu-killi tın
Havalanma kapasitesi, %	8.03
Hacim ağırlığı, g cm ³	1.31
Kolay alınabilir su yüzdesi, %	7.79
Yarayışlı su, %	11.9
Maksimum su tutma kapasitesi, %	38.5

Denemenin kurulduğu Şereflikoçhisar ilçesinde hüküm süren iklim sert step iklimidir (Anonim, 2023). Yıllık ortalama sıcaklığın 12,6 °C, yıllık ortalama yağışın 357 mm olduğu bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve karlıdır (Anonim, 2023).

3.2 Yöntem

3.2.1 Denemenin kurulması

Bir önceki sezon pulluk ile sürülüp nadasa bırakılan tarla ilk olarak kültüvatör, tırmık ve diskaro ile toprak işleme yapılarak ekime hazır hale getirilmiştir. Tohum ekimi 18 sıralı Tarım Öz-THM 18 ekim mibzeri ile 28-30 kg da⁻¹ olacak şekilde yapılmıştır (**Şekil 3.9**). Tohumun ekiminden bir gün önce bölgede yaygın bulunan ekin kambur böceği (*Zabrus spp.*) zararlısına karşı mücadele için tohum kaplama yapılmıştır.



Şekil 3.9 Denemenin kurulması

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak hazırlanmıştır. Kurulan denemede her parselde 6 sıra olacak şekilde, $6 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} = 7.2 \text{ m}^2$ boyutunda toplam 20 parsel belirlenmiştir. Bu parseller kullanılan her uygulama konusu için 4' er tekrar olacak şekilde yerleştirilerek parseller arasında 40 cm boşluk bırakılmıştır. Tesadüf parselleri deneme deseni **Şekil 3.10**' da gösterilmiştir.

1 5/2	2 3/4	3 1/3	4 2/1	5 4/4
6 5/3	7 2/3	8 4/2	9 5/1	10 2/4
11 4/3	12 1/1	13 3/3	14 1/2	15 4/1
16 3/1	17 2/2	18 5/4	19 3/2	20 1/4

Şekil 3.10 Deneme deseni

Kurulan tarla denemesinde uygulama konuları aşağıda anlatıldığı şekilde seşilmiştir.

1. Kontrol

Kurulan denemenin kontrol parsellerinde herhangi bir gübreleme uygulaması yapılmamıştır.

2. Kimyasal

Kurulan denemenin kimyasal parsellerinde ekim sırasında tohumla birlikte 16-18 kg da⁻¹ olacak şekilde Gübretaş süper ekin alt gübresi uygulanmıştır. Kardeşlenmeden hemen önce 6-8 kg da⁻¹ üre üst gübresi olarak uygulanmıştır. 1. Üst gübre uygulamasından 20-25 gün kadar sonra ise 6-8 kg da⁻¹ olacak şekilde amonyum sülfat üst gübresi olarak uygulanmıştır.

3. Azaltılmış Kimyasal Gübre+Vermikompost-1

Kurulan denemenin azaltılmış kimyasal gübre+vermikompost-1 parsellerinde arpa yetiştiriciliğinde önerilen kimyasal gübrenin %75' i ve %25 oranında vermikompost uygulaması yapılmıştır. Kullanılan vermikompostun %40' lık kısmı taban gübresi olarak ekim sırasında katı olarak, %60' lık kısmı vermikompost çayı şeklinde, üst gübresi olarak kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 2 aşamada gerşekleştirilmiştir.

4. Azaltılmış Kimyasal Gübre+Vermikompost-2

Kurulan denemenin azaltılmış kimyasal gübre+vermikompost-2 parsellerinde arpa yetiştiriciliğinde önerilen kimyasal gübrenin %50' si ve %50 oranında vermikompost uygulaması yapılmıştır. Kullanılan vermikompostun %40' lık kısmı taban gübresi olarak ekim sırasında katı olarak, %60' lık kısmı vermikompost çayı şeklinde, üst gübresi olarak kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 2 aşamada uygulanmıştır.

5. Vermikompost

Kurulan denemenin vermikompost parsellerinde %100 vermikompost uygulaması yapılmıştır. Kullanılan vermikompostun %40' lık kısmı taban gübresi olarak ekim sırasında katı olarak, %60' lık kısmı vermikompost çayı şeklinde, üst gübresi olarak kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde 2 aşamada gerşekleştirilmiştir.

3.2.2 Denemenin yürütülmesi

Tarla denemesi 18.10.2021 tarihinde tohum ekimi ile başlamış, 17.07.2022 tarihinde hasat yapılarak tamamlanmıştır. Yapılan çalışmada yetiştirme sezonu boyunca aylık olarak deneme alanı gözlemlenerek veri toplanmıştır. Ekim 2021’ de deneme alanının görünümü **Şekil 3.11**’ de verilmiştir.



Şekil 3.11 Deneme alanı Ekim 2021

Kasım 2021’ de deneme alanı yağış almamış ve tohum çimlenmesi görülmemiştir.

Aralık 2021 ayında ilk çıkışlar gözlenmeye başlanmıştır. Aralık 2021 deneme alanı **Şekil 3.12**’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Deneme alanı Aralık 2021

Ocak, Şubat ve Mart (2022) aylarında kış şartlarından dolayı tarla fotoğraflanamamıştır. Aralık ayında başlayan aşırı soğuklar ve yoğun kar yağışı Mart ayına kadar devam ettiğinden zirai don olayı gerçekleşmiş, ekili üründe %30 - %40 oranında zarar meydana gelmiştir (Şekil3.13).



Şekil 3.13 Deneme alanında zirai don

Nisan ayında kar örtüsünün kalkması ve havanın ısınması ile geçmiş yıllarda mart ayı içerisinde başlayan kardeşlenme ancak bu ay içerisinde gözlenmiştir. Nisan ayında kardeşlenmenin başlamasıyla birlikte birinci üst gübreleme yapılmıştır (**Şekil 3.14**).



Şekil 3.14 Deneme alanında üst gübreleme

Nisan 2022 sonunda deneme alanı **Şekil 3.15**' de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Deneme alanı Nisan 2022

Kardeşlenme başlangıcında Corvette isimli herbisitle dekara 50 ml olacak şekilde hazırlanmış çözelti ile sırt pompası ile parseller ve parsel aralarında yabancı ot mücadelesi için kimyasal ilaçlama yapılmıştır. Parsellerde ve parsel aralarındaki otlar da temizlenmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Deneme alanında ot mücadelesi

Mayıs ayında sapa kalkma dönemi içerisinde ikinci üst gübre uygulanmıştır. Mayıs 2022 sonunda deneme alanı Şekil 3.17’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Deneme alanı Mayıs 2022

Haziran ayında denemenin görünümü **Şekil 3.18'** de verilmiştir.



Şekil 3.18 Deneme alanı Haziran 2022

Temmuz ayında hasat olgunluğuna gelen arpada denemenin görünüşü **Şekil 3.19'** da verilmiştir.



Şekil 3.19 Deneme alanı Temmuz 2022

Hasat öncesinde bitki verim ve kalite parametreleri için her parselde sap uzunluğu, başak uzunluğu, sap kalınlığı, 1 m²' lik çerçeve ile parseli temsil yeteneği en uygun olan alanda toplam tane ağırlığı ölçümleri yapılmıştır. Analizler için ekim öncesi ve hasat sonrası toprak örneği alınmış ve bölüm laboratuvarlarında belirlenen analizler ile gerçekleştirilmiştir. Bitkide verim parametrelerinin incelenmesi için belirlenen ölçümler hasat sırasında tarlada yapılarak kaydedilmiştir.

3.2.3 Bitki analiz yöntemleri

Çıkışa kadar geçen gün sayısı (gün): Her bir parseldeki bitkilerin, en az %50' sinin çıkış yaptığı tarihten itibaren geçen gün sayısı olarak hesaplanmıştır (Kon, 2019).

Bitki boyu (cm): Her bir parselde, arpa bitkilerinin hasat öncesi dönemdeki boyu, ana sapın toprak yüzeyinden en üst başakçığın ucu arasındaki uzunluk (kılçık hariç) olarak ölçülerek belirlenmiştir (Kon, 2019).

Tane verimi (kg da⁻¹): Bitki hasat edildikten sonra, her bir parseldeki tanelerin toplam ağırlığı ölçülerek, bu değerler kg da⁻¹ birimine dönüştürülmüştür (Kon, 2019).

Bin tane ağırlığı (g): Bin tane ağırlığı belirlemek amacıyla, her bir parsel için 4 farklı tekrarlı olarak 100 tane sayımı yapıp ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Kon, 2019).

Tane azot içeriği (g kg⁻¹): Eleme işlemi tamamlanan tane örneklerinin protein oranı, Kjeldahl metodu kullanılarak tespit edilmiştir (Kon, 2019).

Tane protein oranı (%): Her bir tanedeki saptanan protein miktarı, 6.25 katsayısıyla bölünerek hesaplanmıştır (Kon, 2019).

Sap azot içeriği (g kg⁻¹): Sap örneklerindeki azot miktarı, Kjeldahl metodu kullanılarak tespit edilmiştir (Kon, 2019).

3.2.4 Toprak analiz yöntemleri

Tekstür (Bünye): Kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos' un (1951) hidrometre yöntemine dayalı olarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Soil Survey Manual (1951) rehberine göre toprak tekstürü sınıflandırılmıştır (Bouyoucos, 1951).

Hacim ağırlığı: Hacmi bilinen örnek kabına alınan bozulmamış materyallerin fırın kuru ağırlıklarının toplam hacme bölünmesiyle, Blake ve Hartge (1986)' da belirtildiği şekilde tespit edilmiştir.

Kolay alınabilir su yüzdesi: Kolay alınabilir su yüzdesi, 10 cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının 50 cm tansiyonunda tutulan hacimsel su miktarından çıkarılmasıyla hesaplanmıştır (De Boodt ve ark., 1973).

Havalanma kapasitesi: Toplam gözenek hacmi ile 10 cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarı arasındaki fark kullanılmıştır (De Boodt ve ark., 1973).

Yarayışlı su: Yarayışlı su miktarı, toprakta 1/3 atmosfer basınç altında tutulan su miktarının 15 atmosfer basınç altında tutulan su miktarından çıkarılmasıyla belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Organik karbon: Toprakta bulunan organik karbon içeriği, Walkley Black metodu kullanılarak belirlenmiştir (Jackson, 1973).

Toprak reaksiyonu (pH): Toprak reaksiyonu değerleri 1:2.5 (w/v) toprak-su karışımında cam elektrotlu pH metre kullanılarak ölçülmüştür (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Toprakta suda eriyebilir tuz içeriği (EC): Toprakta suda eriyebilir tuz içeriği değerleri 1:2.5 (w/v) toprak-su karışımında cam elektrotlu EC metre kullanılarak ölçülmüştür (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Kireç (%CaCO₃): Toprakta bulunan kireç (CaCO₃) içeriği, Scheibler kalsimetresi kullanılarak volumetrik olarak belirlenmiştir, bu yöntem Richards (1954) tarafından tanımlanmıştır (Richards, 1954).

Toplam azot (g kg⁻¹): Toplam azot içeriği, Kjeldahl metodu kullanılarak tespit edilmiştir (Bremner, 1965).

Alınabilir fosfor (mg kg^{-1}): Toprakta alınabilir fosfor miktarı, Olsen metodu kullanılarak tespit edilmiştir (Olsen ve Sommers, 1982).

Ekstrakte edilebilir potasyum (mg kg^{-1}): Ekstrakte edilebilir potasyum miktarı, toprakta 1 N amonyum asetat ($\text{pH}=7$) çözeltisi ile ekstraksiyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar, 1995).

Mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC): Mikrobiyal biyokütle karbonu, Anderson ve Domsch' un (1978) SIR (Substrate Induced Respiration) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Anderson ve Domsch, 1978).

Toprak solunumu (CO_2 çıkışı): Toprak solunumu (CO_2 çıkışı), Anderson (1982) tarafından belirtilen yöntemle hesaplanmıştır (Anderson, 1982).

Biyolojik indeks: Toprak solunumu(CO_2)/mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC) oranından hesaplanmıştır.

3.2.5 Vermikompost analiz yöntemleri

Nem, Kacar ve Kütük (2010); toplam karbon Nelson ve Sommers (1982); toplam N Kjeldahl yöntemine göre (Bremner, 1965); pH ve EC, Gabriels ve Verdonck (1992); toplam fosfor ve potasyum FCQAO (2003)'ye göre, kireç Hızalan ve Ünal, (1966)'a göre Scheibler kalsimetresiyle; C/N oranı ise hesap yoluyla belirlenmiştir.

3.2.6 İstatistik analiz yöntemleri

Denemede elde edilen tüm sonuçlar, tek yönlü varyans analizi (ANOVA-1) ve Duncan çoklu karşılaştırma testlerine göre SPSS ve MSTAT-C paket programları ile yapılmış, elde edilen sonuçlar Düzgüneş ve ark. (1987) tarafından bildirildiği şekilde değerlendirilmiştir (Düzgüneş ve ark. 1987).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Bitki Analiz Sonuçları

4.1.1 Uygulamaların çıkışa kadar geçen gün sayısına etkisi

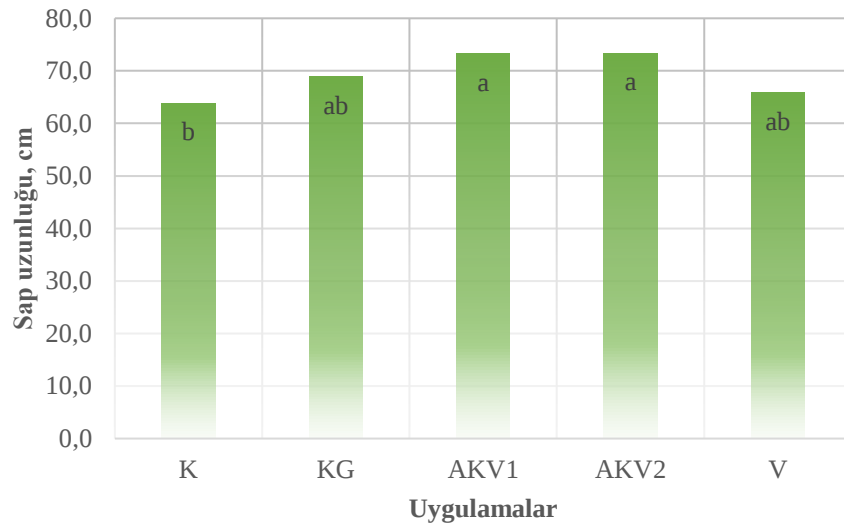
Mevsim normallerinde seyreden sıcaklık ve yağış koşullarında tohum ekimini takip eden 15-20 gün içerisinde bitkinin tarla yüzeyinin %50' sini kaplaması gerekmektedir. Denemenin kurulduğu bölge bu süre boyunca yeterli yağış almamış ve tohum çimlenmesi görülmemiştir. İlk çıkışlar Aralık 2021' de görülmeye başlanmış ancak çıkışa kadar geçen gün sayısında anlamlı veri elde edilememiştir.

4.1.2 Uygulamaların bitki sap uzunluğuna etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpa bitkisinin sap uzunluğu, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat öncesi rastgele seçilen 20 bitkinin toprak yüzünden başak başlangıcına kadar olan boyunun ölçülmesiyle bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait sap uzunluğu verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada sap uzunluğu üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.1'** de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap uzunluğuna etkisi

Uygulama	Sap uzunluğu, cm
K	63.8 ±9.46 b
KG	68.8 ±2.34 ab
AKGV1	73.2 ±1.89 a
AKGV2	73.3 ±0.31 a
V	65.8 ±3.53 ab
F değeri	3.694*
LSD (p<0.05)	7.28



Şekil 4.1 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap uzunluğuna etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 63.8 cm, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 68.8 cm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 73.2 cm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 73.3 cm ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 65.8 cm olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.1**). Bu sonuçlara bakıldığında sap uzunluğu en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpa bitkisinin sap uzunluğu üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Öte yandan toprak düzenleyici olarak kullanılması savunulan

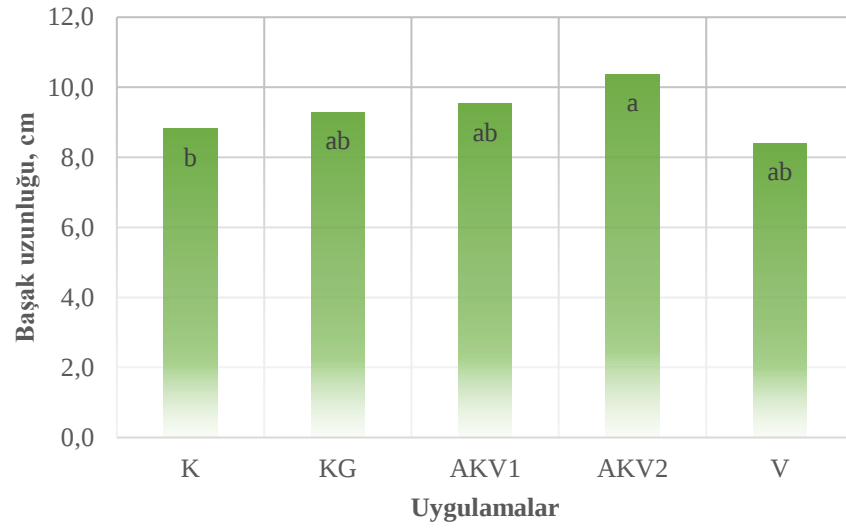
vermikompostun %100 uygulandığı parsellerde ise beklenildiği gibi yalnız kimyasal gübre uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir.

4.1.3 Uygulamaların bitki başak uzunluğuna etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpa bitkisinin başak uzunluğu, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat öncesi rastgele seçilen 20 bitkinin kılçık hariç başak boyunun ölçülmesiyle bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait başak uzunluğu verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada başak uzunluğu üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.2**' de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak uzunluğuna etkisi

Uygulama	Başak uzunluğu, cm
K	8.81 $\pm$ 0.39 b
KG	9.28 $\pm$ 0.19 ab
AKGV1	9.53 $\pm$ 0.42 ab
AKGV2	10.37 $\pm$ 0.32 a
V	8.40 $\pm$ 1.14 b
F değeri	3.973*
LSD ($p<0.05$)	1.223



Şekil 4.2 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak uzunluğuna etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 8.81 cm, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 9.28 cm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 9.53 cm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 10.37 cm ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 8.40 cm olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.2**). Bu sonuçlara bakıldığında başak uzunluğu en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpa bitkisinin başak uzunluğu üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Toprak düzenleyici olarak kullanılması savunulan vermikompostun %100 uygulandığı parsellerde ise beklenildiği gibi yalnız kimyasal gübre uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir.

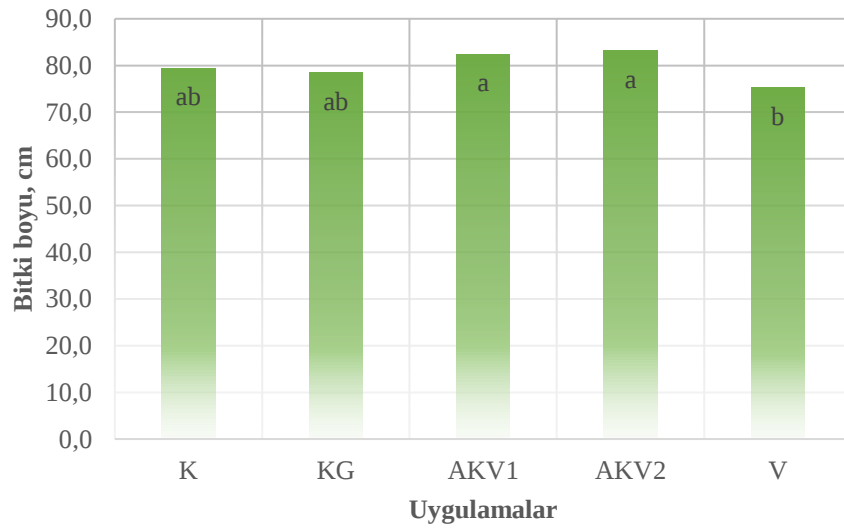
4.1.4 Uygulamaların bitki boyuna etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpa bitkisinin boyu, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat öncesi rastgele seçilen 20 bitkinin toprak yüzünden kılçık hariç başak sonuna kadar olan boyunun ölçülmesiyle bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi

aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait bitki boyu verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada bitki boyu üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.3**' de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bitki boyuna etkisi

Uygulama	Bitki boyu, cm
K	79.4 ±5.51 ab
KG	78.5 ±2.71 ab
AKGV1	82.4 ±1.81 a
AKGV2	83.1 ±0.64 a
V	75.2 ±4.21 b
F değeri	2.975*
LSD (p<0.05)	6.361



Şekil 4.3 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bitki boyuna etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 79.4 cm, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 78.5 cm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 82.4 cm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 83.1 cm ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 75.2 cm olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.3**). Bu sonuçlara

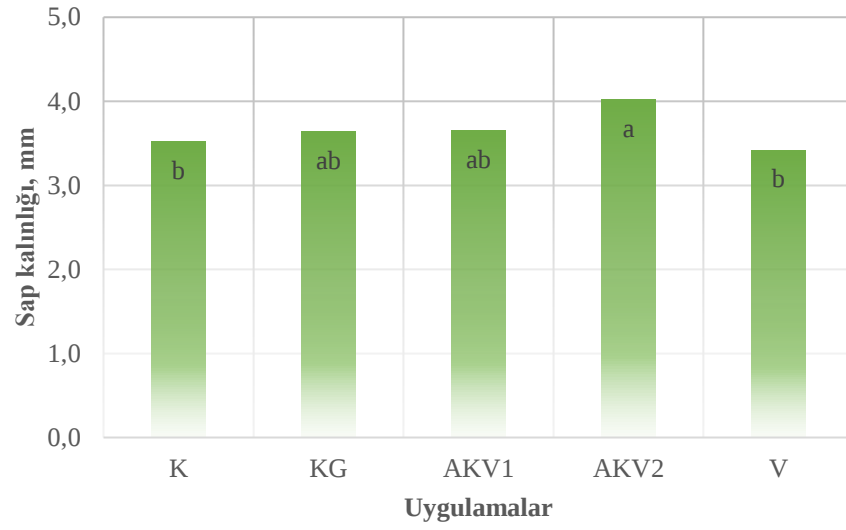
bakıldığında bitki boyu en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpada bitki boyu üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Öte yandan toprak düzenleyici olarak kullanılması savunulan vermikompostun %100 uygulandığı parsellerde ise beklenildiği gibi yalnız kimyasal gübre uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir.

4.1.5 Uygulamaların bitki sap kalınlığına etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpa bitkisinin sap kalınlığı, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat öncesi rastgele seçilen 20 bitkinin toprak yüzünden yukarıya doğru sapın 3. boğumu çevresinin kumpas yardımı ile ölçülmesiyle bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait sap kalınlığı verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada sap kalınlığı üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap kalınlığına etkisi

Uygulama	Sap kalınlığı, mm
K	3.52 ±0.05 b
KG	3.64 ±0.14 ab
AKGV1	3.65 ±0.09 ab
AKGV2	4.02 ±0.24 a
V	3.42 ±0.43 b
F değeri	3.715*
LSD (p<0.05)	0.3904



Şekil 4.4 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap kalınlığına etkisi

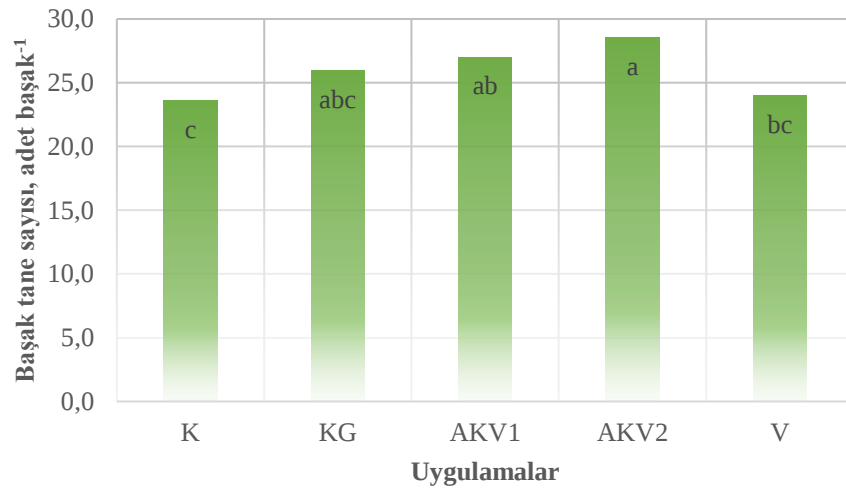
Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 3.52 mm, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 3.64 mm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 3.65 mm, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 4.02 mm ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 3.42 mm olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.4**). Bu sonuçlara bakıldığında arpada sap kalınlığı en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpa bitkisinin sap kalınlığı üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Öte yandan toprak düzenleyici olarak kullanılması savunulan vermikompostun %100 uygulandığı parsellerde ise beklenildiği gibi yalnız kimyasal gübre uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ önem düzeyinde istatistiki fark belirlenmemiştir.

4.1.6 Uygulamaların başakta tane sayısına etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpada başak tane sayısı, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat öncesi rastgele seçilen 20 bitkinin başağındaki tanelerin sayılması ile bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait başakta tane sayısı verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada başak tane sayısı üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.5**' de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak tane sayısına etkisi

Uygulama	Başak tane sayısı, adet başak ⁻¹
K	23.6 ±1.71 c
KG	25.9 ±0.46 abc
AKGV1	27.0 ±0.61 ab
AKGV2	28.5 ±0.55 a
V	23.9 ±3.30 bc
F değeri	4.715*
LSD (p<0.05)	3.109



Şekil 4.5 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada başak tane sayısına etkisi

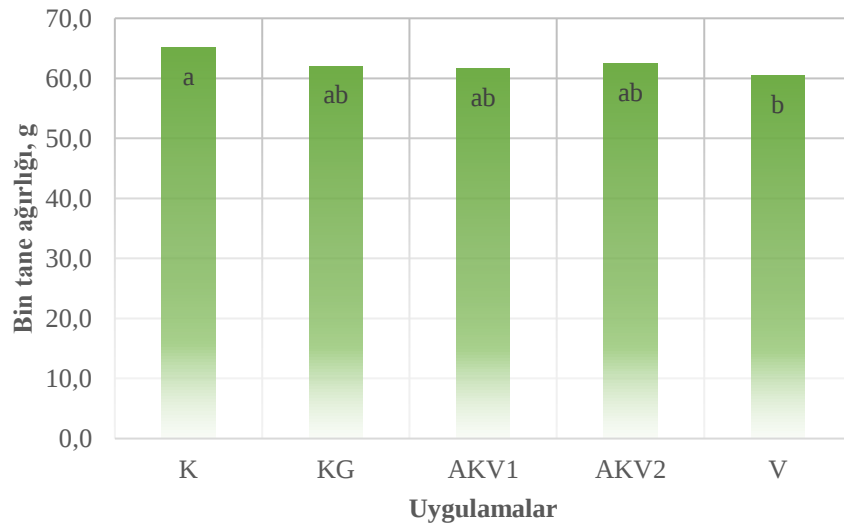
Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 23.6 adet başak⁻¹, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 25.9 adet başak⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 27.0 adet başak⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 28.5 adet başak⁻¹ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 23.9 adet başak⁻¹ olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.5**). Bu sonuçlara bakıldığında başakta tane sayısı en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpada başak tane sayısı üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Toprak düzenleyici olarak kullanılması savunulan vermikompostun %100 uygulandığı parsellerde ise beklenildiği gibi yalnız kimyasal gübre uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir.

4.1.7 Uygulamaların bin tane ağırlığına etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpada bin tane ağırlığı, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birisi için parseli en iyi temsil edecek şekilde belirlenmiş alana 1 m²' lik çerçeve atılarak hasat edilen toplam tane üzerinden bulunmuştur. Bin tane ağırlığı için arpanın hasadı yapıldıktan sonra patozdan geçirilmiş, her parselden elde edilen toplam tane içerisinde 4 kez 100' er adet sayılıp tartım alınmıştır. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınıp bu değer 10 ile çarpılarak her uygulamaya ait bin tane ağırlığı verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada bin tane ağırlığı üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.6**' da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bin tane ağırlığına etkisi

Uygulama	Bin tane ağırlığı, g
K	65.1 ±0.51 a
KG	62.0 ±4.77 ab
AKGV1	61.6 ±1.54 ab
AKGV2	62.4 ±1.35 ab
V	60.4 ±0.61 b
F değeri	1.685*
LSD (p<0.05)	4.381



Şekil 4.6 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada bin tane ağırlığına etkisi

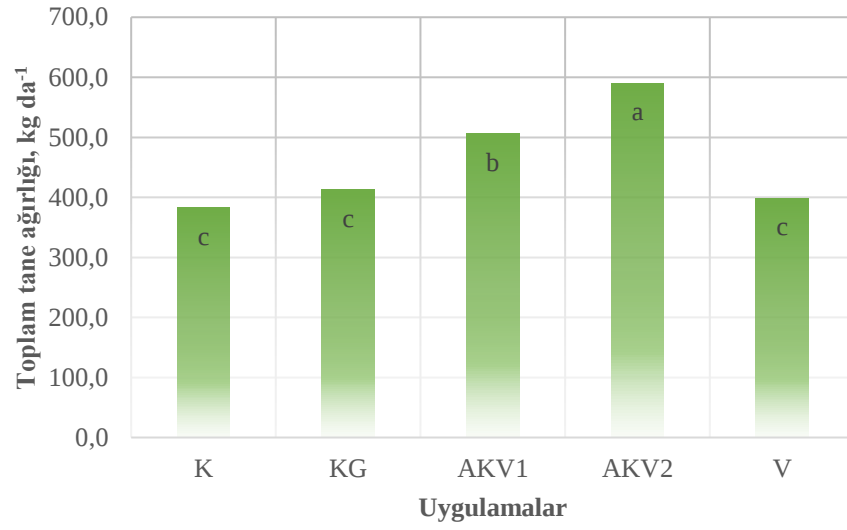
Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 65.1 g, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 62.0 g, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 61.6 g, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 62.4 g ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 60.4 g olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.6**). Bu sonuçlara bakıldığında bin tane ağırlığı en yüksek K parsellerinden elde edilmiştir. K parsellerindeki başak tane sayısının az, tanelerin daha büyük ve tok olması nedeniyle bin tane ağırlığı diğer uygulama parsellerinden daha yüksek sonuç elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmemiştir.

4.1.8 Uygulamaların toplam tane ağırlığına etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpada toplam tane ağırlığı, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birisi için parseli en iyi temsil edecek şekilde belirlenmiş alana 1 m²' lik çerçeve atılarak hasat edilen arpanın patozdan geçirilip toplam tanenin tartımı ile bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınıp her uygulamaya ait toplam tane ağırlığı verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada toplam tane ağırlığı üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.7'** da verilmiştir.

Çizelge 4.7 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada toplam tane ağırlığına etkisi

Uygulama	Toplam tane ağırlığı, kg da ⁻¹
K	382.7 ±33.17 c
KG	413.0 ±23.90 c
AKGV1	506.0 ±40.34 b
AKGV2	590.3 ±29.02 a
V	398.3 ±35.22 c
F değeri	17.419*
LSD (p<0.05)	68.87



Şekil 4.7 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada toplam tane ağırlığına etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 382.7 kg da⁻¹, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 413.0 kg da⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 506.0 kg da⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 590.3 kg da⁻¹ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 398.3 kg da⁻¹ olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.7**). Bu sonuçlara bakıldığında toplam tane ağırlığı en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpa bitkisinin toplam tane ağırlığı üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir.

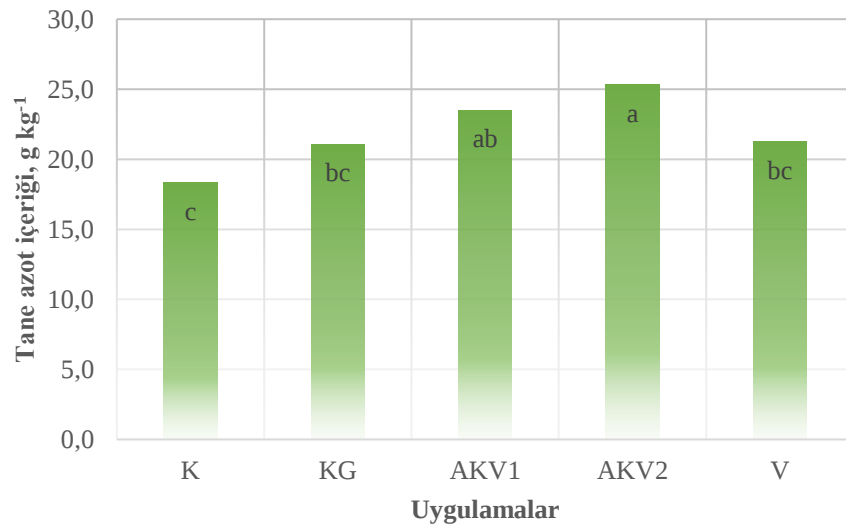
4.1.9 Uygulamaların tane azot içeriğine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpa bitkisinde tane azot içeriği, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası elde edilen tanelerin Kjeldahl metodu ile analizinden bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her

uygulamaya ait tane azot içeriği verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada tane azot içeriği üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.8**' de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada tane azot içeriğine etkisi

Uygulama	Tane azot (N) içeriği, g kg ⁻¹
K	18.3 ±0.40 c
KG	21.0 ±1.46 bc
AKGV1	23.5 ±1.65 ab
AKGV2	25.3 ±1.95 a
V	21.2 ±1.30 bc
F değeri	8.587*
LSD (p<0.05)	2.953



Şekil 4.8 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada tane azot içeriğine etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 18.3 g kg⁻¹, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 21.0 g kg⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 23.5 g kg⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 25.3 g kg⁻¹ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 21.2 g kg⁻¹ olarak

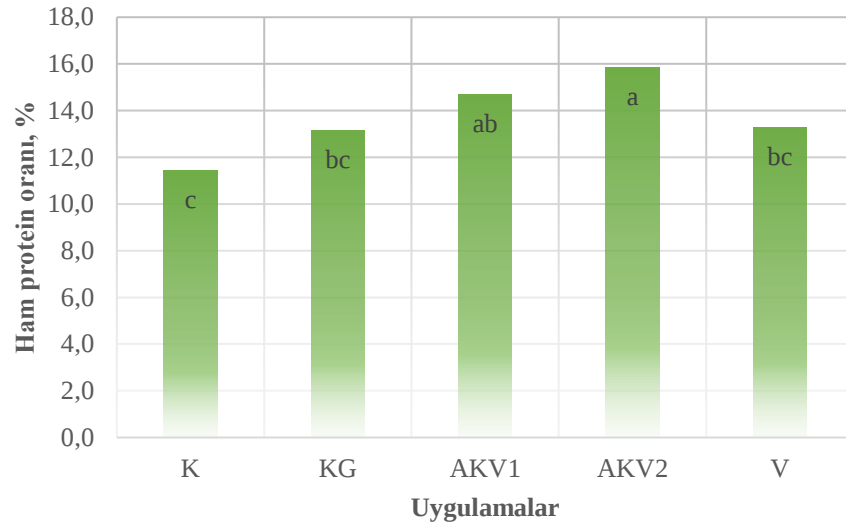
hesaplanmıştır (**Şekil 4.8**). Bu sonuçlara bakıldığında tane azot oranı en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpa bitkisinin tane azot oranı üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmemiştir.

4.1.10 Uygulamaların tane ham protein oranına etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpada tane ham protein oranı, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin hasat sonrası elde edilen tanelerin Kjeldahl yöntemi ile bulunan tane azot oranının 6.25 katsayısıyla çarpılması ile hesaplanmıştır. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait tane ham protein oranı verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada tane ham protein oranı üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.9**'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada ham protein oranına etkisi

Uygulama	Ham protein oranı, %
K	11.4 ±0.23 c
KG	13.1 ±0.91 bc
AKGV1	14.6 ±1.01 ab
AKGV2	15.8 ±1.25 a
V	13.2 ±0.80 bc
F değeri	8.638*
LSD ($p<0.05$)	1.851



Şekil 4.9 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada ham protein oranına etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması %11.4, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması %13.1, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması %14.6, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması %15.8 ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak %13.2 olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.9**). Bu sonuçlara bakıldığında tane protein oranı en yüksek AKGV2 uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre önerilen kimyasal gübre miktarının %50 oranında azaltılarak uygulanması gerekli N bakımından geri kalan kısmın vermikompost ilavesi ile tamamlandığı uygulamada arpa bitkisinin tane protein oranı üzerine etkisinin en yükseğe ulaştığı görülmüştür. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmemiştir.

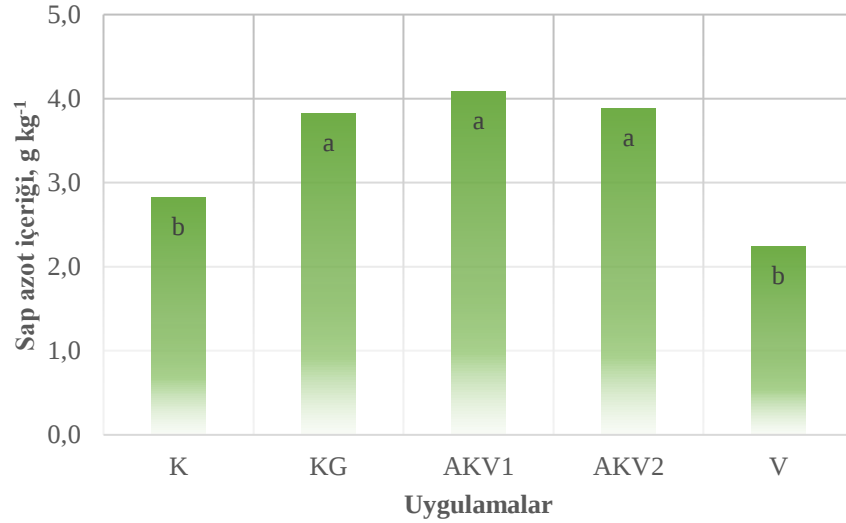
4.1.11 Uygulamaların sap azot içeriğine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulanan arpa bitkisinde sap azot içeriği, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası elde edilen tanelerin Kjeldahl metodu ile analizinden bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait tane sap azot içeriği verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada sap azot içeriği üzerine etkisinin önem

seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.10**' da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap azot içeriğine etkisi

Uygulama	Sap azot (N) içeriği, g kg ⁻¹
K	2.82 ±0.41 b
KG	3.82 ±0.01 a
AKGV1	4.08 ±0.41 a
AKGV2	3.88 ±0.37 a
V	2.24 ±0.29 b
F değeri	13.568*
LSD (p<0.05)	0.7045



Şekil 4.10 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının arpada sap azot içeriğine etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 2.82 g kg⁻¹, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 3.82 g kg⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 4.08 g kg⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 3.88 g kg⁻¹ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 2.24 g kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır (**Şekil 4.10**). Bu sonuçlara bakıldığında sap azot oranı en yüksek KG

uygulamasında elde edilmiştir. Uygulamalar ile kontrol arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir.

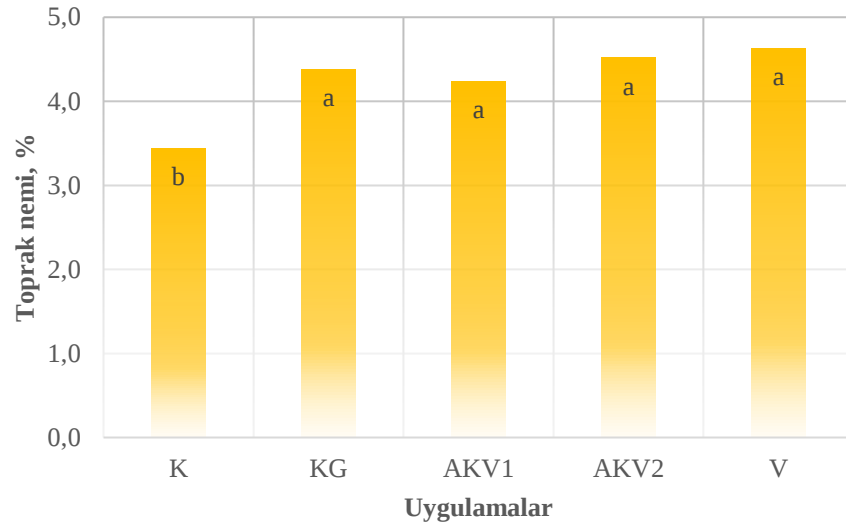
4.2 Toprak Kimyasal Analiz Sonuçları

4.2.1 Uygulamaların toprak nemine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak nemine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde nem tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprak nem verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak nemi üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.11**'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak nemine etkisi

Uygulama	Ortalama, %
K	3.44 ±0.48 b
KG	4.38 ±0.19 a
AKGV1	4.24 ±0.05 a
AKGV2	4.52 ±0.10 a
V	4.63 ±0.40 a
F değeri	7.811*
LSD (p<0.05)	0.5087



Şekil 4.11 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak nemine etkisi

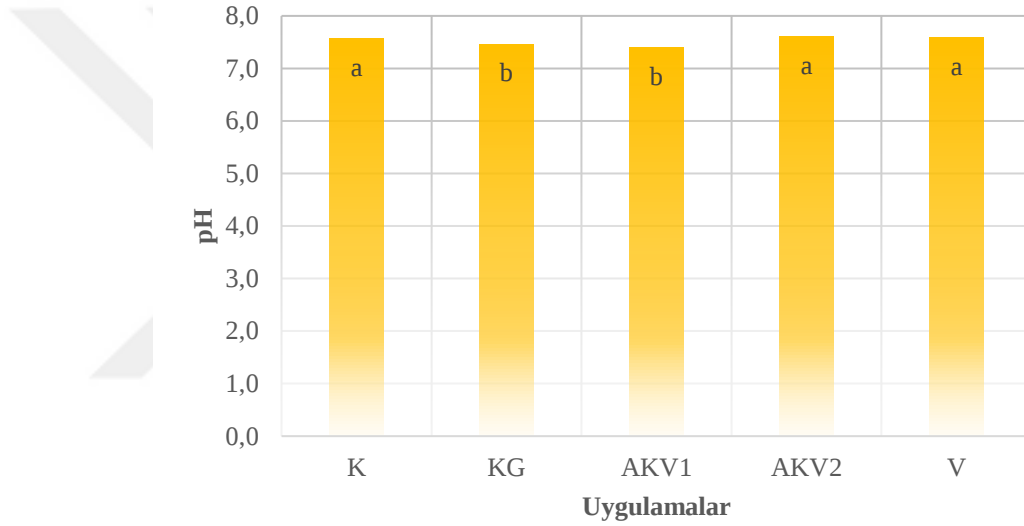
Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması %3.44, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması %4.38, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması %4.24, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması %4.52 ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak %4.63 olarak bulunmuştur (Şekil 4.11). Uygulamalar ile kontrol toprağının nem içerikleri arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenirken, uygulamalar arasında meydana gelen değişimler önemli olmamıştır.

4.2.2 Uygulamaların toprak reaksiyonuna (pH) etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak reaksiyonuna etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde pH metre ile yapılan ölçümler ile bulunmuştur. Uygulama tekrerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprak reaksiyonu verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak reaksiyonu üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12’ de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak reaksiyonuna etkisi

Uygulama	Ortalama (1:2.5 toprak:su)
K	7.57 ±0.07 a
KG	7.46 ±0.02 b
AKGV1	7.40 ±0.05 b
AKGV2	7.60 ±0.02 a
V	7.58 ±0.03 a
F değeri	13.639*
LSD (p<0.05)	0.0842



Şekil 4.12 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak reaksiyonuna etkisi

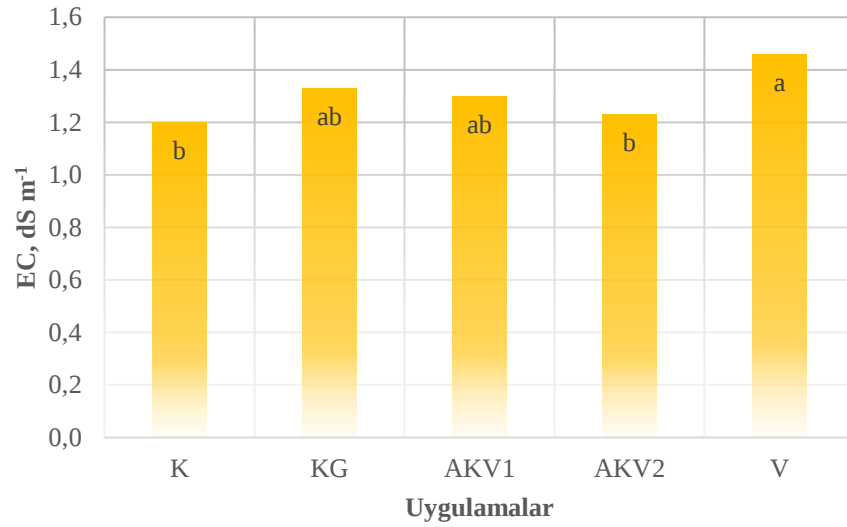
Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 7.57, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 7.46, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 7.40, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 7.60 ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 7.58 olarak bulunmuştur (**Şekil 4.12**). Uygulamalar ile kontrol toprağının pH içerikleri arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir. Vermikompostun artan uygulama dozlarıyla pH değerlerinde de artış görülmüştür.

4.2.3 Uygulamaların toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine (EC) etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde EC metre ile yapılan ölçümler ile bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprakta suda eriyebilir tuz içeriği verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta suda eriyebilir tuz içeriği üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.13**' de verilmiştir.

Çizelge 4. 13 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine (EC) etkisi

Uygulama	Ortalama (1:2.5 toprak:su), dS m ⁻¹
K	1.20 ±0.0 b
KG	1.33 ±0.01 ab
AKGV1	1.30 ±0.02 ab
AKGV2	1.23 ±0.01 b
V	1.46 ±0.01 a
F değeri	3.233*
LSD (p < 0.05)	0.018



Şekil 4.13 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta suda eriyebilir tuz içeriğine (EC) etkisi

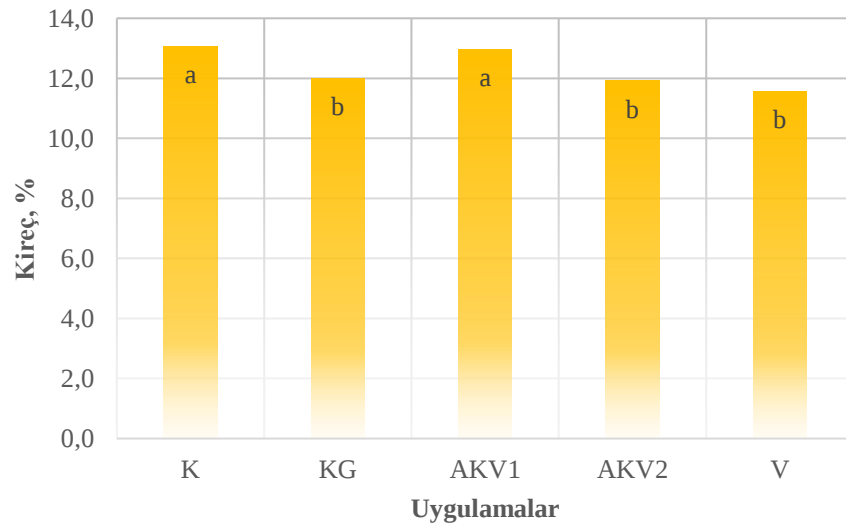
Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 1.20 dS m^{-1} , kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 1.33 dS m^{-1} , azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 1.30 dS m^{-1} , azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 1.23 dS m^{-1} ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 1.46 dS m^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 4.13). Hem uygulamalar ile kontrol toprağının EC değerleri arasında hem de uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark belirlenmemiştir.

4.2.4 Uygulamaların toprak kirecine (CaCO_3) etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak kirecine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde kireç tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprak kireci verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak kireci üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14’ de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak kirecine (CaCO₃) etkisi

Uygulama	Ortalama, %
K	13.0 ±0.06 a
KG	12.0 ±0.30 b
AKGV1	12.9 ±0.06 a
AKGV2	11.9 ±0.38 b
V	11.5 ±0.46 b
F değeri	14.842*
LSD (p < 0.05)	0.568



Şekil 4.14 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak kirecine (CaCO₃) etkisi

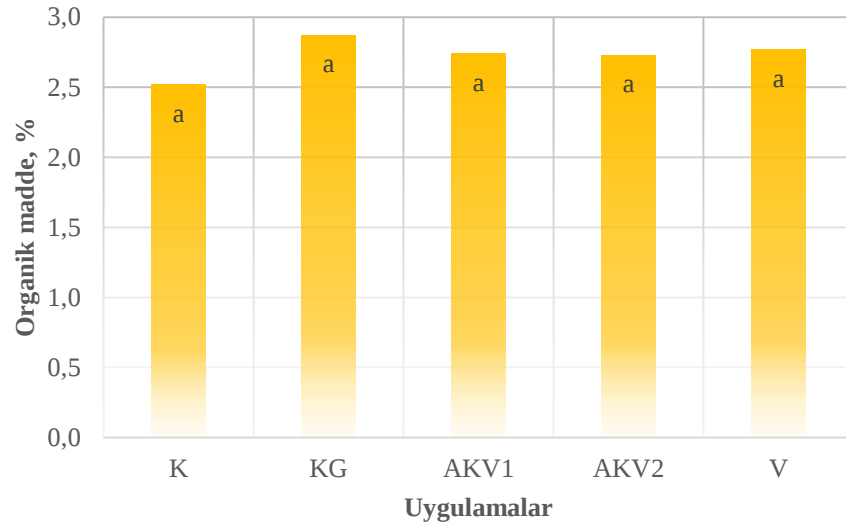
Buna göre kontrol (K) parsellerinin kireç ortalaması %13.0, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması %12.0, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması %12.9, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması %11.9 ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin kireç ortalaması ise olarak %11.5 olarak bulunmuştur (**Şekil 4.14**). Hem uygulamalar ile kontrol toprağının kireç değerleri arasında hem de uygulamalar arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmemiştir.

4.2.5 Uygulamaların toprak organik maddesine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak organik maddesine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde Walkley Black yöntemi ile organik madde tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprak organik maddesi verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak organik maddesi üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.15'** de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak organik maddesine etkisi

Uygulama	Ortalama, %
K	2.52 ±0.99 a
KG	2.87 ±1.32 a
AKGV1	2.74 ±0.45 a
AKGV2	2.73 ±0.17 a
V	2.77 ±0.16 a
F değeri	
LSD (p < 0.05)	



Şekil 4.15 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak organik maddesine etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması %2.52, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması %2.87, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması %2.74, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması %2.73 ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak %2.77 olarak bulunmuştur (Şekil 4.15). Mikrobiyal canlılar için besin kaynağı olan organik maddenin, vermikompost ilavesi canlı sayısındaki artışa bağlı olarak daha hızlı tüketildiği düşünülmüştür. Hem uygulamalar ile kontrol toprağının organik madde içeriği arasında hem de uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark belirlenmemiştir.

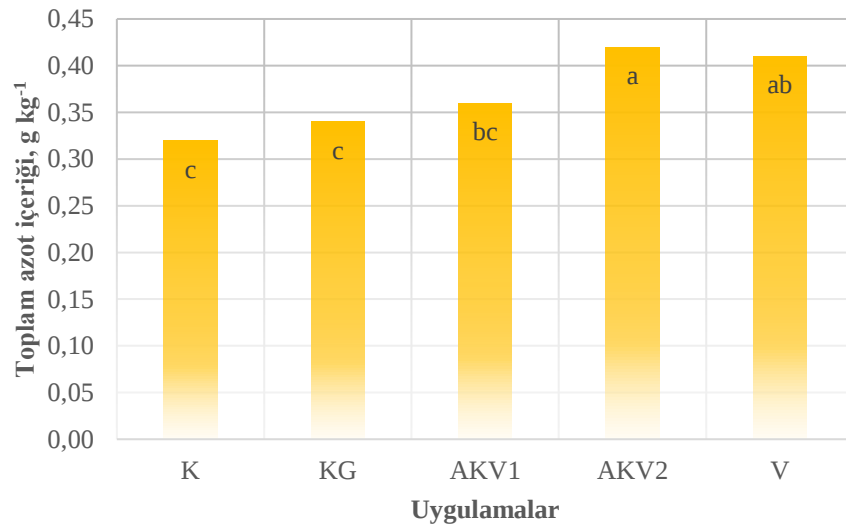
4.2.6 Uygulamaların toprakta toplam azot (N) içeriğine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta toplam azot içeriği üzerine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde Kjeldahl yöntemi ile azot tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprakta toplam azot içeriği verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta toplam azot içeriği üzerine etkisinin önem seviyelerini

belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.16**' de verilmiştir.

Çizelge 4.16 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta toplam azot (N) içeriğine etkisi

Uygulama	Ortalama, g kg ⁻¹
K	0.32 ±0.03 c
KG	0.34 ±0.03 c
AKGV1	0.36 ±0.04 bc
AKGV2	0.42 ±0.02 a
V	0.41 ±0.02 ab
F değeri	8.46*
LSD (p < 0.05)	0.0595



Şekil 4.16 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta toplam azot (N) içeriğine etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin toplam N ortalaması 0.32 g kg⁻¹, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 0.34 g kg⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 0.36 g kg⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 0.42 g kg⁻¹ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin toplam N ortalaması ise 0.41 g kg⁻¹ olarak bulunmuştur (**Şekil 4.16**). Uygulamalar ile kontrol toprağının nem içerikleri arasında

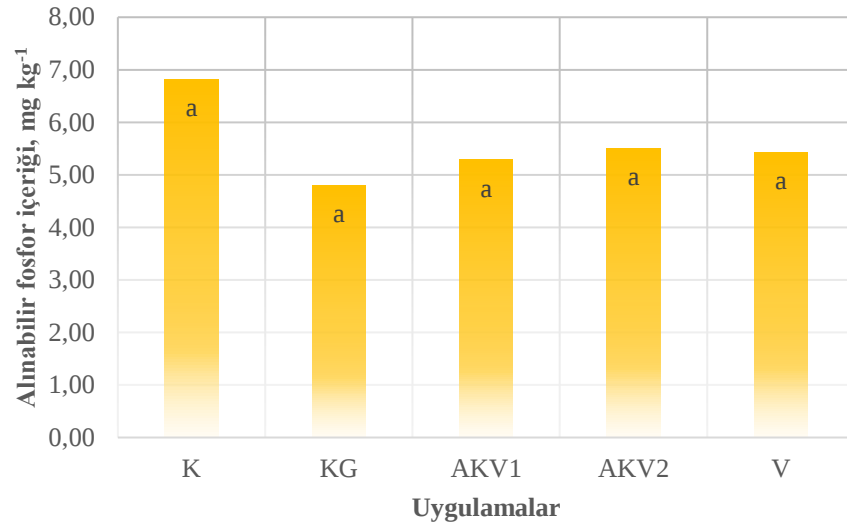
istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir. Vermikompostun artan dozlarıyla birlikte toprakta toplam azot oranında artış görülmüştür.

4.2.7 Uygulamaların toprakta alınabilir fosfor (P_2O_5) içeriğine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta alınabilir fosfor içeriğine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde fosfor tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprakta alınabilir fosfor içeriği verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta alınabilir fosfor içeriği üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.17’ de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta alınabilir fosfor (P_2O_5) içeriğine etkisi

Uygulama	Ortalama, mg kg ⁻¹
K	6.82 ±0.71 a
KG	4.80 ±4.88 a
AKGV1	5.29 ±0.07 a
AKGV2	5.51 ±2.59 a
V	5.43 ±1.11 a
F değeri	0.262*
LSD (p < 0.05)	4.091



Şekil 4.17 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta alınabilir fosfor (P_2O_5) içeriğine etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin alınabilir fosfor ortalaması 6.82 mg kg^{-1} , kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 4.80 mg kg^{-1} , azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 5.29 mg kg^{-1} , azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 5.51 mg kg^{-1} ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 5.43 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 4.17). Uygulamalar ile kontrol toprağının alınabilir fosfor içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli fark oluşmamış, benzer şekilde uygulamaların kendi aralarında meydana gelen değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

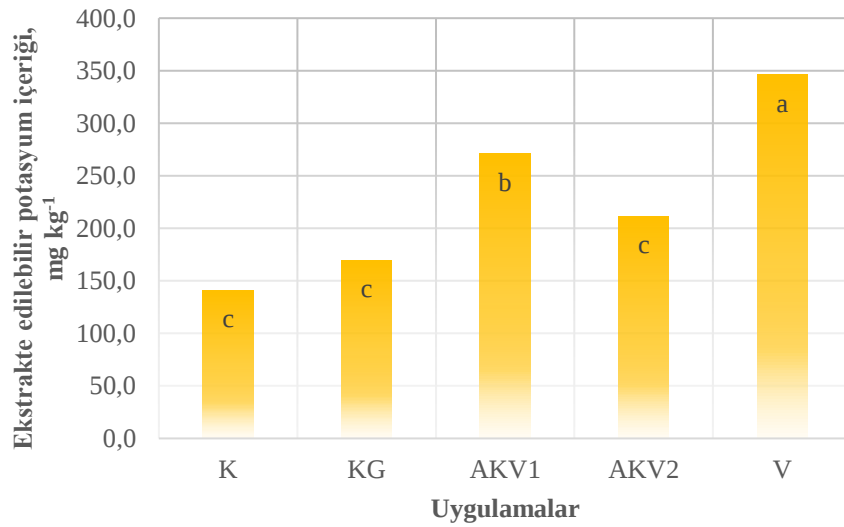
4.2.8 Uygulamaların toprakta ekstrakte edilebilir potasyum (K_2O) içeriğine etkisi

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta ekstrakte edilebilir potasyum içeriğine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde potasyum tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprakta ekstrakte edilebilir potasyum içeriği verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakta ekstrakte edilebilir potasyum içeriği üzerine etkisinin önem seviyelerini

belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.18**' de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta ekstrakte edilebilir potasyum (K_2O) içeriğine etkisi

Uygulama	Ortalama, $mg\ kg^{-1}$
K	141.0 $\pm$ 16.52 c
KG	169.7 $\pm$ 10.26 c
AKGV1	271.3 $\pm$ 21.55 b
AKGV2	211.7 $\pm$ 28.04 c
V	346.3 $\pm$ 28.73 a
F değeri	48.831*
LSD ($p < 0.05$)	38.50



Şekil 4.18 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakta ekstrakte edilebilir potasyum (K_2O) içeriğine etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ekstrakte edilebilir potasyum ortalaması 141 $mg\ kg^{-1}$, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 169.7 $mg\ kg^{-1}$, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 271.3 $mg\ kg^{-1}$, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompst-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 211.7 $mg\ kg^{-1}$ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ekstrakte edilebilir potasyum ortalaması ise 346.3 $mg\ kg^{-1}$ olarak bulunmuştur (**Şekil 4.18**). Uygulamalar ile

kontrol toprağının ekstrakte edilebilir potasyum içerikleri arasında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenirken, AKV1 ve V uygulamalarının ekstrakte edilebilir potasyum miktarları en yüksek olarak bulunmuştur.

4.3 Toprak Biyolojik Analiz Sonuçları

4.3.1 Uygulamaların toprak solunumuna (CO₂ çıkışı) etkisi

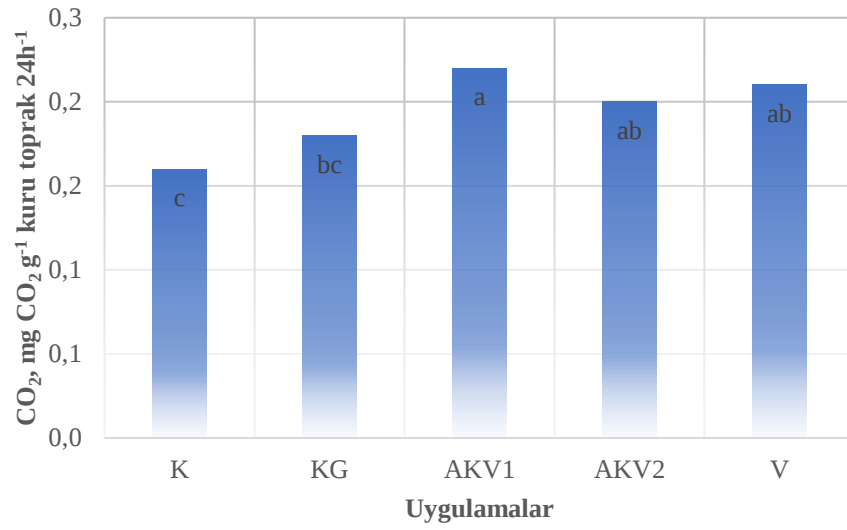
Toprak solunumu (CO₂ çıkışı), toprak karbon döngüsünün temel bir bileşenini temsil etmekte olup (Raich ve Schlesinger, 1992) toprakta karbon depolanmasının, toprak biyolojik aktivitesinin ve genel toprak kalitesinin bir göstergesidir (Ewel vd., 1987). Genel olarak, toprak solunumu bitki köklerinin ve toprak mikroorganizmalarının solunumuna bağlıdır. Toprakta heterotrofik nitelikli mikroorganizmalar, organik maddeyi karbon ve enerji kaynağı olarak kullanırken son ürün olarak CO₂ üretmektedirler. CO₂'nin 2/3' ünün mikroorganizma faaliyetleri ile 1/3' ünün bitki kök solunumu ve toprak fauna solunumundan kaynaklandığı bilinmektedir (Anderson ve Domsh, 1978). Toprak mikroorganizmalarını etkileyen nem, sıcaklık gibi tüm çevresel koşulların CO₂ üretimini de etkilediği ve toprakların organik madde miktarının CO₂ üretimini etkileyen temel toprak özelliği olduğu bildirilmiştir (Göçmez, 2006). Tekstür, organik madde içeriği, kök yoğunluğu ve mikrobiyal biyokütle gibi toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ayrıca toprak solunumunun büyüklüğünü de etkilemektedir (Keltting vd., 1998). CO₂ üretimi, toprağa organik maddenin ilave edilmesiyle birlikte mikroorganizmaların organik madde içindeki organik karbonu kullanmaları sonucunda ortama son ürün olarak CO₂ vermeleriyle artmaktadır.

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak solunumuna etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde CO₂ çıkışı tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprak solunumu verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak solunumu üzerine etkisinin önem

seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.19**' de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak solunumuna (CO₂ çıkışı) etkisi

Uygulama	Ortalama, mg CO ₂ g ⁻¹ kuru toprak 24 h ⁻¹
K	0.16 ±0.01 c
KG	0.18 ±0.02 bc
AKGV1	0.22 ±0.02 a
AKGV2	0.20 ±0.01 ab
V	0.21 ±0.03 ab
F değeri	5.036*
LSD (p < 0.05)	0.059



Şekil 4.19 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak solunumuna (CO₂ çıkışı) etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin ortalaması 0.16 mg CO₂ g⁻¹ kuru toprak 24 h⁻¹, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 0.18 mg CO₂ g⁻¹ kuru toprak 24 h⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 0.22 mg CO₂ g⁻¹ kuru toprak 24 h⁻¹, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 0.20 mg CO₂ g⁻¹ kuru toprak 24h⁻¹ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 0.21 mg CO₂ g⁻¹ kuru

toprak $24h^{-1}$ olarak bulunmuştur (**Şekil 4.19**). Uygulamalar ile kontrol toprağının toprak solunumuna etkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli fark belirlenmiştir. Kimyasal gübre ve vermikompostun tek başlarına ve birlikte uygulamaları kendi aralarında kıyaslandığında ise, en yüksek toprak solunumu AKGV1 uygulamasında, en düşük ise tek başına kimyasal gübre uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamalar arasında meydana gelen değişimler $P<0.05$ düzeyinde önemli olmuştur.

4.3.2 Uygulamaların toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna (MBC) etkisi

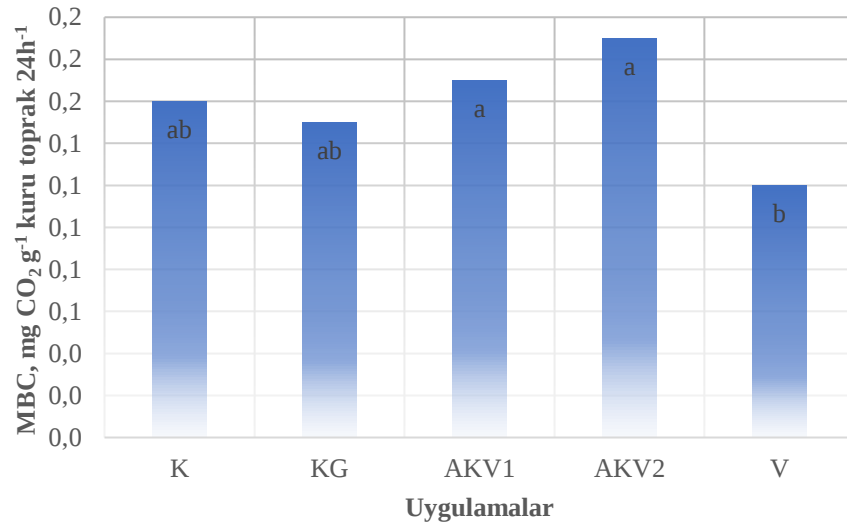
$5 \times 10^{-3} \mu m'$ den daha büyük bitki kökleri ve toprak hayvanları hariç toprak organik maddesinin yaşayan bir parçası olarak tanımlanmaktadır (Jenkinson ve Ladd, 1981). Diğer bir ifade ile yaklaşık $10 \mu m'$ den daha küçük olan ve toprakta yaşayan organizmalara toprak mikrobiyal biyokütlesi adı verilmektedir (Schloter vd., 2003). Toprak mikrobiyal biyokütlesi organik maddenin çok küçük bir kısmını oluşturmaya rağmen organik maddeye göre çok daha dinamiklidir. Bundan dolayı, mikrobiyal biyokütlenin ölçülmesi toprak yönetim sistemlerinin toprak organik maddesinin potansiyel değişimi üzerine etkilerini gösterebilmektedir. Mikrobiyal hücrelerden salınan besin elementleri bitki artıklarının parçalanmasından salınana göre 5 kat daha fazladır (Paul ve Clark, 1996). Öte yandan, toprak organik maddesinin yaklaşık %95' i canlı olmayan ve stabil şekildedir ve bu yüzden son yıllarda toprak yönetiminden dolayı meydana gelen değişimler araştırılmaktadır. Bu sebepten dolayı, mikrobiyal biyokütle toprak verimliliğini belirlemede indeks olarak kullanılabilir, mikrobiyal biyokütledeki artış verimlilikteki artışı göstermektedir. İlave olarak, yüksek dinamik özelliğinden dolayı mikrobiyal biyokütle topraktaki değişimleri çok hızlı tepki vermekte, halbuki toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tepkisi nispeten çok yavaştır (Balota vd., 2003). Mikrobiyal biyokütle bitkiler için mevcut besin maddelerinin hem kaynağı hem de havuzu olan toprak mikrobiyal biyokütlesi, karasal ekosistemlerdeki besin dönüşümünde kritik bir rol oynar (Singh vd. 1989). Mikrobiyal biyokütledeki herhangi bir değişiklik topraktaki organik maddenin döngüsünü etkileyebilir. Dolayısıyla toprağın mikrobiyal aktivitesinin ekosistem stabilitesi ve verimliliği üzerinde doğrudan etkisi vardır. Genel olarak mikrobiyal biyokütle, toprağa uygulanan farklı organik atıkların etkisini ortaya koymada başvuru parametrelerin başında gelmekte yanı sıra, farklı bitki örtüsü

türlerinde toprak kalitesinin değerlendirilmesinde bir araç olarak kullanılabilmektedir (Babujsia et al., 2010). Diğer bir anlatım ile toprak yönetimi ve çevresel streslerden dolayı toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin bir göstergesi (indikatörü) olarak kullanılabilmektedir.

Tarla denemesi olarak yürütülen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak mikrobiyal biyokütle karbonu üzerine etkisi, tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan 20 parselin her birinden hasat sonrası alınan toprak örneklerinde SIR tayini yapılarak bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait toprak mikrobiyal biyokütle karbonu verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprak mikrobiyal biyokütle karbonu üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.20**' de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna (MBC) etkisi

Uygulama	Ortalama, mg CO ₂ g ⁻¹ kuru toprak 24h ⁻¹
K	0.16 ±0.02 ab
KG	0.15 ±0.02 ab
AKGV1	0.17 ±0.04 a
AKGV2	0.19 ±0.03 a
V	0.12 ±0.03 b
F değeri	2.248*
LSD (p < 0.05)	0.059



Şekil 4.20 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna (MBC) etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin MBC ortalaması $0.18 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ kuru toprak } 24 \text{ h}^{-1}$, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması $0.15 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ kuru toprak } 24 \text{ h}^{-1}$, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması $0.17 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ kuru toprak } 24 \text{ h}^{-1}$, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması $0.19 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ kuru toprak } 24 \text{ h}^{-1}$ ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin MBC ortalaması ise olarak $0.12 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ kuru toprak } 24 \text{ h}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Şekil 4.20). Uygulamalar ile kontrol toprağının toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna etkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı farklar belirlenmiştir. En düşük MBC tek başına vermikompost uygulamasında, en yüksek ise kontrol toprağı ve kimyasal ve vermikompost gübrelerinin birlikte uygulamalarında belirlenmiştir.

4.3.3 Uygulamaların biyolojik indekse etkisi

Cmic/Corg oranı, çevresel değişikliğin hızlı bir şekilde tanınması için bir kararlılık göstergesi olarak kullanılabilir (Anderson 2003). Cmic/Corg oranı ayrıca toprak karbonunun artmakta mı, azalmakta mı yoksa dengede mi olduğunu göstermeye hizmet edebilir (Jenkinson ve Ladd (1981, Anderson ve Domsch, 1989).

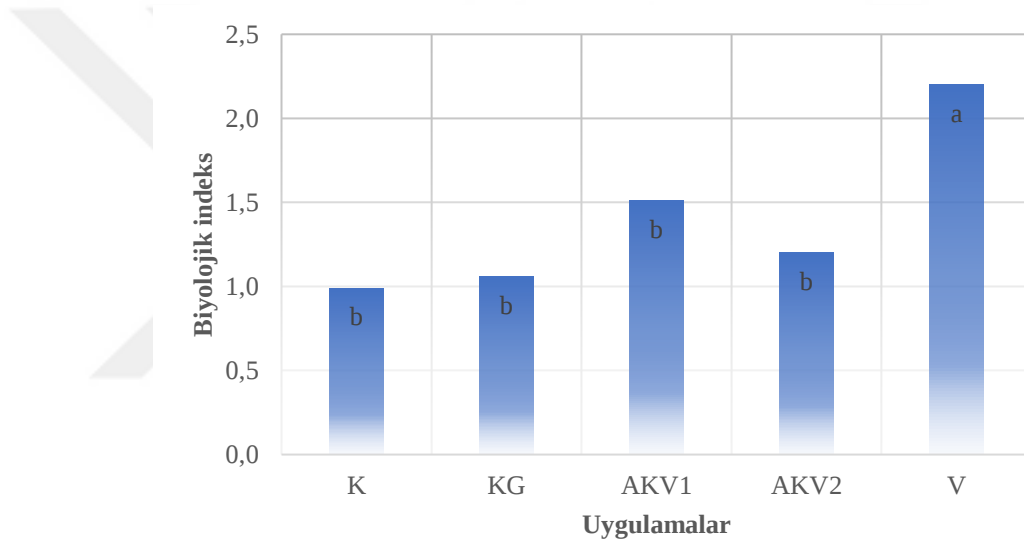
Literatürde %0.27 ile %7.0 arasında değişen geniş bir Cmic/Corg yüzdesi yelpazesi bildirilmiştir. Bauhus ve Khanna (1999), Cmic/Corg yüzdelерinin orman tabanında %0.3 ila %8.1 ve toprakta %0.3 ila %9.9 arasında değiştiğini bildirmektedir. Anderson ve Domsch' a (1989) göre, bu geniş Cmic/Corg yüzdesi yelpazesi, toprak, bitki örtüsü, yönetim ve ayrıca örnekleme zamanı ve analitik yöntemdeki farklılıklara bağlıdır. Bununla birlikte, daha az organik karbon içeren toprak için, yüksek Cmic/Corg yüzdeleri, toprağın organik maddesinin Cmic' deki değişikliklere karşı yüksek duyarlılığını gösterir. Bu, Cmic artışlarının organik karbondaki dikkate değer bir düşüşe yol açacağı anlamına gelir ve bu da toprağın kalitesine zarar verebilir (Wang vd.. 2003).

Genel olarak, eğer topraklar kötü bir şekilde kullanılırsa mikrobiyal biyokütle C' u organik C' dan çok daha hızlı bir şekilde azalacak ve buna bağlı olarak mikrobiyal katsayı olan Cmic/Corg yüzdesinde de azalış meydana gelecektir. Bu yüzden, Cmic/Corg yüzdesi, toprakta C' un depolandığını veya kaybedildiğini ortaya koyan; toprakların niteliğini anlamamıza yarayan bir çeşit göstergedir (Sparling 1997). Çalışma alanı topraklarındaki düşük Cmic/Corg yüzdesi toprak canlıları tarafından substrat alınabilirliğinin nispeten düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum ise toprak organik maddesinin sadece çok az bir kısmının toprak canlıları tarafından metabolize edildiğini ifade etmektedir.

Tarla denemesi olarak yürütölen bu çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının biyolojik indekse etkisi, CO₂/MBC oranı ile bulunmuştur. Uygulama tekerrürlerinin kendi aralarında ortalamaları alınarak her uygulamaya ait biyolojik indeks verisi elde edilmiştir. Denemede farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının biyolojik indeks üzerine etkisinin önem seviyelerini belirlemek için ANOVA-1 varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış, elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.21'** de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının biyolojik indekse etkisi

Uygulama	Ortalama
K	0.99 ±0.14 b
KG	1.06 ±0.18 b
AKGV1	1.51 ±0.40 b
AKGV2	1.20 ±0.14 b
V	2.20 ±0.57 a
F değeri	6.671*
LSD (p < 0.05)	0.6763



Şekil 4.21 Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının biyolojik indekse etkisi

Buna göre kontrol (K) parsellerinin biyolojik indeks ortalaması 0.99, kimyasal gübre (KG) uygulama parsellerinin ortalaması 1.06, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-1 (AKGV1) uygulama parsellerinin ortalaması 1.51, azaltılmış kimyasal gübre-vermikompost-2 (AKGV2) uygulama parsellerinin ortalaması 1.20 ve vermikompost (V) uygulanan parsellerin ortalaması ise olarak 2.20 olarak bulunmuştur (**Şekil 4.21**). Uygulamalar ile kontrol toprağının toprak mikrobiyal biyokütle karbonuna etkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı fark yalnızca biyolojik olarak en zengin olan vermikompost (V) uygulamasında belirlenmemiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Değerlendirme

Bu tez çalışmasında farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının arpada verim ve kalite parametrelerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla tesadüf parselleri deneme desenine göre bir tarla denemesi yürütülmüş olup, arpa verim parametreleri hasat öncesinde ve hasat sırasında tarla ölçümleri ile, kalite parametreleri laboratuvar analizleri ile ortaya konmuştur. Ek olarak çalışmada uygulamaların toprak kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri de araştırılmıştır.

Seçilen 4 uygulama konusu ile kontrol parselleri karşılaştırıldığında bitki sap uzunluğu, bitki başak uzunluğu ve bitki boyu %50 oranında azaltılmış kimyasal gübre ile vermikompostun birlikte kullanıldığı uygulamada (AKGV2) en yüksek değerine ulaşmıştır. Ayrıca yürütülen bu çalışma yine aynı uygulamada bitki sap kalınlığının en yüksek değerine ulaştığını göstermiştir. Ulaşılan bu sonuç, Shen vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada vermikompost uygulama dozu arttıkça, arpanın tane verimi ve toplam biyokütlesinde artış sağlandığı sonucuyla örtüşmektedir.

%50 oranında azaltılmış kimyasal gübre ile vermikompostun birlikte kullanıldığı uygulama (AKGV2) başakta tane sayısı ve toplam tane ağırlığı için yine en etkili uygulama dozu olmuştur. Günhan (2020) ve Abera vd. (2018) tarafından yapılan çalışmalarda da özetlendiği gibi optimum değerde kullanılan vermikompost başakta tane sayısı ile arpa verim parametrelerinden en önemlisi olan toplam tane ağırlığında artışa neden olmuştur.

Çalışmanın toprak kimyasal özellikleri analiz sonuçlarına bakıldığında kimyasal özelliklerden toplam azot ve ekstrakte edilebilir potasyum içeriği üzerinde artış sağlandığı görülmüştür. Bu sonuçlar Durukan ve ekibi (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da belirtildiği gibi vermikompost ilavesinin bazı toprak makro besin elementlerinin konsantrasyonları üzerinde önemli etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur.

Çalışmanın toprak biyolojik özellikleri üzerine etkilerine bakıldığında Yılmaz ve Kurt (2016) ile Kızılkaya ve Hepşen (2007)' in yaptıkları çalışmalarda vermikompost uygulamasının CO₂ çıkışı ve mikrobiyal biyokütle karbonu aktivitesini arttırdığını gösterdikleri çalışmalarla paralel sonuçlar elde edilmiştir. CO₂ çıkışı üzerine istatistiksel olarak önemli değişiklikler olduğu belirlenmiş, bunun da mikroorganizmaların aktivasyonundan kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sürdürülebilir ve verimli tarımsal üretim faaliyetleri için bitkinin toprakta iyi gelişim göstermesi gerekmektedir. Bitkinin iyi gelişim gösterebilmesi ise yetiştigi toprak ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olmakla beraber bu özellikleri etkileyen başlıca bileşen toprak organik maddesidir (Ceritoğlu vd. 2019). Toprakta organik madde yetersizliği; gelişimini gerekli seviyede tamamlayamamış ürünlerin hasat edilmesi sonucu tarımsal üretimin verimliliğini azaltmakta, yıpranan ve yenilenemeyen topraklar üzerinde sürdürülebilir bir tarım yapılmasına engel olmaktadır.

İhtiyaçları karşılayabilen sürdürülebilir bir tarım yapabilmek için kimyasal girdilerin azaltılmasının yanında bu girdilere destek olmak üzere organik kökenli materyallerin de toprağa geri döndürülmesi gerekmektedir.

Bu amaçla kullanılabilecek en önemli materyallerden birisi de vermikomposttur. Vermikompost bitki gelişimini desteklemesinin yanında toprak düzenleyici olarak da etki gösteren oldukça zengin içerikli bir üründür. Buna ek olarak her türlü bitkisel, hayvansal, endüstriyel atığın üretimde kullanılabilmesi de günümüzün önemli sorunlarından olan atık yönetimi sorununa karşı başarılı bir çözüm sağlamaktadır. Örneğin yıllık milyon tonlarla ifade edilen miktarlarda ortaya çıkan ve tarım açısından oldukça önemli bir organik madde kaynağı olan sığır gübresinin vermikompost üretiminde ana girdi olarak kullanılması atık yönetimi açısından ve organik yönden zengin olan bu materyalin tarım alanlarına dönmesi açısından gereklidir. Türkiye'nin önemli tarım ürünlerinden birisi olan ve son yıllarda giderek zorlaşan toprak ve iklim şartlarına dayanıklılığından dolayı çiftçilerin yöneldiği arpa üretiminde kimyasal girdilerin yanı sıra toprak düzenleyici olarak ilave edilecek olan vermikompostun sahip olduğu özellikler nedeniyle verim ve kalite üzerine olumlu etkileri olacağı düşünülmektedir.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalara göre bir değerlendirme yapıldığında biyolojik olarak oldukça aktif olduğu bilinen vermikompost ilavesinin toprak yönünden giderek kalitesizleşen tarım alanlarını iyileştirebileceği, farklı koşullara adaptasyonu oldukça yüksek olan arpa tarımını bile zora sokan iklim şartlarına karşı bitkiyi daha dirençli hale getirebileceği, artan kimyasal gübre fiyatları karşısında kimyasal gübreye bir alternatif olmasa da bir destekleyici olarak kullanılabilmesi ve tüm bunların sonucunda kısıtlı tarım alanlarından daha fazla verim alınarak bölge çiftçisi için de ekonomik iyileşme sağlayabileceği ortaya konulmuştur.

5.2 Öneriler

Tarla denemesi olarak yürütülen çalışma ve bu çalışmadan elde edilen tüm veriler ışığında kimyasal gübrelerin azalan oranlarıyla birlikte vermikompostun bir toprak düzenleyici olarak kullanılması önerilmektedir. Materyalin doğru kompostlama aşamalarından sonra vermikomposta dönüştürülmesi ve taze kullanılmasına dikkat edilmesi, elde edilen vermikompost katı materyali ve vermikompost çayının uygulamalarda etkili sonuçlar göstermesi açısından önemlidir.

Sürdürülebilir tarım uygulamaları ve organik karbonun toprağa geri döndürülmesi için oldukça başarılı ve etkili olan bu yöntemin yaygınlaştırılması adına özellikle hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı bölgelerde devlet teşvikleri ile STK'ların konu ile ilgili çalışmalarını arttırmaları yerinde olacaktır. Yerelde doğru kompost yapımıyla başlayarak uygulamalı eğitimlerin verilmesi, vermikompostun tanınması, üretilmesi ve kullanılması için atılacak ilk adım olmalıdır. Artan sürdürülebilir tarım, sağlıklı gıda yetiştirme ve tüketme eğiliminde, vermikompost kullanımının yaygınlaştırılması göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

- Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E. ve Yücesoy, P., 2020. Vermikompostun (Solucan Gübresi) Üretimi ve Bitki Beslenmesindeki Önemi. Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences JONAS, 3(1), s. 1-10.
- Abeer, M. E., Soliman, E. M., & AA, R., tarih belirtilmemiş. Barley Crop And Quality As Affected By Organic Fertilization And Microbial Inoculation.
- Abera, T., Tufa, T., Midega, T., Kumbi, H., & Tola, B., 2018. Effect of integrated inorganic and organic fertilizers on yield and yield components of Barley in Liben Jawi District. International Journal of Agronomy, 2018, pp. 1-7.
- Abul-Soud, M., Hassanein, M. K., Ablmaaty, S. M., Medany, M., & Abu-Hadid, A. F., 2009. Vermiculture and vermicomposting technologies use in sustainable agriculture in Egypt. Journal of Agricultural Research, 87(1).
- Aktaş, T., 2018. Vermikompostun farklı tekstüre sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprakların fiziksel kimyasal özelliklerine etkisi. Namık Kemal Üniversitesi.
- Aktaş, T., & Yüksel, O., 2020. Effects of vermicompost on aggregate stability, bulk density and some chemical characteristics of soils with different textures. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1), pp. 1-11.
- Anderson, T.H., 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. Agric. Ecosyst. Environ. 98, pp. 285-293.
- Anderson, T.H., Domsch, K.H., 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic-C in arable soils. Soil Biol. Biochem. 21, pp. 471-479.
- Anderson J, Domsch H. 1975 Measurement of bacterial and fungal contributions to respiration of selected agricultural and forest soils. Canadian Journal of Microbiology. 21, pp. 314-322.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978, A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem. 10, pp. 215-221.
- Anonim, 2013. TEMA Vakfı Ulusal Vermikültür Çalıştayı Bildiri Kitabı. 92, Ankara. Web sitesi: <https://cdn-tema.mncdn.com/Uploads/Cms/tema-vakfi-ulusal-vermikultur-calistayi-bildiri-kitabi.pdf>
- Anonim, 2016. Hububat Hastalıkları ve Zararlıları ile Mücadele Çiftçi Eğitim Serisi-18. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 46, Ankara.
- Anonim, 2021. Tarım Ürünleri Piyasaları Arpa Raporu, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE)
- Anonim, 2023. <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/ankara/sereflikochisar-19372/>
- Anonim, 2023. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=27>

- Baydar, H. t.y. Tarla Bitkileri Notları. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta. Web sitesi: <https://ziraat.isparta.edu.tr/assets/uploads/sites/138/files/tbnot.pdf>
- Babujia, L. C.; Hungria, M.; Franchini, J. C.; Brookes, P. C. 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology & Biochemistry*, v.42, pp. 2174-2181.
- Balota, E.L.; Colozzi-Filho, A.; Andrade, D.S., Dick, R.P.2004. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. *Soil Tillage Res.*, 77, pp. 137-145.
- Bauhus J, Khanna PK. The significance of microbial biomass in forest soils. In: Rastin N, Bauhus J, editors. *Going Underground - Ecological Studies in Forest Soils*. Trivandrum, India: Research Signpost; 1999. pp. 77-110.
- Bezabeh, M.W., Hailemariam, M.H., Sogn, T.A., & Eich-Greatorex, S., 2022. Wheat (*Triticum aestivum*) production and grain quality resulting from compost application and rotation with faba bean. *Journal of Agricultural and Food Research*, 10, 100425.
- Ceritoğlu, M., Şahin, S. ve Erman, M. 2019. Vermikompost üretim tekniği ve üretimde kullanılan materyaller. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), s. 230-236.
- Chala, G., Obsa, Z., & Agegnehu, G., 2020. The Ameliorative Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Yield and Yield Components of Barley and Soil Properties on Nitisols of Central Ethiopian Highlands. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 30(4), pp. 169-182.
- Dizikisa, T., Yıldız, N., & Parlak, K. U., 2022. Ağrı-Eleşkirt Yöresi Tarım Topraklarına Vermikompost İlavesinin Mısır Bitkisinde Gelişme ve Makro Besin Elementi İçeriğine Etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(2), pp. 93-108.
- Ducasse, V., Capowiez, Y., & Peigné, J., 2022. Vermicomposting of municipal solid waste as a possible lever for the development of sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(5), 89.
- Durukan, H., Saraç, H., Demirbaş, A., 2019. Farklı Dozlarda Vermikompost Uygulamasının Mısır Bitkisinin Verimine ve Besin Maddesi Alımına Etkisi *Ziraat fakültesi Dergisi Türkiye* 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı, s. 45-51.
- Emperor GN, Kumar K (2015). Microbial population and activity on vermicompost of 'Eudrilus eugeniae' and 'Eisenia fetida' in different concentrations of tea waste with cow dung and kitchen waste mixture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(10), pp. 496-507.
- Erşahin, Ş.Y., 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (2), s. 99-107.

- Esakkiammal B, Esaivani C, Vasanthi K, Lakshmi Bai L, Shanthi Preya N (2015). Microbial diversity of vermicompost and vermiwash prepared from *Eudrilus euginae*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(9), pp. 873-883.
- Ewel, KC, Cropper WP, JR, Gholz HL 1987. Soil CO₂ evolution in Florida slash pine plantations. II. Importance of root respiration. *Can. J. For. Res.* 17.
- Fracchia L, Dohrmann AB, Martinotti MG, Tebbe, CC (2006). Bacterial diversity in a finished compost and vermicompost: differences revealed by cultivation independent analyses of PCR- amplified 16S rRNA genes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71, pp. 942-952.
- Garcia C, Hernandez T, Costa F, Ceccanti, B, Masciandaro G, Ciardi C (1993). A study of biochemical parameters of composted and fresh municipal wastes. *Bioresource Technology*, 44(1), pp. 17-23.
- Göçmez, S. 2006. Menemen Ovası Topraklarında İZSU Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamalarının Mikrobiyal Aktivite ve Biyomas ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi” Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Günhan, T., 2020. Azaltılmış azot gübresi uygulamaları ve solucan gübresi kombinasyonlarının pehlivan ekmeklik buğday çeşidinde (*Triticum aestivum* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.
- Huang K, Li F, Wei Y, Chen X, Fu X (2013). Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by ‘*Eisenia foetida*’. *Bioresource Technology*, 150, pp. 235-241.
- Jenkinson, D.S., Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A. LADD, J.M., eds. *Soil biochemistry*. New York, Marcel Decker, pp. 415-471.
- Katiyar, R. B., Sundaramurthy, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Pratap-Singh, A., Mishra, S., Khan, M. A., 2023. Vermicompost: An Eco-Friendly and Cost-Effective Alternative for Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 15(20), 14701.
- Kelting, D.L., J.A. Burger and G.S. Edwards. 1998. Estimating root respiration, microbial respiration in the rhizosphere, and rootfree soil respiration in forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 30, pp. 961- 968.
- Khalifa, T. H., Mariey, S. A., Ghareeb, Z. E., Khatab, I. A., & Alyamani, A., 2022. Effect of organic amendments and nano-zinc foliar application on alleviation of water stress in some soil properties and water productivity of barley yield. *Agronomy*, 12(3), pp. 585.
- Kızılkaya, R., Hepşen, Ş., Türkmen, C., Durmuş, M. 2012. Vermicompost effects on wheat yield and nutrient contents in soil and plant. *Archives of Agronomy and Soil Science* 8 (S1), pp. 175-179.

- Kızılkaya, R., Hepsen, T. 2007. Microbiological Properties in Earthworm Cast and Surrounding Soil Amended with Various Organic Wastes. Communications In Soil Science and Plant Analysis 38(19-20), pp. 2861-2876.
- Kon, H., 2019. Orta Anadolu koşulların bazı arpa çeşitlerinin verim, kalite ve azot kullanım randımanlarının azotlu gübreleme miktarına göre belirlenmesi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.
- Köksal, B., Aksu, G., Altay, H., 2017. Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi. ÇOMÜ Ziraat. Fakültesi. Dergisi, 5 (2), s. 123-128.
- Kumar, S., Sewhag, M., & Devi, U., 2020. Yield and yield components of barley as influenced by various combinations of nitrogen fertilizer, vermicompost and biomix. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(6S), pp. 171-174.
- Kumar, S., Sewhag, M., Tomar, D., Kumar, B., Kumar, R., & Kumar, D., 2022. Nutrient content and uptake by barley as influenced by various combinations of nitrogen fertilizer, biomix and vermicompost.
- Martínez, M., Rodríguez, T., & Carral, V., tarih belirtilmemiş. Effect of three different vermicomposts on germination of barley (*Hordeum vulgare*), ryegrass (*Lolium perenne*) and chives (*Allium schoenoprasum*).
- Namlı, A., Bekyürek Y., Topçu, E. 2016. Vermikompost Solucan Gübresi El Kitabı, Sümer Ofset Matbaacılık, Basım Sayısı:1, Sayfa Sayısı 173.
- Raich, J.W. and Schlesinger, W.H. 1992. The Global Carbon-Dioxide Flux in Soil Respiration and Its Relationship to Vegetation and Climate. Tellus Series B—Chemical and Physical Meteorology, 44, pp. 81-99.
- Schlöter M, Dilly O, Munch JC: Indicators for evaluating soil quality. “Agriculture Ecosystem and Environment”, 2003, n. 98, pp. 255-262.
- Shen, Z., Yu, Z., Xu, L., Zhao, Y., Yi, S., Shen, C., ... & Bai, Y., 2022. Effects of vermicompost application on growth and heavy metal uptake of barley grown in mudflat salt-affected soils, Agronomy, 12(5), pp. 1007.
- Singh, S. & Misal, N.B., 2022. Effect of Different Levels of Organic and Inorganic Fertilizers on Maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 56, pp. 562-566.
- Sparling, G. P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: C. E. Pankhurst, B. M Doube, V. V. S. R. Gupta (eds). Biological Indicators of Soil Health, Wallingford, UK: CAB International, pp. 97-119.
- Tankuş, Ö., 2019. Farklı dozlarda vermicompost uygulamalarının mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimine etkisi. Yüksek lisans tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Şanlıurfa.

- Toor, M.D., Kızılkaya, R., Anwar, A., Koleva, L., Eldesoky, G.E. 2024. Effects of vermicompost on soil microbiological properties in lettuce rhizosphere: An environmentally friendly approach for sustainable green future. *Environmental Research*, 243(2024), 117737.
- Uzun, S., 2020. Farklı azot kaynaklarının topraktaki biyostimülasyon etkilerinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Wang, W.Y., Dalal, R.C., Moody, P.W., Smith, J.C. 2003. Relationships of Soil Respiration of Microbial Biomass, Substrate Availability and Clay Content. *Soil Biol. Biochem.*35(2), pp. 273-284.
- Yatoo, A. M., Ali, M. N., Baba, Z. A., & Hassan, B., 2021. Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, pp.1-26.