

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

TÜTÜN ATIĞI VE AT GÜBRESİNDEN
VERMİKOMPOST ELDESİ

Sedef ÖZDEN

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nur OKUR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 16.10.2015

Bornova-İZMİR

2015

Sedef ÖZDEN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Tütün Atığı ve At Gübresinden Vermikompost Eldesi” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş vetarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	:	
Raportör Üye	:	
Üye	:	

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / ~~Doktora Tezi~~ olarak sunduğum “Tütün Atığı ve At Gübresinden Vermikompost Eldesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

16 / 10 / 2015

Sedef ÖZDEN

ÖZET**TÜTÜN ATIĞI VE AT GÜBRESİNDEN
VERMİKOMPOST ELDESİ**

ÖZDEN, Sedef

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nur OKUR

Ekim 2015, 58 sayfa

Tarımsal üretimde amaç, insanın temel gıda ve hammadde gereksinimlerini karşılamaktır. Bu yüzden elde edilen ürün doğadakinin aksine sistemin kendisini dengelemesi için toprağa değil sistem dışına çıkar, tüketim merkezlerine ulaşır. Hasattan ve tüketim sonrası kalan atıklar ise hayvan yemi, yakacak vb. şekilde değerlendirilir ya da şehir çöpu dediğimiz atık merkezlerinde birikirilir.

Toprakta yetiştirilen bitkilerin ihtiyacı olan besin maddeleri çoğunlukla kimyasal gübrelerle, çiftlik gübresi dediğimiz sığır, koyun, tavuk, at gübreleri yoluyla ya da toprağa baklagil veya buğdaygil grubundan tek yıllık bitkiler ekip karıştırarak yapılan yeşil gübreleme ile giderilmeye çalışılır. Tarımda kompost kullanımı değişik anlamlarda sistem dışına çıkardığımız her türlü bitkisel ve hayvansal organik maddelerden değişik metotlar ve teknikler kullanarak elde edilen ürünün, yetiştirme tekniğı ve amacına uygun olarak çeşitli şekillerde uygulaması ile olur.

Organik atıkların sürdürülebilir bir şekilde tekrar doğal döngüye dahil edilmesinde en başarılı yöntemlerden birisinin kompostlaştırma olduğı bir gerçektir. Geleneksel kompostlamaya oranla belirgin üstünlükleri bulunan vermikompostlama yöntemi ise son yıllarda büyük bir uygulama alanı bulmuştur.

Gerçekleştirilen bu araştırmada; tütün atığı, at gübresi ve bunların karışımlarında *Eisenia fetida* solucanı vasıtasıyla vermikompost elde edilme olanakları araştırılmış ve vermikompost oluşum sürecindeki biyokimyasal özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Üç ay süre ile vermikompostlama işlemine tabi tutulan atıklarda kimyasal, mikrobiyal ve biyokimyasal parametreler 30. gün, 60. gün ve 90. günde yapılan örneklerde analiz edilmiştir.

Solucanlar aracılığıyla yapılan kompostlama işleminde analiz edilen biyokimyasal parametreler açısından bir azalma meydana gelmiştir. En yüksek enzim aktiviteleri genelde 60. gün örneklerinde saptanırken, en düşük aktivite 30. gün örneklerinde bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, her iki organik materyalin vermikompost yapımı için uygun materyaller olmadığı, bunun yerine termofil kompostlamanın bu organik atıkların stabil bir kompost haline gelmesi için yeterli olduğu söylenebilir.

Anahtar sözcükler: Vermikompost, tütün atığı, at gübresi, *Eisenia fetida*

ABSTRACT**VERMICOMPOSTING OF TOBACCO WASTE
AND HORSE MANURE**

ÖZDEN, Sedef

MSc in, Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Nur OKUR

October 2015, 58 pages

The purpose of the agricultural production is to obtain the basic food and raw-material needs of the humanity. Thus, unlike the ordinary course of the nature, the obtained products do not return in to the soil, but used off-system and transferred to the consumers in order the system to balance itself. The wastes remained from the harvest and consumption are used as fodder or collected at city-dumps.

The lack of nutrients at the soil, caused as a result of harvesting the products, is generally tried to be overcome by the use of chemical fertilizers or by farm manure obtained from the cattle, sheep, poultry and horse manure or by sowing pulse or gramineae for one year and mixing them as a green manure.

Use of compost in agriculture is possible by applying the products, which are obtained from any and all types of vegetal and animal organic materials those we take out of the system in various senses, by using many different methods and techniques in compliance with the growing techniques and the purpose.

Composting is one of the most efficient methods for including the organic wastes to the natural cycle with a sustainable manner. Compared with the aerobic composting, vermicomposting method is very commonly used in the recent times.

At this research we examined the possibilities to obtain vermicompost from horse manure and tobacco waste by using *Eisenia fetida* worm and we examined the biochemical changes during the vermicomposting process. The vermicomposting process lasted for 90 days during which three laboratory analyses were carried out on day 30, 60 and 90 for chemical, microbial and biochemical analysis of the vermicompost.

It had been observed that there took place a decrease in the sense of biochemical parameters at the composting made via worms. The highest enzyme activities had been measured at the samples taken on the 60th day, and the lowest enzyme activities had been measured at the samples taken on the 30th day.

According to research results, it can be stated that, both organic material are not suitable for vermicompost, instead thermophilic composting is fit to convert these organic wastes into stable compost.

Keywords: Vermicompost, tobacco waste, horse manure, *Eisenia fetida*

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimiyle, yüksek lisans çalışmalarımı yöneten, tezimin hazırlanmasında engin bilgilerini paylaşan ve değerli katkılarda bulunan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyesi sayın hocam Prof. Dr. Nur OKUR' a, çalışmamın her aşamasında bana destek sağlayan sayın hocam Doç. Dr. Hüseyin Hüsnü KAYIKÇIOĞLU' na, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Ziraat Mühendisi Onur BAYIZ' a, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve sonsuz destek veren sevgili eşim Dr. Nejat ÖZDEN' e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Organik Atıkların Kompostlanması	3
2.2. Vermikompost	7
2.2.1. Vermikompost işleminde kullanılan solucan türleri	9
2.2.2. Vermikompostta kullanılan materyaller ve yöntemler	9
2.2.3. Vermikompostun tarımda kullanımı	12
2.3. Tütün Endüstrisi Atıklarının Özellikleri ve Tarımsal Amaçlı Kullanımı	15
2.4. At Gübresinin Özellikleri	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Vermikompost üretimi	23
3.2.2. Kompost örneklerinin analizinde kullanılan kimyasal yöntemler ...	25
3.2.3. Kompost örneklerinin analizinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler	26
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Genel Mikrobiyal Parametreler	28
4.1.1. Toprak solunumu (CO ₂ oluşumu)	28
4.1.2. Mikrobiyal biyokütle-C (MBC)	30
4.2. Enzimatik Aktivite	31

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.1. Dehidrogenaz (DHG) enzim aktivitesi	32
4.2.2. Alkalın fosfataz (ALKPA) enzim aktivitesi	33
4.2.3. Üreaz (UA) enzim aktivitesi	35
4.2.4. Proteaz (PRO) enzim aktivitesi	36
4.2.5. β -glukozidaz (GLU) enzim aktivitesi	38
4.2.6. Aril Sülfataz (ArSA) enzim aktivitesi	39
4.3. Kimyasal Parametreler	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR DİZİNİ	44
ÖZGEÇMİŞ	58
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Denemede kullanılan epijeik solucan türlerinden olan <i>Eisenia fetida</i>	22
3.2 Nem dengesinin sağlanması ve solucanların kaçmaması için saksıların üzerinin tül ile kapatılması	24
3.3 İnkübatöre konulan saksıların genel görünümü	24
4.1 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama CO ₂ miktarları	29
4.2 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama MBC miktarları .	31
4.3 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama dehidrogenaz enzim aktivitesi	33
4.4 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama alkalın fosfataz enzim aktivitesi	34
4.5 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama üreaz enzim aktivitesi	36
4.6 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama proteaz enzim aktivitesi	37
4.7 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama β-glukozidaz enzim aktivitesi	39
4.8 Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama aril sülfataz enzim aktivitesi	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Hızlı bir kompostlama süreci için kabul edilebilir ve tercih edilen parametre değerleri	5
2.2 Kompostlama için kullanılacak organik ham materyaller	6
3.1 Denemede kullanılan at gübresi ve tütün atığının bazı kimyasal analiz sonuçları	21
3.2 At gübresi (AG), tütün atığı (TA) ve karışımın (%50 AG + %50 TA) yıkamadan önce ve sonraki pH ve EC değerleri	23
3.3 Deneme konularına bağlı olarak ilave edilen organik materyaller ve solucan miktarları	23
4.1 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan CO ₂ oluşumu miktarları	29
4.2 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan mikrobiyal biyokütle-C miktarları	30
4.3 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan dehidrogenaz enzim aktivitesi	32
4.4 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan alkalın fosfataz enzim aktivitesi	34
4.5 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan üreaz enzim aktivitesi	35
4.6 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan proteaz enzim aktivitesi	37
4.7 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan β-glukozidaz enzim aktivitesi	38
4.8 Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan aril sülfataz enzim aktivitesi	40
4.9 Denemenin son gününde alınan kompost örneklerinin kimyasal özellikleri	42

KISALTMALAR DİZİNİ**Kısaltmalar**

AG	At gübresi
ALKPA	Alkalın fosfataz enzimi
ArSA	Aril sülfataz enzimi
DHG	Dehidrogenaz enzimi
GLU	β -Glukozidaz enzimi
MBC	Mikrobiyal biyokütle - C
PRT	Proteaz enzimi
TA	Tütün atığı
UA	Üreaz enzimi
VAT	Varyans Analiz Tablosu

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun son yıllarda hızla artışı ve sanayileşmedeki hızlı gelişim nedeniyle özellikle tarımda üretim artışını sağlamak amacıyla çok çeşitli tarımsal girdilerin (mineral gübreler, kimyasal tarım ilaçları vb) kullanımı artış göstermiştir. Bunların sonucunda tarımsal ürünlerde görülen ilaç kalıntıları, doğal dengenin bozulması ve çevre kirliliği, insan sağlığını ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini tehdit eder hale gelmiştir. Bu olumsuzluklar nedeni ile "organik tarım" fikri ortaya çıkmıştır.

Organik tarım, “ekolojik sistemde hatalı uygulamalar sonucu kaybolan doğal dengeyi yeniden kurmaya yönelik, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren, esas olarak kimyasal tarım ilaçları, hormonlar ve mineral gübrelerin kullanımını yasaklayan, bunların yerine organik ve yeşil gübreleme, münavebe, toprağın muhafazası, bitkinin direncini artırma, doğal düşmanlardan yararlanılması gibi birçok çevre dostu tekniği tavsiye eden, bütün bu olanakların kapalı bir sistemde oluşturulmasını öneren, üretimde sadece miktar artışının değil aynı zamanda ürün kalitesinin de yükselmesini amaçlayan “alternatif bir üretim şekli” olarak tanımlanabilir (Aksoy ve Altındişli, 1999).

Organik tarım sistemlerinde mikroorganizma fonksiyonu, bitki besin maddelerinin döngüsünde ve bitki gelişiminde ana belirleyici faktör olmaktadır. Toprak çok sayıda bitkisel ve hayvansal canlıları barındırmakla birlikte, birçok ölü biyolojik maddeleri de içermektedir. Toprak mikroorganizmalarının büyük bir kısmı kendileri için gerekli olan besin maddelerini çevredeki organik maddelerden sağlamak zorundadırlar. Toprağa düşen bitkisel ve hayvansal atıklardaki besin elementleri yüksek polimer bileşikler halinde kaldıkları sürece yüksek bitkiler ve mikroorganizmalar bunlardan doğrudan doğruya yararlanamazlar. Mikroorganizmalar salgıladıkları enzimler sayesinde bu bileşikleri daha basit bileşiklere dönüştürerek bitkilerin ve kendilerinin bu bileşiklerden yararlanmalarını sağlarlar. Toprak mikroorganizmaları bu sorumlulukları ile besin döngüsünün ve toprak verimliliğinin sürekliliği açısından gerekli olan koşulları sağlarlar. Diğer yandan organik madde, toprak canlıları ve özellikle mikroorganizma için varlığı mutlak gerekli bir maddedir. Bir taraftan toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirip canlılara en uygun yasama ortamı hazırlarken, bir

tarafından da onlara gıda ve enerji kaynağı görevi görür. Organik tarımda kullanılan organik toprak iyileştiricileri olarak bazı hayvan gübreleri, kompost, humik asit, leonardit gibi organik yapıdaki materyaller sayılabilir.

Toprakların sürdürülebilir kullanımını sağlama, çevre kirliliğini azaltma ve dünyada organik tarıma doğru artan talebi göz önüne alarak azotlu ve fosforlu ticaret gübrelerinin kullanımını minimuma indirecek organik gübre kullanımına ağırlık verilmelidir. Bu amaçla, çeşitli şekillerde ortaya çıkan organik atıkların eğer varsa olumsuz etkileri azaltıldıktan ve olumlu özellikleri de arttırıldıktan sonra, tarım topraklarında değerlendirilebilme olanaklarının araştırılması gerekmektedir. Vermikompostlama ile çeşitli organik atıkların, daha değerli bir organik gübre haline gelmesi de başvurulmuş önemli bir yöntemdir.

Solucanlardan sadece organik atıkların yönetiminde değil diğer yandan toprak verimliliğinin artırılması, bitki yetiştirme ortamlarının oluşturulması, hayvanların beslenmesi ve çevre kirliliğinin bir göstergesini oluşturması gibi birçok alanda yararlanılmaktadır.

Vermikompost terimi, solucanların kullanıldığı organik atık ve/veya atıkları kompostlaştırma işlemi sonucunda elde edilen ürün için kullanılmakta, tek başına solucanların dışkısı ise vermikest (solucan dışkısı, gübresi) veya kısaca kest olarak adlandırılmaktadır (Edwards and Bohlen, 1996).

Yüksek miktarda bitki besin maddesi içeren vermikompost, toprakta yavaş bir hızda çözünerek içeriğindeki besin maddelerinden bitkilerin daha uzun süre yararlanmalarını sağlar. Bu durum vermikomposta değerli bir gübre ve toprak ıslah maddesi olma özelliğini kazandırır. Solucanlar tarafından ıslah edilen organik atıklar kokusuz olup uygun yerlerde stoklanabilirler. Vermikompostun bu özellikleri taşıma, depolama ve dağıtım maliyetini önemli oranda azaltabilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı sırasıyla, tarım topraklarında doğrudan kullanımları sakıncalı olan at gübresi ve tütün atığından *Eisenia fetida* solucanı vasıtasıyla vermikompost elde edilme olanaklarının araştırılması, vermikompost oluşum sürecinin biyokimyasal özelliklerdeki değişimler açısından incelenmesi ve son ürünün gübre olarak değerinin ortaya koyulmasıdır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Organik Atıkların Kompostlanması

Çevre kirliliğini, depolanan atık miktarını ve sera gazı salınımlarını azaltmak için organik yapıdaki atık materyallerin kompostlama yolu ile doğal döngü içerisine sokulması, AB Çevre Politikasının temel uygulama konularından birini oluşturmaktadır. Haug (1993) kompostlamayı; biyolojik olarak ortaya çıkan ısıнын etkisiyle termofilik sıcaklıkların gelişimine izin veren koşullar altında durağan, patojen ve bitki tohumu içermeyen ve topraklara uygulanabilen bir ürün oluşturmak üzere organik substratların biyolojik dekompozisyonu ve stabilizasyonu olarak tanımlamıştır.

Atıkların kompostlaştırılması işlemi hayvancılık faaliyetleri bakımından zengin olmayan Çin ve Hindistan'da çok eskiden beri uygulanmaktadır. 19. yüzyılın ortalarında yapay gübrenin bulunması, yapay gübrenin iyi bir verim arttırıcı olarak ön plana çıkarılması ile humusa gerek kalmadan inorganik gübreler kullanılarak da iyi bitki yetiştirilebileceği görülmesine rağmen günümüzde sürdürülebilir tarım sistemlerinin önem kazanmasıyla kompost benzeri organik materyaller tekrar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Kompostun tarım ve ormancılıkta kullanılması çevre ve dolayısıyla insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. 1994 yılında yürürlüğe giren bir yönetmelik uyarınca, 2005 yılından sonra organik madde içeriği %5'i aşan biyolojik kökenli atıkların düzenli depolama tesislerine dökülmesi Almanya'da yasaklanmıştır. Buna bağlı olarak Avrupa Topluluğu'nun diğer ülkelerinde de biyolojik katı atıkların aerob/anaerob yöntemlerle giderme konusunda çalışmalar ilerlemiş ve kurulan tesislerin sayısı ve kapasiteleri önemli oranlara yükselmiştir.

Kompostlaştırmanın genel hedefleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Tchobanoglous et al., 1993):

1. Ayrışabilir organik maddeleri biyolojik olarak durağan maddeye dönüştürmek,
2. Katı atıklarda bulunabilen patojenleri, böcek yumurtalarını ve diğer istenmeyen organizmaları ve yabancı ot tohumlarını yok etmek,
3. Maksimum besin elementi (azot, fosfor ve potasyum) içeriğine sahip olmak,
4. Bitki gelişimini destekleyen ve toprağı iyileştiren bir ürün elde etmektir.

Doğal bir süreç ürünü olan kompost, organik maddenin ayrışması ile oluşmaktadır. Kompostlaştırma sürecinde organik madde, durağan organik kütle oluşuncaya kadar önce hızlı, daha sonra yavaş bir hızla ayrışır. İkinci kademe sonrasında yavaş ayrışan organik maddeler stabilize olur ve olgunlaşırlar. Kompost olgunluğu, kompostun arazide ıslah edici olarak kullanılabilirliğini belirleyen önemli bir parametredir.

Kompostlaştırma, uygun madde karışımı ile yığın oluşumundan hemen sonra başlar. Hammaddeler ilk karıştırıldığında sürecin başlaması için yeterli hava sağlanmış olur. Sonrasında, mikrobiyal faaliyetlerle oksijen harcanır ve gözenek boşluklarından CO₂'i içeren hava dışarı verilir. Havalanma pasif hava değişimiyle ya da hava üfleme aletleri (blower ve fan gibi) kullanılarak basınçlı havalandırma sağlanır.

Yığın oluştuktan sonraki birkaç saat veya gün içinde mikrobiyal metabolik aktivite nedeni ile önemli bir sıcaklık artış gözlenir. Normal şartlar altında kompost malzemesinin sıcaklığı hızla 50-65°C'a yükselir ve birkaç hafta bu aralıkta kalır. Aerobik ayrışma yavaşladıkça, sıcaklık yavaş yavaş 40°C'ye sonra da ortam sıcaklığına düşer.

Aktif kompost devresini olgunlaştırma süreci izler. Olgunlaştırma sürecinde, maddeler daha düşük bir hızla kompostlaşmaya devam eder. Kompostlaştırma sürecinde, basınçla veya çevirerek (aktararak) havalandırma yapıncaya kadar oksijen kullanım hızı düşer.

Kompost oluşumu belli bir noktada durmaz. Kalan organik maddeler, ortamdaki organizmalar tarafından kullanılmaya ve toplam organik karbon, karbondioksit dönüşürölünceye kadar parçalanma devam eder. Fakat, kompost bu noktadan çok daha önce durağan ve yararlı hale gelebilir. Kompostlaştırma sürecinin pratik olarak tamamlanıp tamamlanmadığı, C/N oranı, oksijen ihtiyacı, sıcaklık, koku gibi kullanım ve işleme özelliklerine bağlı olarak belirlenir (Hue and Liu, 1995).

Çiftliklerden, endüstriyel kuruluşlardan ve kentsel yerleşim alanlarından gelen birçok organik atık ürünleri etkili bir şekilde kompostlanarak ve oldukça büyük miktarları arzu edilen hacimlere küçültülerek kullanılmaktadır. Bu materyaller; mikroorganizmaların hemen ayrıştırabileceği karbonhidratları,

proteinleri ve lipitleri içerdikleri için kompostlama için uygun substratlardır (Zibilske, 1998).

Kompostlama sürecinde başarı sağlamak için, mikroorganizmaların temel gereksinimleri olan nem, oksijen, sıcaklık kontrolü ve besin maddesi yarıyışlılığının sağlanması gerekmektedir (Epstein, 1997).

Kompost oluşumunu etkileyen en önemli çevresel şartlar, su içeriği, tanecik boyutu, havalanma durumu, C/N oranı, pH ve sıcaklıktır. Hızlı bir kompostlama süreci için önerilen koşullar Çizelge 2.1’de, kompost oluşumunda kullanılabilecek atıklar ise Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Hızlı bir kompostlama süreci için kabul edilebilir ve tercih edilen parametre değerleri (Rynk 1992)

Parametre	Kabul edilebilir değerler*	Tercih edilen değerler
Karbon/Azot oranı	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Kompost nem içeriği	% 40 – 65**	% 50 – 60
Oksijen konsantrasyonu	% 5’ den büyük	% 5’ den çok büyük
Parçacık büyüklüğü	0.32 – 1.27 cm	değişmekte
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Sıcaklık	44 – 66 °C	55 – 60 °C

* Bu öneriler, hızlı kompostlaşma içindir. Bu sınırların dışındaki koşullarda da başarılı sonuçlar alınabilir.

** Spesifik materyale, yığın büyüklüğü ya da hava koşullarına bağlıdır.

Çizelge 2.2. Kompostlama için kullanılabilecek organik ham materyaller (Neklyudov et al., 2006)

Evsel atıklar	Tarım, çevre ve bahçe atıkları	Ticari ve endüstriyel atıklar
Meyve ve sebze atıkları	Yapraklar	Agroendüstriyel bira, tütün ve pamuk atıkları
Yumurta ve fındık & ceviz kabukları	Çim kırpıntıları	Endüstriyel havuzlarda oluşan atıklar (alg, su sümbülü) ve atık suların ve drenaj sistemlerin sedimentleri
Çay ve kahve atıkları	Kesilmiş ağaç, funda ve çalı kısımları	Değişik tipteki kentsel atıklar
Saç, tüy, yün, pamuk ve deri	Yabani otlar	Agroendüstriyel işletmelerin ve çiftliklerin atıkları
Odun külleri	Dökülen meyveler	Gıda mühendisliği ve kâğıt endüstrisinin atıkları
Çiçekler, bahçe bitkileri ve bitki kalıntıları	Market atıkları	Bira endüstrisi atıkları
Tuvalet kâğıdı, paket kâğıdı, ambalaj kâğıdı	Bitki kalıntıları (kökler, gövdeler ve saplar)	
Gıda atığı	Sap, saman	
Evsel hayvanların gübresi ve altığı	Park ve çayırın bitki atıkları	
Foseptik	Kuş ve diğer çiftlik hayvanların değişik tipteki gübreleri	
Diğer evsel atıklar	Ölü hayvanların ve kuşların cesetleri	

Kompostlaştırma süreci sonucunda elde edilen kompost ürünü, ürün kalitesine bağlı olarak park bahçelerde, tarım alanlarında, seralarda yaygın olarak kullanılabilmektedir. Toprağın havalanmasını, drenajını ve su tutma kapasitesini düzenleyen kompost ürünü ayrıca besin maddelerini yüksek özümseme kapasitesinden dolayı, toprağın iyon değişim kapasitesini arttırır. Tohum çimlenmesi, ürünün mahsul değeri ve kalitesine katkısı olan kompost aynı zamanda toprak neminin tutulmasını ve gübre kullanımını azaltarak ekonomiye katkı sağlanmasına yardımcı olur.

2.2. Vermikompost

Sürdürülebilir veya organik tarım modellerinde kimyasal girdi kullanımının azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılması amacıyla bu girdilerin yerine geçecek, üretimi ve verimliliği sekteye uğratmayacak alternatif organik girdilerin kullanımı gündeme gelmiştir. Bu alandaki ilk çalışmalar topraktaki organik madde içeriğini arttırmaya yönelik aerobik kompost ürünleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Daha sonra ise kompost konusundaki çalışmalarda vermikompostun yani solucanlı kompost yönteminin, hem işlem hem de ürün bakımından aerobik komposttan daha üstün özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Vermikompost üretimi aerobik kompost üretimine göre çok daha kısa sürmektedir. Ayrıca ürün kalitesi bakımından vermikompost ürünleri, aerobik kompost ürünlerinden fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan çok daha üstün özelliklere ve ekonomik öneme sahiptir (Şimşek-Erşahin, 2007).

Vermikompost işleminde, organik atık ve artıklar ortamdaki mikroorganizmalarca ayrıştırılmakta, daha sonra ise solucanların sindirim sisteminden geçerek hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Bitkisel ve hayvansal atıklar, çeşitli endüstriyel atıklar ve arıtma çamuru solucanlar ile kompostlanabilmektedir (Türkay, 2010).

Solucanların ölü bitkilerin ayrışmalarında ve besin elementlerinin serbest hale geçmelerindeki önemine ilk dikkat çeken Darwin (1881) olmasına rağmen, bilimsel alanda ve hatta teknolojik uygulamalar anlamında vermikültürün hayata geçmesi için bir yüzyıldan fazla beklemek gerekmiştir (Dominguez et al., 2010). Organik atıklarda toprak solucanları yetiştiriciliği olarak tanımlanan “Vermikültür” ile vermikompost üretmek için organik atıkların toprak solucanları tarafından dönüştürülme süreci olarak adlandırılan “vermikompostlama” son yıllarda önemli ölçüde ilerleme göstermiştir. Vermikompostlama işleminin farklı doğal ve antropojenik atıklar olan atık çamurlarda (Suthar 2007; Gupta and Garg, 2008; Khwairakpam and Bhargava, 2009); bahçe bitkileri yetiştiriciliğinden ortaya çıkan artıklarda (Gajalakshmi et al., 2005; Pramanik et al., 2007; Gupta et al., 2007; Suthar 2007); çeltik anızı ve mango yapraklarında (Talashilkar et al., 1999); şeker kamışı küspesi (Pramanik, 2010; Kumar et al., 2010) ile insan (Yadav et al., 2010), tavşan (Gomez-Brandon et al., 2013); domuz (Reeh, 1992), bufalo (Ngo et al., 2011), at ve hindi (Edwards et al., 1998), koyun (Gutierrez-

Miceli et al., 2007) ve sığır gübresinde (Mitchell, 1997) başarılı olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur.

Vermikompostlanacak organik materyallerin kimyasal bileşimi ile diğer organik materyallerle birlikte en iyi karışım oranları, oluşacak son ürünün stabilitesi ile kalitesini etkileyecek en önemli parametrelerdir (Kaushik and Garg, 2003). Vermikompostlama biyo-oksidatif bir süreçtir ve bu süreçte solucanlar, ayrıştırıcılar içerisinde yer alan mikroorganizmalar ve diğer toprak faunası ile yoğun bir etkileşim içindedir (Dominguez, 2004). Toprak mikroorganizmaları organik maddeyi biyokimyasal olarak ayrıştırabilmek amacıyla enzim üretirler; ama solucanlar toprağa giren taze organik materyalleri mikrobiyal kolonizasyona uygun daha fazla yüzey alanı oluşturacak şekilde parçalamalarından ve ögütmelelerinden dolayı mikrobiyal popülasyonları dolaylı olarak teşvik ederler. Biyolojik aktivitenin önemli ölçüde değişmesine neden olan solucanlar, toprakta gerçekleşen ayrışma olaylarına önemli yön vericilerden birisidir. Ayrıca dışkıları (vermikest) da mikrobiyal biyokütlenin ve aktivitenin teşvik edilmesine neden olur ve vermikompostlama sistemindeki diğer biyolojik bileşenlerle yakından ilişkilidir. Böylece solucanlar mikroflora ve mikrofauna toplulukların yapısını da etkilemektedirler (Dominguez et al., 2003; Lores et al., 2006).

Vermikompostlamanın son ürünü olan vermikompost, gözenekli, yüksek su tutma kapasitesine sahip, ince yapılı turba-benzeri bir organik materyaldir. Bitkiler tarafından hızla alınabilecek formda bitki besin elementlerini içermektedir. Organik maddece zengin olan solucan dışkılarında yüksek oranda mineralizasyon meydana gelir. Vermikest ayrıca bitkiler için gerekli olan inorganik besin elementlerinden özellikle amonyumun ve nitratın yüksek miktarlarını içerir.

Vermikompostlama süreci solucanların aktivitesi ile ilişkili olarak iki farklı dönemi içermektedir. (1) solucanların atığı işleme sürecindeki aktif faz, burada atığın fiziksel durumu ve mikrobial kompozisyonu değişmektedir (Lores et al., 2006); (2) olgunlaşma fazı, mikroorganizmaların solucanların ayrıştırdıklarını devralması ve solucanların da sindirilmemiş ve parçalanmamış taze katmanlara hareketi ile ortaya çıkar (Dominguez, 2004). Kompostlaştırmada olduğu gibi, aktif fazın süresi net olarak belli değildir ve solucanların türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir (Aira and Dominguez, 2008).

2.2.1. Vermikompost işleminde kullanılan solucan türleri

Vermikültür endüstrisi faaliyetlerinde kullanılan ve aerobik kompost veya sığır gübresi yığınlarında sıklıkla rastlanan solucan türleri şunlardır: *Eisenia fetida* (tiger worm), *Eisenia andrei* (red tiger worm), *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus* (redworm), *Periony excavatus* (Indian blue worm), *Eudriluseu geniae* (African nightcrawler), *Fletcherodrilus spp*, *Heteroporodrilus spp*, *Pheretima excavatus*. *E. fetida*, *E. andrei*, *D. veneta* türleri ılıman iklim kuşağındaki bölgelere iyi adapte olurken, *L. rubellus* ve *P. excavatus* sıcak tropik iklim alanlarında daha fazla görülür. Bu beş tür, vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türlerdir (Edwards and Bohlen, 1996).

Yukarıda sayılan türler içinde, ticari amaçla kurulan vermikültür/vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen tür *Eisenia fetida* veya *E. andrei*'dir. Ancak *L. rubellus* da kullanılabilecek başka bir solucan türüdür (Dickerson, 2004). *Eisenia spp*'nin en fazla tercih edilen tür olmasında rol oynayan çok sayıda sebep mevcuttur. Bunlar: 1) bu tür diğer türlerden daha hızlı besin tüketir ve daha yüksek üreme ve popülasyon artış oranlarına sahiptir, 2) yeterli besin içeriğine sahip çevrelerde yaşama, mevcut besini tüketme ve çoğalma kapasitesi yüksektir, 3) çok farklı iklim ve çevre koşullarına uyum sağlayabilir, 4) uygun çevre koşulları ve kolay ulaşılan yeterli miktarda besin kaynağı mevcut ise popülasyon artışı çok hızlı olur (Edwards and Bohlen, 1996). Bu sebeplerden dolayı *Eisenia spp*, özellikle ılıman iklim kuşağındaki coğrafyalarda olmak üzere tüm dünyada ticari veya ticari özellikte olmayan vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen ve en fazla kültürü yapılan solucan türüdür.

2.2.2. Vermikompostta kullanılan materyaller ve yöntemler

Vermikompost üretiminde, çok farklı organik atıklar farklı işlemlerden geçirilerek işlenir. Domuz ve büyük baş hayvan gübresi samanla karıştırılarak veya üre düzeyini azaltmak için sıvı kısımdan ayrılarak kullanılabilir. Domuz gübresi toplandıktan en az 2 hafta sonra sığır gübresi ise 3-4 gün sonra solucanlara besin olarak sunulabilir. Ördek, hindi ve tavuk gübreleri yüksek seviyede amonyak içerdikleri için, bu değer 0.5 mg g^{-1} seviyesine düşene dek,

solucanlar bu gübre yığınlarına bırakılmamalıdır (Edwards and Burrows, 1988). Öte yandan endüstriyel artık/atıklar; kağıt ve bira sanayi artıkları, işlenmiş patates, restoran ve bahçe artıkları vermistabilizasyon sürecinde solucanlar tarafından kolaylıkla kabul görürler (Edwards, 1998).

Vermiteknoloji alanında uygulanan yöntemler; basit açık alan yığın sıralarından (windrow), kompleks kapalı sistem (continuous) reaktörlere kadar uzanan geniş bir çeşitliliğe sahiptir (Price, 1987). Toprak üzerinde açık sırayığınlar şeklinde yapılan sıra metodunda süreç çok dikkatli takip edilmelidir. Solucan üretiminin, 50 cm'lik derinliğe sahip yataklarda, organik artık/atıkların düzenli aralıklarla ve ince katmanlar şeklinde yapıldığı sistemler fazla işçilik gerektirmez ve uygulaması kolaydır. Soğuk iklimlerde bu sistemin bir örtüyle dış ortamdan izole edilmesi gerekir. Kasa, sandık/kutu şeklinde basit kaplardaki (batch) üretim kullanışlıdır ve bu sisteme istenildiğinde besin ilavesi ve artık dışarı atımı otomatik yapan sistemler de monte edilebilir. Hem solucan hem de kompost (kest) üretimini maksimize etme amaçlı yeni tasarımlar geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Vermiteknoloji alanındaki teknik gelişim, ileri teknoloji ile insan gücü gereksinimini azaltarak minimum zamanda maksimum solucan biyokütle üretimini ve maksimum miktarda organik atık sağlamayı veya atıkları işlemeyi hedeflemektedir. Bir vermikültür işletmesinde hangi seviyede teknolojinin kullanılacağı alan büyüklüğüne, iş gücü kaynaklarına ve işlenecek artık veya atık tipine göre belirlenir (Edwards, 1998).

Bu alanda uygulanan yöntemler şöyle sınıflandırılabilir:

1) Düşük maliyetli zemin yataklar veya sıralar (Low-Cost Floor Beds or Windrows): Açık alan sıra yığınları (windrow) veya basit duvarlarla çevrili yataklar (floorbeds) vermikomposlama alanında kullanılan en basit yöntemlerdir. Bu yatakların büyüklükleri konusunda kısıtlama yoktur, fakat enine uzunluğun 2.4 m'yi geçmemesi, yığının tamamının işlenmesini kolaylaştırır. Yığının uzunluğu çok daha az öneme sahiptir ve tamamen kullanım alanına bağlı olarak belirlenebilir. Vermikompost karışımı doğrudan toprak üzerinde olabilir ve sızma sebebiyle toprağın suya doyması diye bir durum olmaz. Bu metodun uygulamasında yeterli su ilavesi ve fazla suyun serbest şekilde yığını terk etmesi

sağlanmalıdır. Bu zemin yataklar/ sıralar organik maddeyi diğer yöntemlere göre daha yavaş (6-12 ayda) işler. Bu süre içinde buharlaşma ve sızıntı sebebiyle bitki besin kayıpları olabilir (Edwards, 1998).

2) Hareketli besleme-kapaklı yataklar (Gantry-Fed Beds): Vermikompost alanında işlem etkinliğini arttırmak için, yatak derinliğinin en fazla 1 metre olması ve yiyecek katmanlarının 1-2 cm olarak sıkça ilave edilmesi önemlidir. Bu amaç yatak kenarları üzerinde yükselen hareketli bir kapak kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Az ama sık besin ilavesi çöp işleme etkinliğini en yüksek seviyeye çıkarır, kompostlaşma sürecinde ısı üretiminin en alt seviyede kalmasını ve solucanların devamlı olarak en taze besinle yüzeye yakın beslenmelerini temin eder (Edwards, 1998).

3) Konteynır veya kutular (Containers or Box Systems): Edwards (1998) büyük veya küçük kutu/kaplar içinde gerçekleştirilen yığın (batch) vermikompostlama metodunda çok fazla iş gücü gerektiği için bu malzemelerin, ilave birimlerle geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu yöntem daha çok küçük çaplı ev ve yemekhane gibi mekânlar için uygundur.

4) Yükseltilmiş hareketli-besleme kapaklı yataklar (Raised Gantry-Fed Beds): Solucan faaliyeti genelde üst 10-15 cm'lik organik çöp tabakasında gerçekleştiği için zamanla ilave edilen besin tabakaları içeriği doldurur. Bu nedenle bunların boşaltılması gerekir. Çöplerin işlenme etkinlik ve hızını arttırmak için, yatak malzemesine ayak ekleyerek yükseltmek ve böylece ürünü alttan almak mümkün olur. Yatak, delikli bir alt kısma sahipse, buradan kest alttaki hareketli (çekmece) bölüme dökülerek toplanabilir. Karışım materyali yaylı bir üst kapaktan günlük olarak ince tabakalar halinde ilave edilip, işlenen besin alttan toplanırsa bu şekilde yatak içindeki solucanlar rahatsız edilmeden sistem sürekli kullanılabilir. Bu sisteme, tamamen mekanize “besin ilave” ve “vermikompost toplama” parçaları takılabilir. Böylesi otomatik devamlı-işleyen reaktörler (automated continous- processing reactor) 2 yıl boyunca problem yaşamadan ve etkili bir şekilde kullanılabilir (Price and Phillips, 1990; Edwards, 1995).

2.2.3. Vermikompostun tarımda kullanımı

Vermikestin bitki beslemede etkisi ilk kez Fosgate and Babb (1972) tarafından rapor edilmiştir. Araştırmacılar, sığır gübresinden elde edilen kestin “özel sera çiçek karışımına” eş değer seviyede bitki büyümesini teşvik ettiğini ifade etmişlerdir. Handreck (1986), vermikestin bitkilerin ihtiyaç duyduğu çoğu iz element ihtiyacını karşılayabileceğini fakat çoğu kestin bitkilerin tüm N ihtiyacını karşılayamayacağını ifade ederken; Edwards (Edwards et al., 1985), çoğu organik artık/atıklarda yeterli seviyede besin olduğu ve vermikompost sürecinde çok az N kaybı olduğu görüşünü savunmaktadır. Edwards and Burrows (1988), vermikestin peat, çam kabuğu ve değişik ticari (Ketteringloam, Levington kompostu gibi) karışımların, değişik oranlarda çeşitli sebze, meyve ve soğanlı süs bitkilerinin yetiştirilmesinde kullanıldığı çok geniş bir çalışmada, kestin bariz şekilde bitki çimlenme hızını ve bitki büyümesini arttırdığını rapor etmişlerdir.

Edwards and Burrows (1988), solucan sindirim sistemindeki mukusun mikrobiyal popülasyonlar için optimum bir ortam oluşturarak vermikestin mikrobiyal çeşitlilik ve popülasyon miktarlarını arttırdığını ifade etmiştir. Vermikest granülleri içinde korunan zengin mikrobiyal çeşitlilik, bitki büyümesini teşvik eden çok miktarda hormonların üretildiği yerdir. Bu büyüme hormonları da vermikompost sürecinde oluşan hümit bileşiklere yapışmakta ve bitki ihtiyaç duyduğunda suda çözünürlükleri yüksek olan bu kimyasalları kolaylıkla alabilmektedir. Günümüze kadar çok sayıda farklı bitki türüyle gerçekleştirilen çalışmalar; üstün özelliklere sahip kestlerin diğer peat veya farklı ticari bitki ortamları ile karıştırılmasıyla çok kaliteli bitki büyüme ortamlarının elde edilebildiğini göstermiştir.

Edwards (1988) bir çalışmada, bezelye, marul, buğday, lahana, domates ve turp bitkileri önce hayvansal atıklardan elde edilmiş vermikest içeren küçük saksılarda çimlendirmiş ve daha sonra şaşırtma yapmıştır. Bu çalışma süs bitkileriyle de aynı şekilde tekrar edilmiştir. Her iki çalışmada da çimlenme hızının ve fide büyümesinin kest içeren karışımlarda, ticari saksı karışımı içeren saksılara göre daha iyi gerçekleştiği ifade edilmiştir. Organik artık ve atıklardan elde edilen değişik kest çeşitlerinin soğanlı süs bitkilerinde kullanıldığı çalışmalarda, özellikle krizantem, salviya, petunya bitkilerinin çok daha erken

dönemde çiçek açtıkları görülmüş ve bu etkinin kestin içindeki mikrobiyal aktivite sonucu oluşan kimyasalların hormonal etkileri olabileceği ifade edilmiştir.

Loh et al. (2005), tarafından yapılan 5 haftalık inkübasyon denemesinde keçi dışkısı ile tavuk dışkısının solucanlar tarafından kompostlanmasının *Eisenia fetida* türü solucanların gelişimi ve ortamdaki besin maddesi değişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonunda tavuk gübresinden elde edilen vermikompostun ortama daha fazla azot sağladığı ve *Eisenia fetida* için tavuk gübresinin daha uygun bir ortam olduğu saptanmıştır.

Singh et al. (2008), vermikompost uygulamasının çilek bitkisinin verim ve kalitesi üzerine etkisini belirlemek için 4 farklı vermikompost miktarı (2.5, 5, 7.5 ve 10 t ha⁻¹) uygulamışlardır. Denemelerinde kuzey Hindistan yarıkurak bölge koşulları altında çileğin gübre ihtiyacını ayarlamak için inorganik gübreleme uygulaması yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre vermikompost uygulamasının çilek bitkisinin yayılımı, lif miktarı, kuru madde miktarı ve toplam meyve miktarını artırdığını saptamışlardır.

Garg et al. (2005), çeşitli hayvansal atıklarda vermikompostalama süreci boyunca epijeik solucan türü olan *Eisenia foetida* 'nın gelişim ve çoğalmalarındaki değişimleri araştırdıkları çalışmalarında hayvansal atık olarak inek, bufalo, at, eşek, koyun, keçi ve deve dışkısını kullanmışlardır. 15 haftalık inkübasyon süresi boyunca solucanlardaki ölüm, seksüel çoğalma, kokon oluşumu ve solucan biyomasındaki değişimlerin takip edildiği araştırma sonunda, hiçbir hayvansal dışkıda solucan ölümünün olmadığı, buna karşın solucan gelişim hızının en fazla inek dışkısında olduğu bunu ise sırasıyla koyun ve keçi dışkısının takip ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, her gün meydana gelen kokon üretiminin hayvansal atıklara göre değişiklik gösterdiği, solucan sayısındaki artışın inek dışkısında başlangıca göre 26 kat, at dışkısında ise 39.5 kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Kızılkaya (2004), 30 günlük inkübasyon çalışmasında topraklara farklı düzeylerde uygulanan arıtma çamurlarındaki bakır ve çinkonun solucanlar (*Lumbricus terrestris*) tarafından biyoakümüasyonu ile toprakların ve solucan dışkısının bakır ve çinko fraksiyonlarındaki değişimlerini araştırmıştır. Çalışmada arıtma çamuru dozu arttıkça solucan dokusundaki çinko ve bakırın arttığı, biyo

akümülayon faktörünün ise çinko için en yüksek 25 g kg⁻¹ düzeyindeki arıtma çamuru uygulamasında, bakır için ise 50 g kg⁻¹ düzeyinde olduğu saptanmıştır. Tüm arıtma çamuru uygulamalarında ise solucan dışkısının değışebilir ve organik bağı bakır ve çinko fraksiyonlarının kontrol topraklarındaki seviyeden daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Kızılkaya ve Hepşen (2004), tarafından yapılan bir başka çalışmada topraklara artan düzeyde verilen arıtma çamurunun toprakların ve solucan (*Lumbricus terrestris*) dışkısının besin maddesi ve enzim aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Tüm arıtma çamuru uygulamalarında solucan dışkısının toprağı oranla daha fazla seviyede organik madde, azot ve fosfor içerdii buna karşın enzim aktivitelerinde ise önemli oranda farklılıkların bulunduğunu saptamışlardır. Tüm arıtma çamuru uygulamalarında üreaz ve fosfataz aktivitesinde artış belirlenirken yüksek çamur dozlarında arılsülfataz aktivitesinde azalmaların bulunduğu ancak tüm arıtma çamuru uygulamalarında solucan dışkısının dehidrogenaz aktivitesinin toprağı göre daha düşük seviyede bulunduğunu saptamışlardır.

Kızılkaya (2005), yaptığı inkübasyon çalışmasında toprağı artan düzeylerde ilave edilen çinkonun (0, 50, 100, 250, 500 ve 1000 µg g⁻¹) solucanlar (*Lumbricus terrestris*) tarafından biyoakümülayonu üzerine farklı organik materyallerin etkisini araştırmıştır. C/N oranı geniş olan (buğday sapı ve findık zurufu) organik atık uygulamasında solucan dokusunda C/N oranı dar olanlara (ay atığı ve tütün atığı) göre daha yüksek seviyede çinko akümüle ettiğini, en yüksek biyoakümülayon faktörünün ise 100 µg g⁻¹ çinko dozunda olduğunu belirlemiştir.

Matuseviciute and Eitminaviciute (2005), farklı düzeylerde (5 ve 50 mg kg⁻¹) Cd içeren arıtma çamurları içerisinde *Eisenia fetida* türü solucanların yaşaması, aktivitesi ve ortama adaptasyonunun ve solucan dokularında biriken Cd konsantrasyon miktarını araştırmışlardır. Solucan dokularında biriken Cd konsantrasyonu üzerinde arıtma çamuru içerisinde bulunan diğer metallerin de önemli düzeyde etkili olduğunu, 5 mg kg⁻¹ düzeyinde Cd kapsayan arıtma çamurundaki solucan dokusunda 4.1 mg kg⁻¹ Cd ve 50 mg kg⁻¹ Cd kapsayan arıtma çamurundaki solucan dokusunda ise 2.8 mg kg⁻¹ Cd bulunduğunu saptamışlardır. Aynı zamanda solucanların 2. jenerasyonlarının arıtma çamuru

ortamında yaşama düzeylerinin ve aktivitelerinin arıtma çamuru ortamına ilave edilen 1. jenerasyonlara oranla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Jordao et al. (2006), Cu, Ni ve Zn ile zenginleştirilmiş sığır gübresi vermikompostunun kullanımının bitki verimi üzerine etkisini belirlemek için sera denemesi yürütmüşlerdir. Metalce zenginleştirilmiş vermikompost 5 farklı dozda (0, 25, 50, 65 ve 80 t ha⁻¹) toprağa uygulanmış ve marul yetiştirilmiştir. Deneme sonunda 50, 65 ve 80 t ha⁻¹ dozlarında vermikompost uygulaması yapılan topraklarda, zenginleştirilmemiş vermikompost uygulamasına göre doz artışına bağlı olarak marul veriminde artış belirlenmiştir. Bakır ile zenginleştirilmiş vermikompost uygulamasında yetiştirilen marulun yapraklarındaki bakır konsantrasyonu köklerden daha yüksek (76-244 ppm) çıkmasına rağmen bitkide normal seviyelerde (5.9-13.9 ppm) bulunmuştur.

Tajbakash et al. (2008), farklı tarımsal atıklar ile mantar kompostunun vermikompostlanmasında *E. fetida* ve *E. andrei* türü solucanların kullanılabilme miktarlarını araştırdıkları çalışmada, vermikompostlama sonunda ortamın C/N, pH, tuzluluk ve toplam organik karbon içeriklerinde önemli derecede azalma, toplam azot ve diğer besin maddesi içeriklerinde ise önemli artışlar saptamışlardır.

2.3. Tütün Endüstrisi Atıklarının Özellikleri ve Tarımsal Amaçlı Kullanımı

Ülkemizde, tütün bitkisinin üretimi ile elde edilen gelir, tarımsal gelirin %3'lük bir kısmını oluşturmaktadır (Tugay, 1985). Sigara fabrikalarında işlenen tütünlerde işleme sırasında ortalama olarak %3 hesabıyla yılda toz ve kırıntı olarak 5000-6000 ton tütün fabrikasyon atığı imha edilmektedir. Ayrıca, ekici tütün piyasalarından satın alınan tütünlerden yılda 1500 ton ile 6000 ton arasında değişen miktarda tütünde imha edilmek üzere ayrılmaktadır. Bunun yanı sıra, sigara fabrikalarından çıkacak tozlar da hesaba katıldığında ortalama 7000 ton ile 10000 ton arasında bir atığın değerlendirilmesi gerekmektedir (Anonim, 1973).

Tütün işletme atıkları; ucuz, kolay elde edilebilen, değerlendirilmeyen ve yüksek miktarlarda ortaya çıkan agro-endüstriyel bir atıktır. Tütün atıkları genelde %1-3 N, %2-4.5 K, %0.14-0.27 P, %2.5-6.0 Ca ve %0.15-0.79 Mg içermektedir (Özgüven, 1981). Tütün yapraklarının en değerli kısmı yaprağın ana damarlarıdır.

Bu tip atığın yüksek içerikli toplam azotu kuru maddede ortalama 24.1 kg ve C/N oranı da 13.5-17.9 arasındadır. Bu özelliği tütün atıklarının bitkiler için bir azot kaynağı olarak tarımda kullanılabileceğini göstermektedir (Jakubus and Czekala, 1996).

Civilini et al. (1997), İtalya’da ortaya çıkan tütün atıklarının ortalama 18000 mg kg⁻¹ nikotin içerdiğini ve bu değerin AB düzenlemelerine göre belirlenen 500 mg kg⁻¹ nikotin sınır değerinin üzerinde olduğu için toksik ve zararlı atık olarak nitelendirildiğini belirtmişlerdir. Yine aynı yönetmeliğe göre 200 mg l⁻¹ nin üstünde toplam organik karbon (TOK) içeriğine sahip olması, tütün atıklarının depo alanlarına verilmesini de yasaklamaktadır. Fakat bu atıkların aerobik koşullarda kompostlanması ile nikotin ve TOK içeriğinde önemli azalmalar meydana gelmektedir.

Tütün atıklarını agro-endüstriyel atık olarak değerlendirirken dikkat edilmesi gerekli bazı özellikleri bulunmaktadır. Bunlar yüksek nikotin ve eriyebilir toplam tuz içeriğidir. Nikotin, insektisit etkili bir madde olup bitkiler ve hayvanlar üzerinde toksik etkilere sahiptir (Baldwin and Callahan, 1993). Fakat bu atıkların aerobik koşullarda kompostlanması ile nikotin içeriğinde önemli azalmalar meydana geldiği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Piotrowska-Cyplink et al., 2009, Kayıkçıoğlu and Okur, 2011).

Briksi et al. (2003); yüksek nikotin (2000 mg kg⁻¹ toplam katı madde) ve TOK içeriğine sahip tütün atıklarını aerobik koşullarda kompostlama yaptığında nikotin içeriğinin %80 oranında, toplam katı madde miktarının ise % 50 oranında azaldığını saptamışlardır. Adediran et al. (2004) ise tütün atıklarını sığır gübresi, domuz gübresi, tavuk gübresi ve lahana atıkları ile karıştırarak nikotin içeriğini 12180 mg kg⁻¹’ dan 4872 mg kg⁻¹’ a, kompost haline getirerek ise 160 mg kg⁻¹’ın altına düşürmüşlerdir.

Tütün işleme fabrika atığının toprağa uygulanmasıyla verim artışı sağlandığı birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Brohi and Durak, 1988; Sayın ve Aydın, 1986).

Tütün tozunun gübre olarak kullanılması ile ilgili yapılan bir araştırma sonucuna göre bu atığın çim bitkisinin yeşil çim miktarını ve azot içeriğini artırdığı, en fazla yeşil çim miktarının 4 ton da⁻¹ dozunda elde edildiği

saptanmıştır (Brohi, 1986). Tütün atıklarının tarımda gübre olarak kullanılma olanaklarının araştırıldığı bir başka çalışmada belirli bir düzeye kadar atık uygulamasının verimi artırdığı, ancak yüksek dozlarda yapılan uygulamalarda verimde azalmalar olduğu saptanmıştır (Özgüven ve Kaya, 1984). %1.65-0.2 N, %0.20-0.70 P, %0.33-0.60 K içeren tütün tozunun artan miktarlarının yonca ot verimini belirli oranlarda artırdığı yapılan saksı denemesiyle belirlenmiştir (Sungur, 1978).

Okur ve ark. (1999), İzmir’de Ege tütününü işleyen dört tütün işletmesinden alınan tütün atıkları ve tütün tozlarının besin element içeriklerini incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre dört şirketin tütün atıkları ve tütün tozları arasında bitki besin elementleri açısından önemli bir farklılık saptanamamıştır. Farklı elek aralıklarına sahip tütün atıkları arasında da bitki besin elementi içeriği yönünden herhangi bir fark bulunamazken, sadece 3 ve 5 mm elek aralıklarında bulunan tütün atıklarının daha fazla azot içerdiği tespit edilmiştir. Tütün atıklarının genelde Türk tütünleri ile aynı bileşimi gösterdiği, yeşil ve hayvansal organik gübrelerin makro ve mikro element içeriklerine genelde çok yakın olduğu vurgulanmıştır.

Çerçioğlu ve Okur (2010), kompostlaştırılmış tütün atığı ve ahır gübresinin toprağın makro besin elementi içeriği ve marul verimine olan etkilerini karşılaştırmışlardır. Sigara fabrikasından alınan tütün atıklarının olgunlaştırılmasıyla elde edilen kompost ve ahır gübresi kullanılarak baş salata (*Lactuca sativa* var. *L. capitata*) yetiştirilmiştir. Denemeye ait uygulamalar şu şekildedir: (1) kontrol, (2) 12.5 t ha⁻¹ ahır gübresi + 37.5 t ha⁻¹ tütün atığı kompostu, (3) 25 t ha⁻¹ ahır gübresi + 25 t ha⁻¹ tütün atığı kompostu, (4) 50 t ha⁻¹ ahır gübresi, (5) 50 t ha⁻¹ tütün atığı kompostu, (6) 37.5 t ha⁻¹ ahır gübresi + 12.5 t ha⁻¹ tütün atığı kompostu tütün atığı ve ahır gübresi uygulamalarının dozları ile toprağın makro besin element içerikleri ve verimde kontrole göre olumlu yönde artışlar saptanmıştır. Topraklara ait verimlilik parametrelerinden olan N-P-K gibi makro besin element içeriklerinde gerçekleşen artışlar marul bitkisinin veriminde de gözlenmiştir. Maksimum verim, özellikle 50 t ha⁻¹ tütün atığı kompostunun uygulandığı parsellerde 102.7 t ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, tütün atığı kompostunun toprağın bitki besin maddesi düzeyini iyileştirmek için kullanılabileceğini göstermiştir.

Coşkan ve ark. (2006) Çukurova bölgesinde yaygın uygulama olan anız yakımı atıkları ile tek el sigara fabrikaları atığı olan tütün atığının farklı dozlarının (0, 500 ve 1000 kg da⁻¹) toprağa karıştırılmasının soya-rhizobium simbiyozu ile azot bağlanmasına, soyanın biyomas ve dane verimlerine etkilerini araştırmak amacıyla iki yıllık tarla denemesi yürütmüşlerdir. Denemeden elde edilen değerler, tütün atığı uygulamalarının azot fiksasyonunu ile biyomas ve dane verimlerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. İki yıllık ortalama değerler itibarıyla en yüksek kök ve kök üstü biyomas değerleri yanmış anız ve 1000 kg da⁻¹ tütün atığı uygulanmış parsellerden elde edilmiştir.

Kızılkaya ve ark. (2007) yaptıkları araştırmada, topraklara %5 düzeyinde uygulanan tütün atığı ve buğday samanının üreaz aktivitesi ve kinetiği üzerine etkisini bir inkübasyon denemesi incelemişlerdir. Bu amaçla, killi tın bünyeli deneme toprağına organik atıklar, kuru ağırlık üzerinden %5 oranında karıştırılmış ve 30 gün süre ile 25±0.5°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda alınan örneklerin, farklı substrat konsantrasyonları (%0, %1, %2, %4, %6, %8, %10 ve %12), inkübasyon periyotları (0, 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 saat) ve sıcaklıklarındaki (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 °C) üreaz aktivitesi ve kinetik parametrelerindeki değişimler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, topraklara tütün atığı ve buğday samanı uygulamasının üreaz aktivitesini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, reaksiyon hızının kontrolde %8'lik substrat düzeyine, tütün atığı ve buğday samanı uygulamasında ise %10'luk düzeyine kadar artış gösterdiği ve bu düzeylerden sonra değişmediği belirlenmiştir.

Okur ve ark. (2008), Typic Xerofluvent özellikli bir toprağa çeşitli kombinasyon oranlarında tütün atığı kompostu (TAK) ve hayvan gübresi (HG) uygulamışlar ve Iceberg tipi marul (*Lactuca sativa* var. *L. capitata*) yetiştirmişlerdir. Daha sonra toprağın organik C ve toplam N içeriği, toprak mikrobiyal biyoması, toprak solunumu ve dört enzim aktivitesi (dehidrogenaz, üreaz, alkalın fosfataz ve β-glukozidaz ile marul verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Organik materyaller 50 ton ha⁻¹ düzeyinde toprağa uygulanmıştır. Kontrolle kıyaslandığında %25 HG + %75 TAK ve %100 TAK uygulamalarında; C_{org}, toplam N, toprak solunumu ve dehidrogenaz, üreaz ve alkalın fosfataz değerlerinde önemli yükselmeler saptanmıştır. Tütün atığı kompostu ve hayvan gübresi uygulamaları kontrolle kıyaslandığında marul veriminde de önemli artışa

neden olduğu belirlenmiştir. Sonuçta, tütün atığı kompostunun alternatif organik gübre olarak kullanımının organik maddece fakir özellikle kuru Akdeniz koşullarındaki topraklarda toprağın kimyasal, biyolojik parametreleri ile ürün verimi üzerine etkili olabileceği ileri sürülmüştür.

2.4. At Gübresinin Özellikleri

Çeşitli araştırmalar sonucu ortalama 450 kg ağırlığındaki bir atın yılda ortalama 8-10 ton gübre üreteceğini, bunun da günde yaklaşık 0.02 m^3 'e denk geldiği saptanmıştır. At gübresi, bitki besin maddeleri, çözünebilir ve çözünmez organik bileşikler ve mikroorganizmalar içermektedir. At gübresi bir toprak ıslah maddesi olarak uzun bir geçmişe sahiptir ve tek başına sadece bitki büyümesi için besin değeri yüksek bir kaynak olabilir. Bu gübrenin bileşimi, yem çeşidine, kullanılan yatak tipi ve miktarına, hayvanın yaşı ve fonksiyonuna, gübrenin nasıl depolandığına bağlı olarak değişmektedir (Anonoim, 2015).

Normal şartlarda at gübresi ortalama olarak %0.30-2.50 oranında N, %0.15-2.5 oranında P ve %0.50-3.00 oranında K içermekte olup orta derecede yarıyışlı bir gübredir. Aynı zamanda birçok makro ve mikro bitki besin elementlerini de bünyesinde barındırmaktadır. At gübresi sadece bir bitki besin maddesi kaynağı olmayıp daha da önemlisi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini düzenleyen bir toprak düzenleyicisidir.

Diğer hayvan gübrelerinde de olduğu gibi at gübresinin de toprağa verilmesi sonucu toprağın su tutma kapasitesi artmakta ve su geçirgenliği olumlu yönde etkilenmektedir. Böylece at gübresi, suyun toprak yüzeyinden bağımsızca akmasına, buharlaşmasına ve tarıma elverişli toprakları taşıyıp götürmesine engel olur.

At gübresinin uygulandığı topraklar daha kolay tava gelir ve işlenmesi kolaydır. Ayrıca ince yapılı kil bünyeli toprakların parça bağlılığını gevşetir, hava boşluklarını artırır ve toprağa bitki gelişimi için uygun bir yapı kazandırır. Kum bünyeli yapıdaki topraklarda ise toprak parçacıklarının birbirine yapışmasını sağlar.

At gübresinin en önemli özelliklerinden biri de zengin bir mikroorganizma kaynağı olmasıdır. Toprakla karıştırılan at gübresi, topraktaki mikroorganizma

sayısını ve etkinliğini arttırır. At gübresi diğer hayvan gübresi çeşitlerine göre daha az yoğun olduğu için ev bahçelerinde ve ticari fidanlıklarda değerlidir. Kuru iken C:N oranı yüksektir. Bu gübre düşük koku potansiyeline sahiptir ve hızlı bir şekilde parçalanır. Sonuç olarak at gübresi toprakların verimliliği için değerlendirilmesi gereken önemli bir kaynaktır.

Airaksinen et al. (2001) farklı yataklıkların kalitesi ve bunların at gübresinin kompostlaştırılması üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, yatak maddeleri olarak tahta kırıntısı, saman, tezek, kenevir, keten, talaş, kâğıt parçaları, tezek/tahta kırıntısı, tezek/talaş ve tezek/saman kullanılmıştır. Sonuçta, bir aylık karışım sürecinden sonra sadece tezek gübresinin bitki üretimine uygun hale geldiğini, diğer yataklıkların ise çalışma esnasında kısmi olarak çözüldüğünü ya da hiç çözülmediğini bildirmişlerdir.

Sopha and Sumarni (2013), dolomit, at gübresi ve NPK gübrelerinin karnabahar üzerindeki etkisini ve bezelyedeki kalıntısını incelemek üzere bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada $0-3 \text{ t ha}^{-1}$ dolomit, 0, 15 ve 30 t ha^{-1} at gübresi, 0, 600 ve 1200 kg ha^{-1} NPK gübreleri konu olarak kullanılmıştır. Sonuçta, dolomitin ve at gübresinin karnabaharda sebze çapı ve verimi üzerinde etkisinin olduğu, ancak NPK'nın etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Dolomit olmadan en iyi verime 30 t ha^{-1} at gübresi ve 600 kg ha^{-1} NPK gübre ile ulaşılırken, dolomit ile bu miktar 15 t ha^{-1} at gübresi ve 600 kg ha^{-1} NPK gübre şeklinde olmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada araştırma materyali olarak tütün atığı (TA), at gübresi (AG) ve tütün atığı + at gübresi (TA+AG) karışımı kullanılmıştır. Araştırma materyaline ait bazı özellikler Çizelge 3.1’de gösterilmektedir. Tütün atıkları İzmir ili Torbalı ilçesinde faaliyet gösteren bir sigara fabrikası işletme atığı olarak temin edilirken, at gübresi ise İzmir Büyükşehir Belediyesi Fayton İşletmesi’nden alınmıştır. Yataklık olarak saman içeren taze at gübresi kullanımından önce 15 gün süre ile aerobik ön kompostlamaya tabi tutulmuştur. Bu süre içerisinde at gübresinin içerebileceği patojen ve yabancı tohumların yüksek sıcaklıkta (65-70 °C) ölmesi sağlanmıştır. Daha sonra öğütücü yardımıyla küçültülmüş ve vermikompostlama işlemine hazır hale getirilmiştir. Bitkisel bir atık olan tütün atığı ise ön kompostlama işlemine alınmış ve sıcaklığının bu süre içerisinde 25 °C’yi geçmemesi üzerine vermikompostlama işlemine başlanılmıştır.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan at gübresi ve tütün atığının bazı kimyasal analiz sonuçları

No	Atık	pH (1:10 su)	EC (dS m ⁻¹)	Org. Mad. (%)	P (%)	C (%)	N (%)	C/N
1	At gübresi	8.63	43.00	30.50	0.23	17.69	1.93	9.17
2	Tütün atığı	5.67	66.00	30.00	0.12	17.40	2.60	6.69

Vermikompost yapımı için ticari bir işletmeden elde edilen *Eisenia fetida* türü solucanlar kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Denemede kullanılan epijeik solucan türlerinden olan *Eisenia fetida*

Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Toprak Mikrobiyolojisi Laboratuvarı'nda inkübasyon denemesi olarak yürütülmüştür.

3.2. Yöntem

3.2.1. Vermikompost üretimi

Vermikompost üretimine geçmeden önce, kullanılacak organik materyallerin yüksek tuz içerikleri saf su ile yıkama yapmak suretiyle normal tuz düzeylerine indirilmiştir. Üçer kg at gübresi ve tütün atığı sırasıyla toplam 60 ve 100 litre saf su ile yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra organik atıkların sahip oldukları tuz ve pH düzeyleri Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. At gübresi (AG), tütün atığı (TA) ve karışımın (%50 TA + %50 AG) yıkamadan önce ve sonraki pH ve EC değerleri

Organik Materyal	Yıkamadan Önce		Yıkamadan Sonra	
	pH	EC (dS m ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)
AG	8.63	43.00	7.46	1.20
TA	5.67	66.00	5.63	3.48
TA+AG	6.66	64.00	4.63	3.03

Solucanların yaşamasına olanak verecek tuz düzeylerine sahip AG, TA ve TA+AG (%50+%50) karışımı, saksılara konmak üzere tartılarak hazırlanmıştır. Saksılara konulan organik materyaller ve ilave edilen solucan adetleri Çizelge 3.3’te verilmiştir. Kontrol grubu örnekleri (K) solucan ilavesi yapılmamıştır.

Çizelge 3.3. Deneme konularına bağlı olarak ilave edilen organik materyaller ve solucan miktarları

Organik Materyal	Organik materyaller ve solucan miktarları
TA	125 g TA+ 5 adet solucan
TA (K)	125 g TA
AG	125 g AG+5 adet solucan
AG (K)	125 g AG
TA+AG	62.5 g TA+ 62.5 g AG+5 adet solucan
TA+AG (K)	62.5 g TA+ 62.5 g AG

Vermikompost denemesine 03.01.2014 tarihinde başlanmıştır. Denemede 14x14x12.5 cm ebatlarındaki polietilen saksılara organik materyaller ve solucanlar koyulduktan sonra saksıların son ağırlıkları ölçülmüştür. Ayrıca nem dengesinin sağlanması ve solucanların kaçmaması için saksıların üzeri tül ile kapatılmıştır (Şekil3.2). Solucanların ısı değişiminden etkilenmemesi için saksılar 25°C’de inkübatörde 3 ay boyunca bırakılmıştır (Şekil 3.3). Deneme süresince organik materyallerin nem takipleri ağırlık kaybı üzerinden düzenli olarak yapılmış ve eksilen nem miktarları saf su ile tamamlanmıştır.



Şekil 3.2. Nem dengesinin sağlanması ve solucanların kaçmaması için saksıların üzerinin tül ile kapatılması



Şekil 3.3. İnkübatöre konulan saksıların genel görünümü

Denemenin 30., 60. ve 90. gününde alınan kompost örneklerinden solucanlar el ile toplama yoluyla hasat edilmiş ve bu örnekler 4 °C’ de muhafaza edilmişlerdir. Nemli kompostlar 2 mm’lik elekten geçirilerek mikrobiyolojik analizler için hazır hale getirilmişlerdir.

Tüm kompost örneklerinde mikrobiyolojik analizler olarak alkalın fosfataz, üreaz, proteaz, dehidrogenaz, arilsülfataz ve β -glukozidaz enzim aktiviteleri ile toprak solunumu (CO_2 -Oluşumu) ve mikrobiyal biyokütle-C’u analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca denemenin başında ve sonunda alınan kompost örneklerinde organik madde, toplam N, NH_4 ve $\text{NO}_3\text{-N}$ ’u analizleri yapılmıştır.

Araştırmada elde edilen sonuçların değerlendirmelerinde Tarist istatistik paket programı kullanılmıştır (Açıkgöz ve ark., 2004).

3.2.2. Kompost örneklerinin analizinde kullanılan kimyasal yöntemler

Laboratuvarda hava kurusu hale getirilen kompost örnekleri önce 2 mm’lik elekten geçirildikten sonra aşağıda yer alan kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

Organik Madde: Kuru yakma yöntemiyle 550°C’ de yanma kaybindan yapılmıştır (Kacar, 2008).

Toplam Azot: Modifiye makrokjeldahl yöntemine göre salisilik-sülfirik asit karışımıyla yaş yakılan ve destilasyon işlemiyle borik asit indikatör karışımına alınan örnekler H_2SO_4 ile titre edilmiştir (Bremmer,1965).

$\text{NH}_4\text{-N}$: Örneklerin $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ çözeltisi ile ekstrakte edilmesi ile ortaya çıkan $\text{NH}_4\text{-N}$ ’u 660 nm’de kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Kandeler and Gerber, 1988).

$\text{NO}_3\text{-N}$: Örneklerin $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ çözeltisi ile ekstrakte edilmesi ile ortaya çıkan $\text{NO}_3\text{-N}$ ’ u UV-VİS spektrofotometre ile 210 nm’de kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Scharpf und Wehrmann, 1976).

Toplam Fosfor: Organik materyallere yaş yakma ($\text{HNO}_3\text{:HClO}_4$) uygulanarak ekstraktları elde edilmiş (Kacar, 1995) örneklerde Vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemi ile kolorimetrik olarak saptanmıştır (Lott et al., 1956).

Değişebilir Katyonlar: 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilen örneklerden elde edilen süzükte K ve Ca flame fotometre ile Mg ise Perkin Elmer AS 800 atomik absorpsiyon spektrofotometrede belirlenmiştir (Pratt, 1965).

Alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn; DTPA ile ekstrakte edilen toprak örneklerinden elde edilen süzükte bu elementler atomik absorpsiyon spektrofotometrede saptanmıştır (Lindsay and Norvell, 1978).

3.2.3. Kompost örneklerinin analizinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler

Toprak Solunumu (CO_2 oluşumu): 0.1 N NaOH çözeltisi kullanılarak ve 25 °C’ de 24 saatlik bir inkübasyon süresi sonunda saptanmıştır (Isermeyer, 1952; Jäggi, 1976).

Mikrobiyal Biyokütle-C’ u: Nem miktarları belirlenen örnekler Jenkinson (1976)' a göre fumige edildikten sonra 0.5 M K_2SO_4 ile çalkalanmıştır (Vance et al., 1987). Elde edilen süzükteki C, kuvvetli asit (H_2SO_4 ve H_3PO_4 karışımı) ve 0.4 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ varlığında yaş yakmaya bırakıldıktan sonra dikromat fazlası 25 mM 1.10-fenantrolin demir sülfat kompleks indikatör çözeltisi ile titre edilerek saptanmıştır (Kalembasa and Jenkinson, 1973; Vance et al., 1987). Hesaplamalarda k_{EC} faktörü olarak 0.45 kullanılmıştır (Jenkinson and Ladd, 1981).

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (EC 1.1): TTC (Trifeniltetrazolium klorür) çözeltisi verilen kompost örneklerinin 16 saat 25 °C’ de inkübasyonundan sonra oluşan TPF (trifenilformazan)’ ın 546 nm dalga boyunda fotometrik ölçümü ile belirlenmiştir (Thalman, 1968).

Alkalın (EC 3.1.3.1) Fosfotaz Enzim Aktivitesi: Tamponlanmış p-nitrophenyl fosfat çözeltisinin ilavesinden sonra kompost örnekleri 37 °C’ de 1 hinkübe edilmiş ve fosfomonoesteraz aktivitesi ile ortaya çıkan p-nitrophenol,

sodyum hidroksit ile renklendirilmiş ve 400 nm’ de fotometrik olarak ölçülmüştür (Tabatabai and Bremner, 1969; Eivazi and Tabatabai, 1977).

Üreaz Enzim Aktivitesi (EC 3.5.1.5): Substrat olarak ürenin kullanıldığı örnekler 37 °C’ de 90 dakika inkübe edildikten sonra ortaya çıkan amonyum 2 M KCl ile ekstrakte edildikten sonra modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile tespit edilmiştir (Kandeler and Gerber, 1988).

Proteaz Enzim Aktivitesi (EC 3.4): Substrat olarak kazeinin kullanıldığı örnekler 50 °C’ de 2 saat inkübe edildikten sonra ortaya çıkan aromatik aminoasitlerin folin-ciocalteu ile alkalın ortamda renklendirilmesi ile 700 nm’ de kolorimetrik olarak tespit edilmiştir (Ladd and Butler, 1972).

β -Glukozidaz Enzim Aktivitesi (EC 3.2.1.21): Örnekelerin Salicin ile 37 °C’ de 3 saat inkübe edilmesinden sonra açığa çıkan Saligen’ in spektrofotometrik tayini ile 578 nm’ de saptanmıştır (Hoffman und Dedekan, 1966).

Aril Sülfataz Enzim Aktivitesi (EC 3.1.6.1): Substrat olarak p-nitrophenylsulphate çözeltisinin ilavesinden sonra ortaya çıkan nitrofenol, 430 nm dalga boyunda fotometrik olarak saptanmıştır (Tabatabai and Bremner, 1970).

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Genel Mikrobiyal Parametreler

Toplam 3 ay süren denemenin 30., 60. ve 90. günlerinde alınan kompost örneklerinde genel mikrobiyal parametreler olarak CO₂ oluşumu ile mikrobiyal biyokütle-C'ü miktarları saptanmıştır.

4.1.1. Toprak solunumu (CO₂ oluşumu)

Topraklardaki organik C'nin heterotrofik mikroorganizmalar tarafından C ve enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu son ürün olarak ortaya çıkan CO₂ miktarı, topraktaki organik karbonun mineralizasyonu hakkında sağlıklı ve önemli bilgiler vermektedir. Toprak solunumu aynı zamanda CO₂ oluşumu olarak da bilinmektedir. Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan CO₂ – oluşumu miktarları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların ve dönemlerin analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 1). Kompost örneklerinde saptanan CO₂ değerleri 2.29-17.39 mg CO₂ g⁻¹ d⁻¹ arasında değişmiştir. Deneme süresince TA (K) uygulaması hariç diğer kompostların CO₂ miktarlarında bir azalma meydana gelmiş ve en düşük değerler denemenin 90. gününde ortaya çıkmıştır. Kompost oluşum sürecinde mikroorganizmalar organik maddeyi karbon kaynağı olarak kullanırlar. Mikroorganizmaların gelişim ve aktiviteleri sonucu sıcaklık, CO₂, H₂O buharı ve humus oluşur (Epstein, 1997). CO₂ üretiminde bir değişikliğin olmadığı aşama, artık kompostun stabil bir hale geldiğini gösterir. US Composting Council'e göre <1 mg/g/gün CO₂-C oluşum değerine sahip bir kompost stabil bir kompost olarak kabul edilmektedir (Thompson et al., 2003). Denemenin 3. ayında saptanan CO₂ oluşumu miktarları bu değerle kıyaslandığında tüm kompostların mikrobiyal açıdan henüz stabil bir duruma gelmediği görülmektedir.

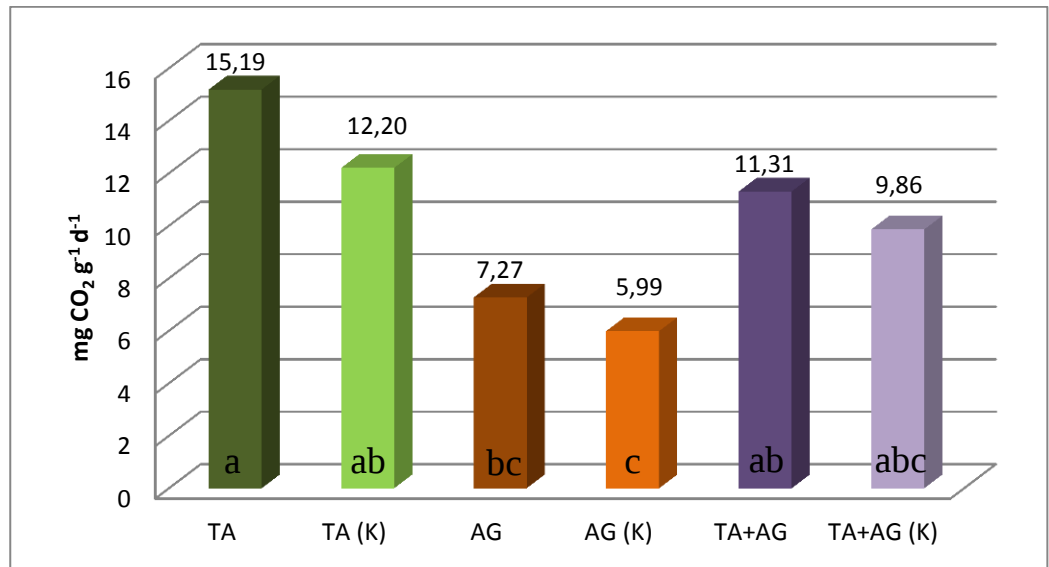
Çizelge 4.1. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan CO₂ oluşumu miktarları

Uygulamalar	CO ₂ oluşumu (mg CO ₂ g ⁻¹ d ⁻¹)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	16.63	ab	A	16.71	a	A	12.23	ab	A
TA (K)	7.99	c	A	12.84	ab	A	15.78	a	A
AG	12.70	ab	A	6.81	b	A	2.29	c	A
AG (K)	8.90	bc	A	5.56	b	A	3.50	bc	A
TA+AG	17.39	a	A	10.03	ab	A	6.50	abc	A
TA+AG (K)	12.19	ab	A	11.41	ab	A	5.98	abc	A

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Ortalama değerler dikkate alındığında ise verimikompostlamanın bütün atığının CO₂ oluşumunu arttırdığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.1). Dominguez and Marina (2013) yaptıkları çalışmada arıtma çamuru ve keçi gübresinde ortaya çıkan CO₂ oluşumu üzerine verimikompostlamanın bir etkisinin olmadığını saptarlarken, Pramanik et al., (2009) sığır gübresi ve çim atıklarından yapılan verimikompostlama sonucu mikrobiyal solunumun arttığını belirlemişlerdir. Bu durum verimikompostlamada solucanların organik atıkları daha küçük parçalara ayırmalarından dolayı yüzey alanı artışının mikrobiyolojik ayrışmayı da artırmasından kaynaklanabilmektedir.

Şekil 4.1. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama CO₂ miktarları

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.1.2. Mikrobiyal biyokütle-C (MBC)

Mikrobiyal biyokütle kavramı topraktaki canlı mikroorganizma ağırlığı anlamına gelmekte olup C, N, S ve P gibi besin maddelerinin yarıyışlı bir deposu ve toprak organik maddesindeki dönüşümlerin göstergesidir (Jenkinson and Ladd, 1981). MBC miktarı, toprağın mikrobiyolojik yapısını karakterize etmede son yıllarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. MBC, toplam N ve C'un çok küçük bir miktarını temsil etmesine rağmen azot ve diğer bitki besin maddelerinin mineralizasyonu ile sonuçlanan hızlı döngüsü nedeni ile bitkilerin beslenmesinde önemli katkıları olmaktadır. Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan mikrobiyal biyokütle-C miktarları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksiyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 2). Kompost örneklerinde saptanan MBC değerleri 374.97-3784.11 $\mu\text{g C g}^{-1}$ arasında değişmiştir. Mikrobiyal biyokütle C miktarının zaman içerisindeki değişimi uygulamalara bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Denemenin ilk ayında en yüksek mikrobiyal biyokütle miktarı at gübresinin kontrol uygulamasında (AG-K) ortaya çıkarken, denemenin sonunda en yüksek mikrobiyal biyokütle miktarı tütün atığı uygulamalarında (TA ve TA-K) saptanmıştır.

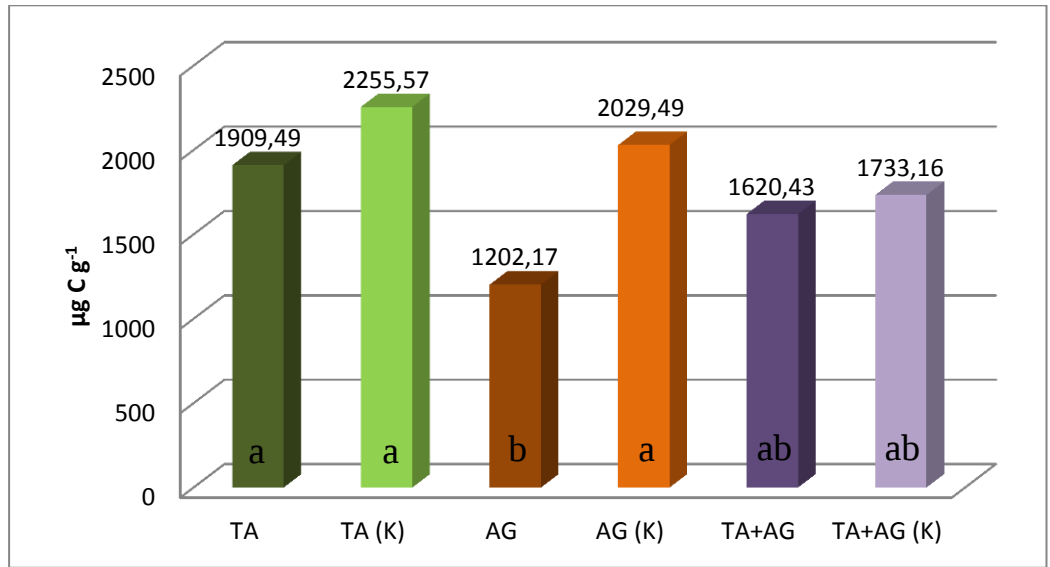
Çizelge 4.2. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan mikrobiyal biyokütle-C miktarları

Uygulamalar	Mikrobiyal Biyokütle-C ($\mu\text{g C g}^{-1}$)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	849.41	bc	B	2341.53	bc	A	2537.53	a	A
TA (K)	374.97	c	B	3784.11	a	A	2607.64	a	A
AG	1342.87	bc	A	1226.99	cd	A	1036.64	b	A
AG (K)	2925.75	a	A	1160.06	d	B	2002.65	ab	AB
TA+AG	890.34	bc	B	2827.16	ab	A	1143.79	b	AB
TA+AG (K)	1995.48	ab	A	2186.48	bc	A	1017.52	b	A

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında ise sadece at gübresi uygulaması hariç diğer iki uygulamada vermikompost yönteminin MBC miktarlarında istatistiki anlamda herhangi bir değişikliğe neden olmadığı saptanmıştır. At gübresi uygulamasında ise vermikompostlama ile MBC miktarı azalmıştır. Benzer bir sonucu bulan Paramanik et al. (2009); farklı organik atıkları vermikompostladıkları bir çalışmalarında, organik atıkların stabilize olmalarından sonra mikrobiyal biyokütle miktarlarında bir azalma saptamışlardır. Bu durum, organik atıkların solucanlar tarafından sindirilmesi sırasında bu atıklarda bulunan mikroorganizmaların ölmesinden kaynaklanabilmektedir.



Şekil 4.2. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama MBC miktarları

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.2. Enzimatik Aktivite

Kompost oluşumu sırasında mikroorganizmalar tarafından salgılanan enzimler, kompleks yapıya sahip organik bileşiklerin daha basit suda eriyebilir bileşikler haline gelmesini sağlarlar (Benitez et al., 1999). Kompost oluşum sürecinde enzimatik aktivite miktarlarında da bazı değişiklikler gerçekleşmektedir. Vermikompostlamanın enzimatik aktivite üzerindeki etkisini saptayabilmek amacıyla, kompost oluşum sürecinin 30, 60 ve 90.günlerinde alınan kompost örneklerinde dehidrogenaz, alkalın fosfotaz, üreaz, proteaz, β -glukozidaz ve aril sülfataz miktarları saptanmıştır.

4.2.1. Dehidrogenaz (DHG) enzim aktivitesi

DHG aktivitesi, organik maddenin oksidasyonu sırasında ATP formundaki enerjiyi üreten metabolik reaksiyonları gerçekleştiren bir grup enzim ile ilişkili bir enzimdir. Bu işlevi nedeni ile özellikle kompost oluşum sürecinde önemli bir enzimdir (Barrena et al., 2008). Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan dehidrogenaz aktivitesi değerleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 3). Kompost örneklerinde saptanan DHG değerleri 841.83-7237.18 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ arasında değişmiştir. Denemenin ilk ayında tüm uygulamalar benzer DHG aktivitesine sahip olurlarken, deneme sonunda en yüksek DHG aktivitesi vermikompostlaştırılmış tütün atığı uygulamasında (TA) saptanmıştır.

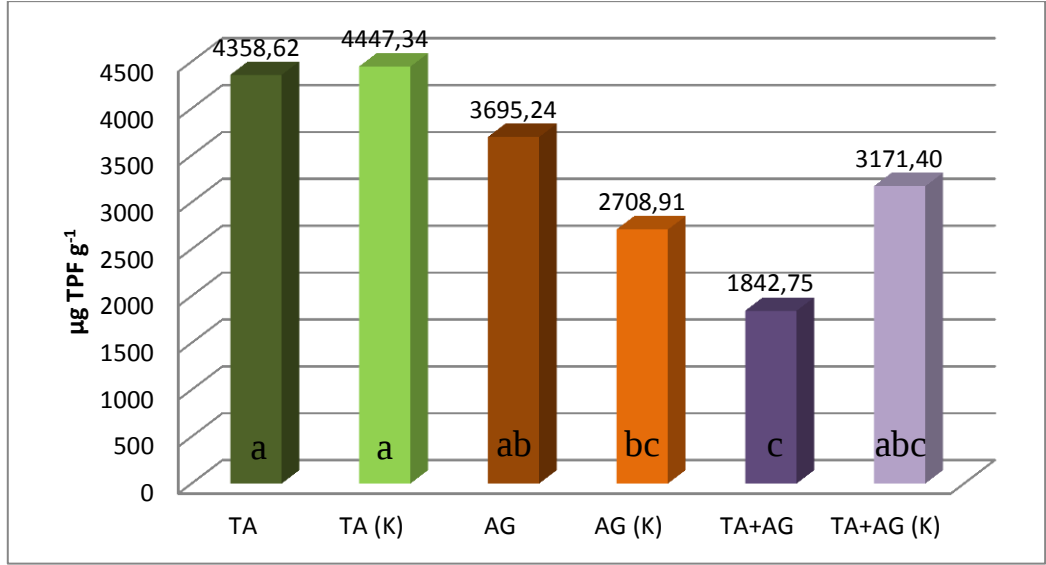
Çizelge 4.3. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan dehidrogenaz enzim aktivitesi

Uygulamalar	Dehidrogenaz Aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	2063.95	<i>a</i>	<i>B</i>	4888.17	<i>abc</i>	<i>AB</i>	6123.74	<i>a</i>	<i>A</i>
TA (K)	2118.43	<i>a</i>	<i>B</i>	7237.18	<i>a</i>	<i>A</i>	3986.40	<i>ab</i>	<i>AB</i>
AG	4005.32	<i>a</i>	<i>A</i>	4037.32	<i>bc</i>	<i>A</i>	3043.07	<i>abc</i>	<i>A</i>
AAG (K)	1770.97	<i>a</i>	<i>AB</i>	5448.41	<i>ab</i>	<i>A</i>	907.34	<i>c</i>	<i>B</i>
TA+AG	2061.39	<i>a</i>	<i>A</i>	2625.03	<i>c</i>	<i>A</i>	841.83	<i>c</i>	<i>A</i>
TA+AG (K)	3160.79	<i>a</i>	<i>A</i>	3660.93	<i>bc</i>	<i>A</i>	2692.47	<i>bc</i>	<i>A</i>

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha = 0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında ise vermikompostlamanın DHG aktivitesi üzerinde kompostun içeriğine göre farklı etkiler gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.3). Tütün atığı kompostunda vermikompostlamanın herhangi bir etkisi söz konusu değilken, at gübresinde aktiviteyi artırdığı, karışım kompostunda ise azalttığı görülmektedir.



Şekil 4.3. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama dehidrogenaz enzim aktivitesi
(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.2.2. Alkalın fosfataz (ALKPA) enzim aktivitesi

Fosfataz enzimleri, organik fosfor bileşiklerini orto-fosfata hidrolize ederek bitkilerin yararlanabileceği forma dönüştürürler (Speir and Ross, 1978). Fosfatazların toprakta iki tipi bulunmaktadır: Optimum pH'sı 9-11 olan alkalın fosfatazlar ve 4-6 pH arasında optimum aktivite gösteren asit fosfatazlar (Stevenson and Cole, 1999). Sadece mikroorganizmalar tarafından oluşturulması nedeniyle alkalın fosfatazlar kompost oluşumu ile daha fazla ilişkisi olan enzimlerdir (Cayuela et al., 2008). Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan alkalın fosfotaz aktivitesi (ALKPA) değerleri Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 4). Kompost örneklerinde saptanan ALKPA değerleri 3537.57-10000.42 $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ arasında değişmiştir. Zamana bağlı olarak değişim incelendiğinde ortalama en yüksek alkalın fosfotaz aktivitesinin denemenin ikinci ayında ortaya çıktığı belirlenmiştir. Farklı kompost materyallerinde bu enzimin saptanan miktarları ve değişimleri de farklı olmuştur. Tiquia (2002) hayvan gübresinin kompostlanması sırasında bu enzimin miktarlarının kademeli bir şekilde arttığını ve sürecin sonunda ise stabil bir hale geldiğini saptamışlardır.

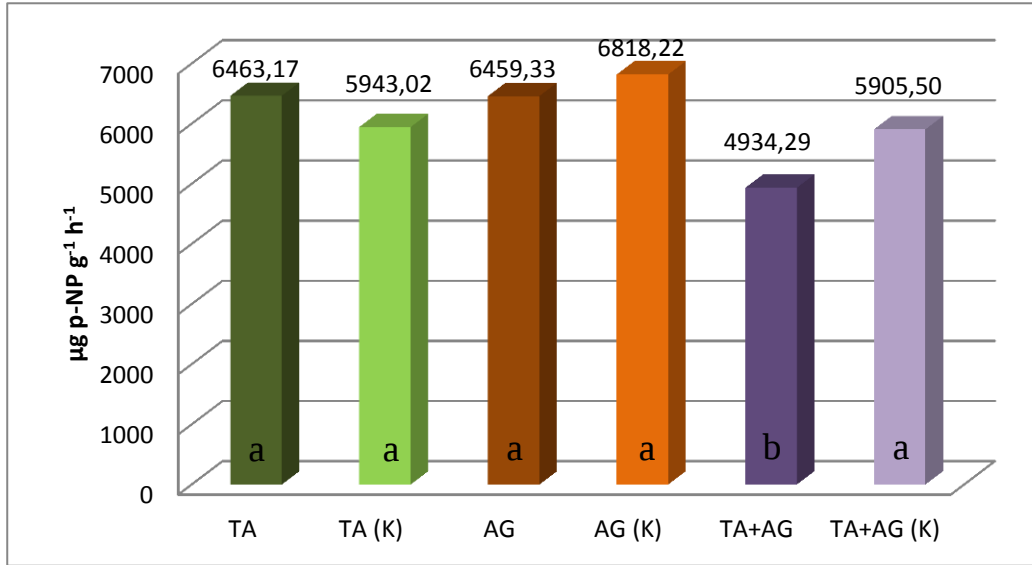
Çizelge 4.4. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan alkalın fosfataz enzim aktivitesi

Uygulamalar	Alkalın Fosfataz Aktivitesi ($\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{h}^{-1}$)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	4554.12	ab	B	9980.27	a	A	4855.12	b	B
TA (K)	3735.47	ab	B	9500.78	a	A	4592.81	b	B
AG	5271.53	a	B	9328.07	a	A	4778.40	b	B
AG (K)	3537.57	b	C	10000.42	a	A	6916.67	a	B
TA+AG	3680.19	ab	B	6648.63	b	A	4474.06	b	AB
TA+AG (K)	5197.05	a	AB	7378.33	b	A	5141.11	ab	B

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında ise vermicompostlaştırmanın tütün atığı ve at gübresi kompostlarındaki ALKPA üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı, karışım kompostunda ise aktiviteyi azalttığı görülmektedir(Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama alkalın fosfataz enzim aktivitesi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.2.3. Üreaz (UA) enzim aktivitesi

Ürenin CO₂ ve NH₃' a hidrolizini katalize eden üreaz enzimi N döngüsü ile ilgili olan bir enzimdir. Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan üreaz aktivitesi değerleri Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksiyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 5). Kompost örneklerinde saptanan UA değerleri 807.76-2531.32 µgNg⁻¹2h⁻¹ arasında değişmiştir.

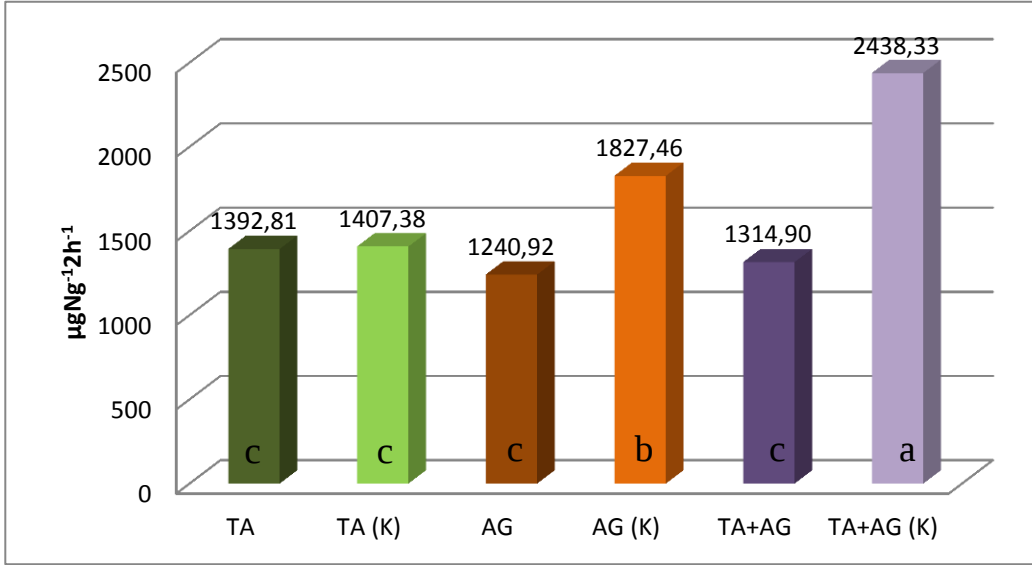
Çizelge 4.5. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan üreaz enzim aktivitesi

Uygulamalar	Üreaz Aktivitesi (µg N g ⁻¹ 2h ⁻¹)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	1557.72	<i>b</i>	<i>A</i>	1267.26	<i>c</i>	<i>A</i>	1353.44	<i>c</i>	<i>A</i>
TA (K)	936.95	<i>c</i>	<i>B</i>	1407.12	<i>bc</i>	<i>AB</i>	1878.06	<i>b</i>	<i>A</i>
AG	1017.12	<i>c</i>	<i>B</i>	1813.08	<i>b</i>	<i>A</i>	892.57	<i>d</i>	<i>B</i>
AG (K)	807.76	<i>c</i>	<i>B</i>	2480.86	<i>a</i>	<i>A</i>	2193.75	<i>ab</i>	<i>A</i>
TA+AG	1215.80	<i>bc</i>	<i>AB</i>	1783.42	<i>b</i>	<i>A</i>	945.47	<i>cd</i>	<i>C</i>
TA+AG (K)	2345.55	<i>a</i>	<i>A</i>	2531.32	<i>a</i>	<i>A</i>	2438.12	<i>a</i>	<i>A</i>

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha = 0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Zamana bağlı olarak değişim incelendiğinde, ortalama en yüksek üreaz aktivitesinin genellikle denemenin ikinci ayında ortaya çıktığı belirlenmiştir. Denemenin ilk ve son ayında en yüksek UA değerleri karışım kompostunda (TA+AG-K) saptanmıştır. Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında ise verimikompostlamanın üreaz aktivitesi üzerinde etkili olmadığı söylenebilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama üreaz enzim aktivitesi
(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.2.4. Proteaz (PRO) enzim aktivitesi

Organik maddedeki proteinin hidrolizini gerçekleştiren proteaz enzimi, birçok bakteri ve fungus hücrelerinde bulunan bir enzimdir. Hücre dışına salgılanan bir enzim olan (eksoenzim) proteaz, toprak kolloidleri üzerine adsorbe olabilmekte veya toprak organik maddesine kovalent bağlarla bağlanabilmektedir (Schinner et al., 1995). Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan proteaz aktivitesi değerleri Çizelge 4.6’te gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 6). Kompost örneklerinde saptanan PRO değerleri 2042.63-5533.14 µgTyrosin g⁻¹ 2h⁻¹ arasında değişmiştir. Denemenin ilk ayında karışım kompostları ile vermikompostlaştırılan at gübresi (AG) daha yüksek bir PRO aktivitesine sahip olurken, üç ay sonra en yüksek PRO aktivitesine sadece AG sahip olmuştur.

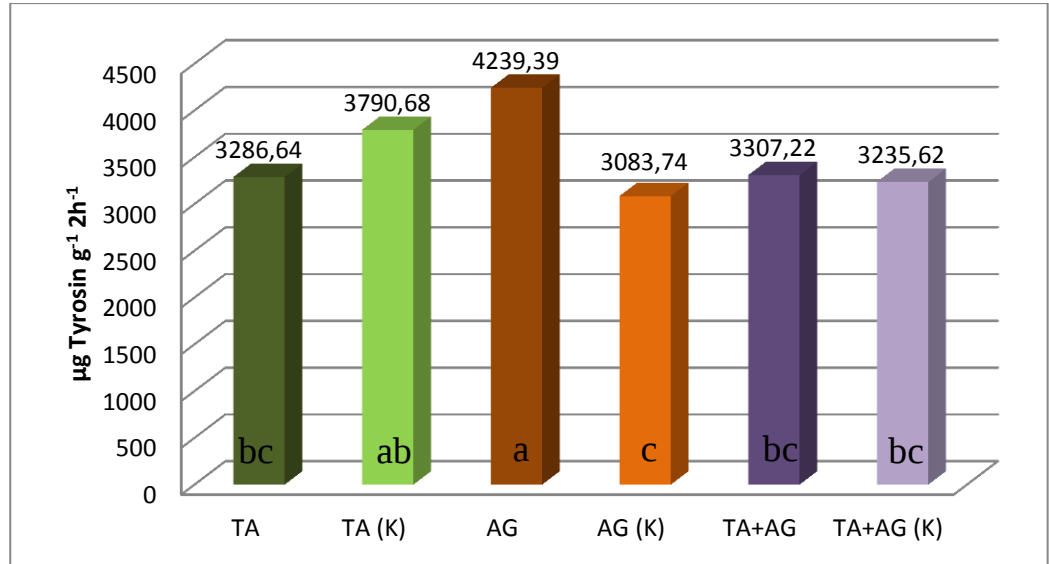
Çizelge 4.6. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan proteaz enzim aktivitesi

Uygulamalar	Proteaz Aktivitesi ($\mu\text{g Tyrosin g}^{-1} 2\text{h}^{-1}$)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	2834.16	<i>b</i>	<i>A</i>	3703.92	<i>bc</i>	<i>A</i>	3321.84	<i>ab</i>	<i>A</i>
TA (K)	2432.32	<i>b</i>	<i>B</i>	5533.14	<i>a</i>	<i>A</i>	3406.57	<i>ab</i>	<i>B</i>
AG	4410.61	<i>a</i>	<i>A</i>	4469.26	<i>ab</i>	<i>A</i>	3838.31	<i>a</i>	<i>A</i>
AG (K)	2988.49	<i>b</i>	<i>AB</i>	3952.08	<i>b</i>	<i>A</i>	2310.64	<i>b</i>	<i>B</i>
TA+AG	4431.65	<i>a</i>	<i>A</i>	2640.28	<i>cd</i>	<i>B</i>	2849.73	<i>ab</i>	<i>AB</i>
TA+AG (K)	5406.94	<i>a</i>	<i>A</i>	2042.63	<i>d</i>	<i>B</i>	2257.28	<i>b</i>	<i>B</i>

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında da verimkompostlamanın sadece at gübresi uygulamasında PRO aktivitesini artırdığı görülmektedir. (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama proteaz enzim aktivitesi
(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.2.5. β -glukozidaz (GLU) enzim aktivitesi

β -glukozidaz enzimi, sellobiozun hidrolizini katalize eder ve bu nedenle organik C bileşiklerinin ayrışmasında önemli rol üstlenir. Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan β -glukozidaz aktivitesi değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksiyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 7). Kompost örneklerinde saptanan GLU değerleri 377.50-1773.49 μg Saligenin $\text{g}^{-1} 3\text{h}^{-1}$ arasında değişmiştir. Denemenin ilk ayında en yüksek GLU aktivitesine vermikompostlaştırılmış at gübresi (AG) sahip olurken, ilerleyen zaman içerisinde önce kontrolle aynı aktiviteye sahip olmuş son ayda ise kontrol AG daha yüksek GLU aktivitesine sahip olmuştur.

Bazı araştırmacılar farklı materyallerin kompostlanması sırasında bu enzim aktivitesinin azaldığını (Benitez et al., 1999; García et al., 1993), bazı araştırmacılar ise arttığını (Mondini et al., 2004) saptamışlardır.

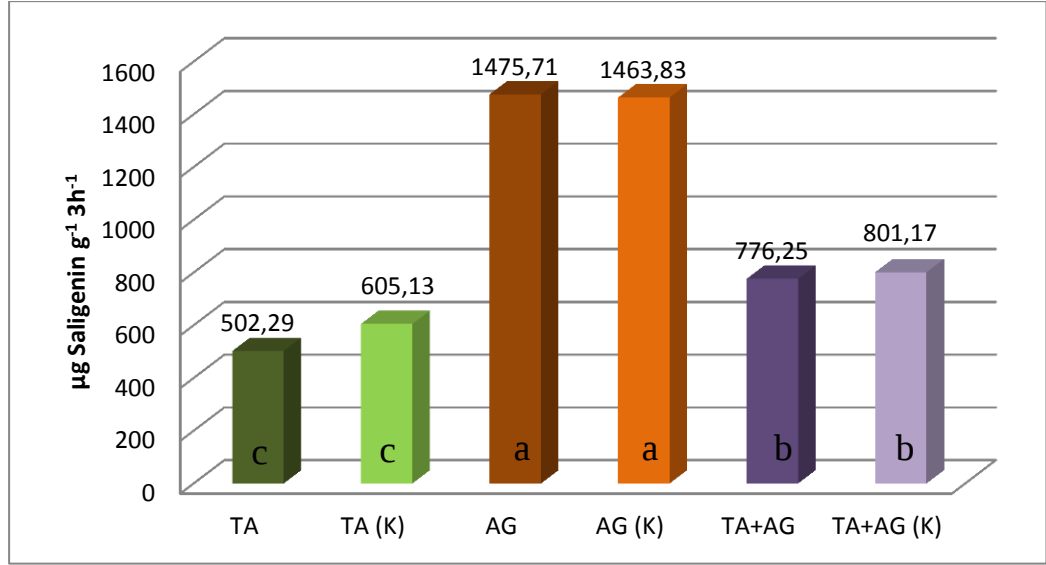
Çizelge 4.7. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan β -glukozidaz enzim aktivitesi

Uygulamalar	β -glukozidaz Aktivitesi (μg Saligenin $\text{g}^{-1} 3\text{h}^{-1}$)								
	30. Gün			60. Gün			90. Gün		
TA	534.18	<i>c</i>	<i>A</i>	535.25	<i>c</i>	<i>A</i>	437.44	<i>d</i>	<i>A</i>
TA (K)	377.50	<i>c</i>	<i>B</i>	755.64	<i>b</i>	<i>A</i>	682.26	<i>c</i>	<i>A</i>
AG	1610.81	<i>a</i>	<i>A</i>	1773.49	<i>a</i>	<i>A</i>	1042.82	<i>b</i>	<i>B</i>
AG (K)	1133.11	<i>b</i>	<i>B</i>	1719.70	<i>a</i>	<i>A</i>	1538.68	<i>a</i>	<i>A</i>
TA+AG	912.41	<i>b</i>	<i>A</i>	766.99	<i>b</i>	<i>A</i>	649.36	<i>cd</i>	<i>A</i>
TA+AG (K)	969.32	<i>b</i>	<i>A</i>	683.53	<i>bc</i>	<i>B</i>	750.65	<i>c</i>	<i>AB</i>

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında ise vermikompostlamanın tüm uygulamaların GLU aktivitesi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama β -glukozidaz enzim aktivitesi
(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.2.6. Aril Sülfataz (ArSA) enzim aktivitesi

Aril sülfataz, oksijen-kükürt bağlarının füzyonu ile aril sülfat esterlerinin hidrolizinden sorumlu bir enzimdir (Spencer, 1958). Bu enzimin topraklarda ester sülfatın mineralizasyonu ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir (Tabatabai, 1994). Kompost örneklerinde deneme süresince 3 kez saptanan ArSA aktivitesi değerleri Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analiz tablosuna göre uygulamaların, dönemlerin ve uygulamaxdönem interaksiyonunun analiz edilen parametre üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 8). Tüm kompostlarda en yüksek ArSA aktivitesi 60.gün örneklerinde analiz edilirken; enzim aktivitesi son dönemde tüm örneklerde azalma göstermiştir. Kompost örneklerinde saptanan aril sülfataz değerleri 1870.80-11298.51 $\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{h}^{-1}$ arasında değişmiştir. Denemenin ilk ayında en yüksek ArSA aktivitesi kontrol karışım uygulamasında (TA+AG-K) saptanırken, denemenin sonunda kontrol at gübresi diğerlerine oranla daha yüksek bir ArSA aktivitesine sahip olmuştur.

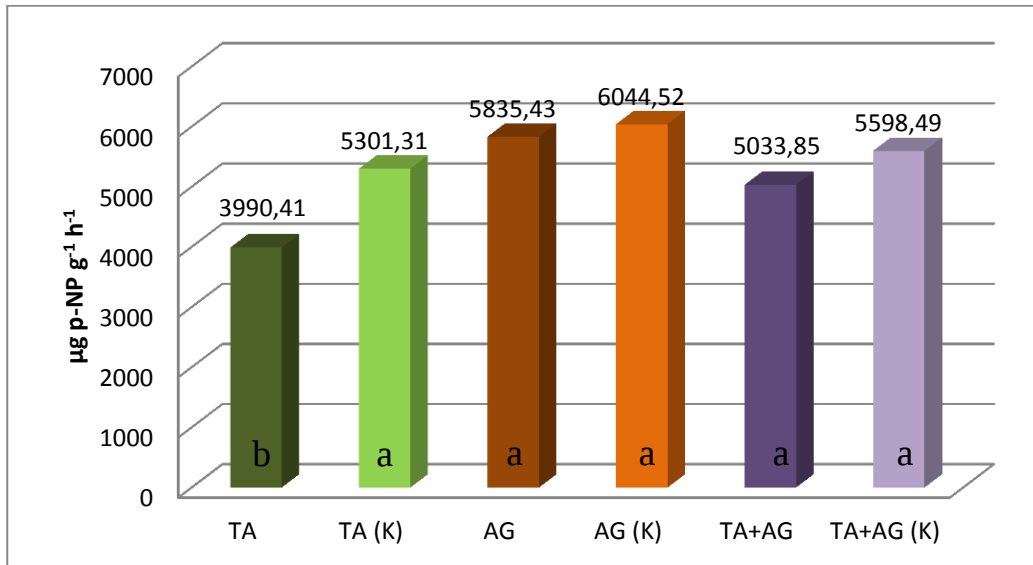
Çizelge 4.8. Deneme süresi boyunca kompost örneklerinde saptanan aril sülfataz enzim aktivitesi

Uygulamalar	Aril Sülfataz Aktivitesi ($\mu\text{g p-NP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)									
	30. Gün			60. Gün			90. Gün			
TA	1870.80	<i>c</i>	<i>B</i>	6662.59	<i>d</i>	<i>A</i>	3437.84	<i>bc</i>	<i>B</i>	
TA (K)	2644.30	<i>bc</i>	<i>B</i>	11298.51	<i>a</i>	<i>A</i>	1961.13	<i>c</i>	<i>B</i>	
AG	4246.92	<i>ab</i>	<i>B</i>	8903.97	<i>bc</i>	<i>A</i>	4355.40	<i>ab</i>	<i>B</i>	
AG (K)	2579.00	<i>bc</i>	<i>C</i>	10039.10	<i>ab</i>	<i>A</i>	5515.45	<i>a</i>	<i>B</i>	
TA+AG	2794.82	<i>abc</i>	<i>B</i>	7688.33	<i>cd</i>	<i>A</i>	4618.41	<i>ab</i>	<i>B</i>	
TA+AG (K)	4599.87	<i>a</i>	<i>B</i>	7517.03	<i>cd</i>	<i>A</i>	4678.56	<i>ab</i>	<i>B</i>	

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.

** Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Üç dönemin ortalama değerleri dikkate alındığında ise vermikompostlaştırmanın ArSA aktivitesi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı hatta TA uygulamasında aktiviteyi azalttığı görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Deneme sonunda kompostlarda saptanan ortalama aril sülfataz enzim aktivitesi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir)

4.3. Kimyasal Parametreler

Denemenin son gününde (90. Gün) alınan kompost örneklerinde organik madde, toplam N ve P, $\text{NH}_4+\text{NO}_3\text{-N}$, değişebilir K, Ca, Mg ile alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları saptanmış ve Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 incelendiğinde, 90. günde organik madde miktarı; en yüksek %86.25 ile AG+TA (K) uygulamasında, en düşük değer %29.08 ile TA uygulamasında, toplam N; en yüksek %3.02 ile AG uygulamasında, en düşük değer %0.80 ile TA (K) uygulamasında, toplam inorganik N ($\text{NH}_4+\text{NO}_3\text{-N}$); en yüksek 8465.0 mg kg^{-1} ile AG uygulamasında, en düşük değer 1671.1 mg kg^{-1} ile AG (K) uygulamasında, toplam P; en yüksek %0.78 ile AG+TA uygulamasında, en düşük değer %0.37 ile TA (K) uygulamasında saptanmıştır.

Araştırmanın 90. gününde alınan örnekler değişebilir katyonlar bakımından incelendiğinde K; en yüksek 5666.75 mg kg^{-1} ile TA (K) uygulamasında, en düşük değer 1391.90 mg kg^{-1} ile TA uygulamasında, Ca; en yüksek 42538.33 mg kg^{-1} ile AG uygulamasında, en düşük değer 27290.00 mg kg^{-1} ile AG (K) uygulamasında, Mg; en yüksek 3727.50 mg kg^{-1} ile TA (K) uygulamasında, en düşük değer 2187.92 mg kg^{-1} ile TA uygulamasında belirlenmiştir.

Araştırmanın 90. gününde alınan örnekler alınabilir mikroelementler bakımından değerlendirildiğinde Cu; en yüksek 76.92 mg kg^{-1} ile TA uygulamasında, en düşük değer 11.39 mg kg^{-1} ile AG (K) uygulamasında, Fe; en yüksek 28762.50 mg kg^{-1} ile TA uygulamasında, en düşük değer 4897.00 mg kg^{-1} ile AG (K) uygulamasında, Mn; en yüksek 311.55 mg kg^{-1} ile TA uygulamasında, en düşük değer 190.70 mg kg^{-1} ile AG+TA (K) uygulamasında, Zn; en yüksek 71.87 mg kg^{-1} ile AG+TA uygulamasında, en düşük değer 48.01 mg kg^{-1} ile TA (K) uygulamasında bulunmuştur.

Sonuçta; elde edilen kompostların topraklarda düzenleyici olarak kullanımları açısından, organik madde ve besin madde miktarlarının yeterli düzeyde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Denemenin son gününde alınan kompost örneklerinin kimyasal özellikleri

Uygulamalar	Organik Madde (%)	Toplam N (%)	Toplam P (%)	NH ₄ +NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	Değişebilir			Alınabilir			
					K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
AG	56.86	3.02	0.75	8465.0	1884.8	42538.3	3403.5	15.15	6330.4	200.51	58.20
AG (K)	40.96	2.55	0.73	1671.1	1530.9	27290.0	2833.0	11.39	4897.0	243.33	49.75
TA	29.08	0.98	0.75	7198.3	1391.9	38568.3	2187.9	76.92	28762.5	311.55	64.21
TA (K)	40.96	0.80	0.37	3802.9	5666.7	37787.5	3727.5	54.52	17196.2	202.80	48.01
AG + TA	39.54	2.75	0.78	5031.8	1915.7	40768.3	3269.0	55.07	17544.0	208.96	71.87
AG + TA (K)	86.25	2.33	0.75	7625.7	2819.5	39222.5	3353.0	47.30	14152.0	190.70	62.84

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; at gübresi ve tütün atığının tek başlarına ve karışım halinde vermikompostlamanın, CO₂ oluşumu hariç diğer mikrobiyal parametrelerde nötr veya negatif bir etkiye neden olduğu ortaya çıkarılmıştır. CO₂ oluşumundaki artış, vermikompostlamada solucanların organik atıkları daha küçük parçalara ayırmalarından dolayı yüzey alanı artışına bağlı olarak mikrobiyolojik ayrışmayı da artırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla beraber muhtemelen bu durumun kompostun stabil hale geçme süresini uzatmasından dolayı, daha uzun bir zaman boyunca (4 veya 5 ay) bu parametrenin izlenmesi gerektiği de ortaya çıkmıştır. Vermikompostlamanın mikrobiyal parametrelerdeki bu etkisi, organik atıkların solucanlar tarafından sindirilmesi sırasında bu atıklarda bulunan mikroorganizmaların ölmesinden kaynaklanmış olabilir. Bunun yanında üç aylık süre sonunda solucan sayısında herhangi bir artış olmaması ve hatta tütün kompostlarında tüm solucanların ölmesi nedeniyle de her iki organik materyalin vermikompost yapımı için çok uygun materyaller olmadığı bunun yerine sadece kompostlamanın bu organik atıkların stabil bir kompost haline gelmesi için yeterli olduğu söylenebilir. Kimyasal parametrelerin de genellikle vermikompostlamaya bağlı olmaksızın zaman içerisindeki artışları bu görüşü doğrulamaktadır. Bu organik materyallerin solucanların çoğalmasını sağlayabilecek başka organik atıklarla karıştırılarak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin solucanların çoğalmalarını artıracak yönde ıslah edilmeleri durumunda sürecin nasıl işleyeceğinin araştırılacağı yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Açıkgöz, N., İlker, E. ve Gökçöl, A.**, 2004, TARIST- Biyolojik Araştırmaların Bilgisayarda Değerlendirmeleri. ISBN: 973-483-607-8. E.Ü. Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yayın No:2. Bornova-İzmir.
- Adediran, J.A., Mnkeni, P.N.S., Mafu, N.C. and Muyima, N.Y.O.**, 2004, Changes in chemical properties and temperature during the composting of tobacco waste with other organic materials and effects of resulting compost on lettuce (*Lactuca sativa L.*) and spinach (*Spinacea oleracea L.*), *Biological Agriculture and Horticulture*. 22: 101 – 119 pp.
- Aira, M. and Domínguez, J.**, 2008, Optimizing vermicomposting of animal wastes: effects of dose of manure application on carbon loss and microbial stabilization, *J. Environ. Manage*, 88: 1525–1529 pp.
- Airaksinen. S., Heinonen-Tanski, H. and Heiskanen, M-L.** 2001, Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure, *J. Equine Vet. Sci.*, 21: 125-130 pp.
- Aksoy, U. ve A. Altındışli**, 1999, Dünya’da ve Türkiye’de Ekolojik Tarım Ürünleri Üretimi, İhracatı ve Geliştirme Olanakları. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 1999-70. İstanbul, 125 s.
- Anonim**, 1973, Türkiye' de Tütün. Yapı ve Kredi Bankası A. P. İktisadi Araştırma Yayınlarından, 57 s.
- Anonim**, 2015, “Horse Manure Management, A Guide for Bay Area Horse Keepers”, <http://sonomarc.d.org/documents/Horse-Manure-Management-Guide.pdf> (Erişim tarihi 15 Mart 2015)
- Baldwin, I. T. and Callahan, P.**, 1993, Autotoxicity and chemical defense: Nicotine accumulation and carbon gain in solanaceous plants, *Oecologia*, 94: 534-541 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Barrena, R., Vázquez, F. and Sánchez, A.**, 2008, Dehydrogenase activity as a method for monitoring the composting process, *Bioresource Technology*, 99 (4): 905-908 pp.
- Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G. and Ceccanti, B.**, 1999, Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*, *Bioresource Technology*, 67: 297-303 pp.
- Bremner, J.M.**, 1965, 'Total Nitrogen', in C.A. Black (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin-USA, 1149-1178 pp.
- Brikši, F., Horgas, N., Vukovic, M. and Gomzi, Z.**, 2003, Aerobic composting of tobacco industry solid waste simulation of the process. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 5 (3-4): 295-301 pp.
- Brohi, A.R.**, 1986, Çimlerde Tütün Tozunun Gübre Olarak Kullanılması. Türkiye Toprak İlmi Derneği, 10.Bilimsel Toplantı Tebliğleri. Kırklareli.
- Brohi, A.R. ve Durak, A.**, 1988, Toprağın Organik Madde ve Besin Elementi Kapsamına Tütün Tozu ve Ahır Gübresinin Etkilerinin Karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üni. Tokat Zir. Fak. Der.* Cilt:4 Sayı 1.
- Civilini, M., Domenis, C., Sebastianutto, N. and de Berfoldi, M.**, 1997, Nicotine decontamination of tobacco agroindustrial waste and its degradation by micro-organisms, *Waste Manage Res.*, 15: 349-358 pp.
- Coşkan, A., Gök, M. ve Doğan, K.**, 2006, Anız Yakılmış ve Yakılmamış Parseller Üzerine Uygulanan Tütün Atığının Soyada Biyolojik Azot Fiksasyonuna ve Verime Etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 12 (3): 239-245 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cayuela, M.L., Mondini, C., Sánchez-Monedero, M.A. and Roig, A.,** 2008, Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterisation of two-phase olive mill wastes composting, *Bioresource Technology*, 99: 4255-4262 pp.
- Çerçioğlu, M. and Okur, B.,** 2010, Effects of Tobacco Waste and Farmyard Manure on Macro Element Status of Soil and Yield of Grown Lettuce (*Lactuca sativa L. var. capitata*), *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(3): 331-338 s.
- Darwin, C. R.,** 1881, The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits, London: John Murray, retrieved 12 February 2009.
- Dickerson, G.W.,** 2004, Vermicomposting. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University, http://www.cahe.nmsu.edu/Pubs/h/h_164.pdf (Erişim tarihi: 15 Mart 2015).
- Domínguez, J., Parmelee, R.W., and Edwards, C.A.,** 2003, Interactions between *Eisenia andrei* (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting, *Pedobiologia*, 47: 53-60 pp.
- Domínguez, J.,** 2004, State of the Art and New Perspectives on Vermicomposting Research, *Earthworm Ecology*, C.A. Edwards, (Ed.), CRC Press, ISBN 1-884015-74-3, Boca Raton, Florida, 401-424 pp.
- Domínguez, J., Aira, M. and Gómez-Brandón, M.,** 2010, Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. pp. 93-114. *Microbes at Work: From Wastes to Resources*, Insam, H., Franke-Whittle, I. and Goberna, M., (Eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 329 pp.
- Dominguez, J. and Gomez-Brandon, M.,** 2013, The influence of earthworms on nutrient dynamics during the process of vermicomposting, *Waste Management & Research*, 31(8): 859-868 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Edwards, C.A.**, 1988, Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 24: 21-31 pp.
- Edwards, C.A.**, 1998, Preface. In: C.A. Edwards (ed.) *Earthworm Ecology*, CRC Press, Florida, USA.
- Edwards, C. A. and Bohlen, P. J.**, 1996, *Biology and Ecology of Earthworm*. (3rd edn.), Chapman and Hall, London. 426 pp.
- Edwards, C.A., Burrows, I., Fletcher, K.E. and Jones, B.A.**, 1985, The use of earthworms for composting farm wastes. In composting of Agricultural and Other Wastes, JKR Gasser (Ed.), *Elsevier*, Amsterdam, 229-242 pp.
- Edwards, C.A. and Burrows, I.**, 1988, The potential of earthworm compost as plant growth media. In *Earthworms in Waste and Environmental Management* (eds, C.A. Edwards & E.F. Neuhauser), Academic Publishing: The Hague, The Netherlands.
- Edwards, C.A., Domínguez, J. and Neuhauser, E.F.**, 1998, Growth and reproduction of *Parionyx excavatus* (Perr.) (Megascolecidae) as factors in organic waste management, *Biology and Fertility of Soils*, 27: 155-161 pp.
- Edwards, C.A.**, 1995, Commercial and environmental potential of vermicomposting: A historical overview, *Bio Cycle*, June, 62-63 pp.
- Eivazi, F. and Tabatabai, M.A.**, 1977, Phosphatases in soils, *Soil Biology and Biochemistry*. 9: 167-172 pp.
- Epstein, E.**, 1997, *The Science of Composting*. Thecnomic Publishing Company, Inc. Lancaster, Basel.
- Fernandez-Gomez M.J., Nogales R., Insam H., Romero E. and Goberna M.**, 2010, Continuous-feeding vermicomposting as a recycling management method to revalue tomato-fruit wastes from greenhouse crops. *Waste Manage*, 2461-2468 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fosgate, O.T. and Babb, M.R.**, 1972, Biodegradation of animal wastes by *Lumbricus terrestris*, *J. Animal Sci.*, 55: 870 pp.
- Gajalakshmi, S., Ramasamy, E.V. and Abbasi, S.A.**, 2005, Composting–vermicomposting of leaf litter ensuing from the trees of mango (*Mangifera indica*), *Bioresource Technology*, 96: 1057-1061 pp.
- García, C., Hernández, T., Costa, F., Ceccanti, B. and Gani, A.**, 1993, Hydrolases in the organic matter fractions of sewage sludge: Changes with composting, *Bioresource Technology*, 45 (1): 47-52 pp.
- Garg, V.K., Chand, S., Chhillar, A. and Yadav, A.**, 2005, Growth and reproduction of *Esenia foetida* in varios animal waste during vermicomposting, *Applied Ecology and Environmental Resource*, 3: 51-59 pp.
- Gómez-Brandón, M., Lores, M. and Domínguez, J.**, 2013, Changes in chemical and microbiological properties of rabbit manure in a continuous-feeding vermicomposting system, *Bioresource Technology*, 128: 310-316 pp.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., Santiago-Borraz, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C, Abud-Archila, M., Llaven, M.A.O., Rincón-Rosales, R. and Dendooven, L.**, 2007, Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*), *Bioresource Technology*, 98: 2781-2786 pp.
- Gupta, R., Mutiyar, P.K., Rawat, N.K., Saini, M.S. and Garg, V.K.**, 2007, Development of a water hyacinth based vermireactor using an epigeic earthworm *Eisenia foetida*, *Bioresource Technology*, 98: 2605-2610 pp.
- Gupta, R. and Garg, V.K.**, 2008, Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting, *Journal of Hazardous Materials*, 162: 430-439 pp.
- Handreck, K.**, 1986, “Vermicomposts as components of potting media”, *Bio Cycle*, 58-62 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Haug, R.T.**, 1993, The Practical Handbook of Compost Engineering, Lewis Publishers, Boca Raton, Fl, 717 pp.
- Hoffman, G. and Dedekan, M.**, 1966, Eine methode zur kolorimetrischen bestimmung der &- Glucosidaseaktivitat in böden. Zpflanzenernaehr Bodenk, 108: 195-201 pp.
- Hue, N.V. and Liu, J.**, 1995, Predicting compost stability, Compost Sci. & Utiliz, 3:8-15 pp.
- Isermeyer, H.**, 1952, Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Karbonate im Boden, Z. Pflanzenern, Düng., Bodenkde.
- Jäggi, W.**, 1976. Die Bestimmung der CO₂-Biulding als Maâ der bonbodenbiologischen Aktivität, Schwiez Landwirtschaft Forchung. 15: 371-380 pp.
- Jackson, M. L.**, 1958, Soil Chemical Analysis. P.1-498. Prentice- Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Jakubus M. and Czekala J.**, 1996, Decomposition of seed hemp roots and its influence on copper share in soil fractions and humus compounds. 8th Meeting of the International Humic Substances Society:” The role of humic substances in the ecosystem and in environmental protection”, Wrocław, 9-14.09.1996: 246 pp.
- Jenkinson, D.S. and Ladd, J.N.**, 1981, Microbial biomass in soil: Measurement and turnover, *In Soil Biochemistry*, Vol. 5. E.A. Paul and J.N. Ladd (eds.). Marcel Dekker, New York, 415-471 pp.
- Jordao C.P., Nascentes C.C., Cecon P.R., Fontes R.L.F. and Pereira J.L.**, 2006, Heavy metal availability in soil amended with composted urban sol-id wastes, *Environmental Monitor-ing Assessment*, 112: 309-326 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kacar, B.**, 1995, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III-Toprak Analizleri., A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Yayın No: 3, Ankara.
- Kacar, B. ve İnal, A.**, 2008, Bitki Analizleri, Nobel Yayın No:1241, ISBN 978-605-395-036-3, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kalembasa, S.J. and Jenkinson, D.S.**, 1973, A comparative study of titrimetric and gravimetric methods for the determination of organic carbon in soil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24: 1085-1090 pp.
- Kandeler, E. and Gerber, H.**, 1988, Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium, *Biology and Fertility of Soils*. 6: 68-72 pp.
- Kaushik P. and Garg V.K.**, 2003, Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with epigeic earthworm *Eisenia fetida*, *Bioresour. Technol.*, 90: 311-316 pp.
- Kayıkçıoğlu, H.H. and Okur, N.**, 2011, Evolution of enzyme activities during composting of tobacco waste, *Waste Management & Research*, 29(11): 1124-1133 pp.
- Khwairakpam, M. and Bhargava, R.**, 2009, Vermitechnology for sewage sludge recycling, *Journal of Hazardous Materials*, 161: 948-954 pp.
- Kızılkaya, R.**, 2004, Cu and Zn accumulation in earthworm *Lumbricus terrestris* L. İn sewage sludge amended soil and fractions of Cu and Zn in casts and surrounding soil, *Ecological Engineering*, 22: 141–151 pp.
- Kızılkaya, R. and Hepşen, Ş.**, 2004, Effect of biosolid amendment on enzyme activities in earthworm (*Lumbricus terrestris*) casts, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167: 202-208 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kızılkaya, R.**, 2005, “The role of different organic wastes on zinc bioaccumulation by earthworm *Lumbricus terrestris* L. (Oligochaeta) in successive Zn added soil”, *Ecological Engineering*, 25: 322-331 pp.
- Kızılkaya, R., Ekberli, İ. ve Kars, N.**, 2007, Tütün Atığı ve Buğday Samanı Uygulanmış Toprakta Üreaz Aktivitesi ve Kinetiği, *A.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3): 186-194 s.
- Kumar, R., Verma, D., Singh, B.L., Kumar and U. Shweta**, 2010, Composting of sugarcane waste by-products through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting, *Bioresource Technology*, 101: 6707-6711 pp.
- Ladd, J.N. and Butler, J.H.A.**, 1972, Short-term assay of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates, *Soil Biology and Biochemistry*, 4:19- 39 pp.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A.**, 1978, Development of a DTPA Soil Test For Zn, Fe, Mn and Cu, *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3): 421-428 pp.
- Loh T.C., Lee Y.C., Liang J.B. and Tan D.**, 2005, Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance, *Bioresour Technol.*, 96:11-114 pp.
- Lores, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Díaz, D. and Domínguez, J.**, 2006, Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts, *Soil Biol. Biochem.*, 38: 2993-2996 pp.
- Lott, W.L., Nery, J.P., Galld, J.R. and Mercalf, J.C.**, 1956, Leaf Analyses Technique in Coffee Research. New York, IBEC., Research Ins. Bulletin, No. 9.
- Matuseviciute, A. and Eitminaviciute, I.**, 2005, Effects of different cadmium concentrations on survival reproduction and adaptation of *Eisenia fetida* Californica, *Acta Zoologica Lituanica*, 15: 361-369 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mitchell, A.**, 1997, Production of *Eisenia foetida* and vermicompost from feedlot cattle manure, *Soil Biology & Biochemistry*, 29: 763-766 pp.
- Mondini, C., Fornasier, F. and Sinicco, T.**, 2004, Enzymatic activity as a parameter for the characterization of the composting process, *Soil Biology & Biochemistry*, 36: 1587-1594 pp.
- Neklyudov, A.D., Fedotov, G.N. and Ivankin, A.N.**, 2006, Aerobic processing of organic waste into compost, *Applied Biochemistry and Microbiology*, 42 (4): 341-353 pp.
- Ngo, P-T., Rumpel, C., Dignac, M.-F., Billou, D., Tran Duc, T. and Jouquet, P.**, 2011, Transformation of buffalo manure by composting or vermicomposting to rehabilitate degraded tropical soils, *Ecological Engineering*, 37: 269-276 pp.
- Okur, B., Mordoğan, N., Sekin, S. ve Erkan, S.**, 1999, Ege Bölgesindeki Bazı Tütün İşletmelerinin Tütün Atık ve Tütün Tozunun Kimyasal İçerikleri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (1, 2, 3).
- Okur, N., Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, B. and Delibacak, S.**, 2008, Organic amendment based on tobacco waste compost and farmyard manure: influence on soil biological properties and butter-head lettuce yield, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 32: 91-99 s.
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F. and Dean, L.**, 1954, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular Nr: 939, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Özgüven, M.**, 1981, Adana, Adıyaman ve Hatay Koşullarında Yetiştirilen Tütün Çeşitlerinin Önemli Tarımsal Özellikleri ve Farklı Kurutma Şekillerinin Başlıca Kalite Öğelerine Etkisi Üzerinde Araştırmalar, Doçentlik Tezi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özgüven, M. ve Kaya, Z.**, 1984, Tütün atıklarının tarımda gübre olarak kullanılma olanakları üzerinde bir araştırma TÜBİTAK Ulusal Çevre Sempozyumu Teblig Metinleri, Adana, 240-249 s.
- Piotrowska-Cyplik A., Olejnik A., Cyplik P., Dach J. and Czarnecki Z.**, 2009, The kinetics of nicotine degradation, enzyme activities and genotoxic potential in the characterization of tobacco waste composting, *Bioresource Technology*, 100: 5037-5044 pp.
- Pramanik, P., Ghosh, G.K., Ghosal, P.K. and Banik, P.**, 2007, Changes in organic-C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants, *Bioresource Technology*, 98: 2485-2494 pp.
- Pramanik, P., Ghosh, G.K. and Banik, P.**, 2009, Effect of microbial inoculation during vermicomposting of different organic substrates on microbial status and quantification and documentation of acid phosphatase, *Waste Management*, 29(2): 574-578 pp.
- Pramanik, P.**, 2010, Changes in microbial properties and nutrient dynamics in bagasse and coir during vermicomposting: quantification of fungal biomass through ergosterol estimation in vermicompost, *Waste Management*, 30: 787-791 pp.
- Pratt, P.F.**, 1965, Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. In Ed. C.A. Black, American Society of Agronomy, Inc. Pub. Agron. Series, No. 9., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Price, J.S.**, 1987. Development of vermicomposting system. Proceedings of the 4th International CIEC Symposium on Agricultural Waste and Management Environmental Protection, 1: 294-300 pp.
- Price, J.S. and Phillips, V.R.**, 1990, An improved mechanical separator for removing live worms from worm-worked organic wastes, *Biological Wastes*, 33: 25-37 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rauterberg, E. und Kremkus, F.**, 1951, Bestimmung von Gesamt Humus und Alkalischen Humusstoffen in Boden, Z. Für Pflanzenernaehrung, Düngung und Bodenkunde, Verlag Chemie, GmbH, Weinheim.
- Reeh, U.**, 1992, Influence of population densities on growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei* on pig manure, *Soil Biology & Biochemistry*, 24: 1327-1331 pp.
- Rynk, R.**, 1992, On Farm Composting Handbook, NRAES-54, Cooperative Extension Service, Northeast Regional Agricultural Engineering Services, Ithaca, NY, USA.
- Sayın, S. ve Aydın, A.B.**, 1986, Atık Tütünlerin Tarımda Kullanılma Olanakları Üzerine Bazı İncelemeler, Türkiye Toprak İlmi Derneği 10. Bilimsel Toplantı Tebliğleri, Kırklareli.
- Scharpf, H.C. und Wehrmann, J.**, 1976. Die Bedeutung des Mineralstickstoffvorrats des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung des N-Düngung zu Winterweizen, Landw, Forsch, 32: 100-114 pp.
- Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E. and Margesin, R.**, 1995, Methods in Soil Biology, Berlin: Springer-Verlag, 189-191 pp.
- Singh, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K. and Patil, R.T.**, 2008, Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), *Biores. Tech.*, 99: 8507-8511 pp.
- Sopha, G.A. and Sumarni, N.**, 2013, Effect of dolomite, horse manure and NPK application on plant growth and yield of Cauliflower and its residue effect on Snap bean Cultivation, *Advances in Agriculture & Botany, International Journal of the Bioflux Society*, 5 (2): 60-65 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Spencer, B.**, 1958, Studies on sulphatases. 20. Enzymic cleavage of aryl hydrogen sulphates in the presence of H₂O, *Biochemical Journal* , 69 (1): 155-159 pp.
- Speir, T.W. and Ross, D.J.**, 1978, Soil phosphatase and sulphatase, In: Burns, R.G. (Ed.), *Soil Enzymes*, Academic Pres, New York, 197-250 pp.
- Stevenson, F.J. and Cole, M.A.**, 1999, *Cycles of Soil*, John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 0-471-32071-4., 318 pp.
- Sungur, M.**, 1978, Fabrikasyon Atığı, Tütün Tozunun Gübre Değerinin Saptanması, Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Ankara, Genel Yayın No: 76, Araştırma Raporları, 1976-1977 Yılı Araştırma Raporu, No:13, 78 s.
- Suthar, S.**, 2007, Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste material, *Bioresource Technology*, 98: 1231-1237 pp.
- Şimşek-Erşahin, Y.**, 2007, Vermikest ve vermikest hümik fraksiyonlarının hıyar (*cucumis sativus l.*) kök ve gövde çürüklük etmenleri *Rhizoctonia solani* (kühn) ve *Fusarium oxysporum* f.sp *cucumerum* üzerindeki baskılama etkisinin belirlenmesi, Doktora Tezi, GOP Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Tokat.
- Tabatabai, M.A.**, 1994, Enzymes, In *Methods of Soil Analysis*, Part 2. (eds. R.W. Weaver, S. Augle, P.J. Bottomly, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai and A. Wollum), Soil Science Society of America, Madison, U.S.A., 775-833 pp.
- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M.**, 1969, Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity, *Soil Biology & Biochemistry*, 1: 301-307 pp.
- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M.**, 1970, Arylsulfatase activity of soils, *Soil Science Society of America Journal*, 34: 225-229 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tajbakhsh, S., Mohammadi, K., Deilami, I., Zandi, K., Fouladvand, M., Ramedani, E. and Asayesh, G., 2008**, Antibacterial activity of indium Curcumin and inium diacetylcurumin, *Afr. J. Biote.*, 7. (21): 3832-3835 pp.
- Talashilkar, S.C., Bhangrath, P.P. and Mehta, V.P., 1999**, Changes in chemical properties during composting of organic residues as influenced by earthworm activity, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 47: 50-53 pp.
- Tchobanoglous, G., Theisen H., and Vigil, S.A., 1993**, Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. 2nd Edn., McGraw-Hill International, New York, USA., ISBN-13: 9780070632370, 978 pp.
- Thalmann, A., 1968**, Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivitat im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC), *Landwirtschaftliche Forschung*, 21: 249-258 pp.
- Thompson, W., Leege, P., Millner, P. and Watson, M.E., 2003**, Test methods for the examination of composts and composting. The US Composting Council, US Government Printing Office.
- Tiquia, S.M., 2002**. Evolution of enzyme activities during manure composting, *Journal of Applied Microbiology*, 92: 764-775 pp.
- Tugay, M.E., 1985**, Türkiye Tütüncülüğü, *Cumhuriyet Üni. Tokat Zir. Fak. Der.*, 2 (1).
- Türkay, F.Ş.H., 2010**, Fındık Zurufu ve Arıtma Çamurunun Solucanlar ile Kompostlanması ve Elde Edilen Vermikompostun Sera Ve Tarla Kosullarında Toprakların Biyolojik Özelliklerinde Meydana Getirdiği Etkilerin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S.,** 1987, An extraction method for. measuring soil microbial biomass C, *Soil Biology and Biochemistry*, 19: 703-707 pp.
- Yadav, K.D., Tare, V. and Ahammed, M.M.,** 2010, Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling, *Waste Management*, 30: 50-56 pp.
- Zibilske, L.M.,** 1998, Composting of organic wastes, pp.482-497. In: Principles and applications of soil microbiology. D.M. Sylvia, J.J. Fuhrman, P.G. Hartel, and D.A.Zuberer (eds.) Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

ÖZGEÇMİŞ

SEDEF ÖZDEN

23.02.1982 Yılında İzmir’de doğdu. İlköğretimini Kahramanlar İlkokulu’nda, ortaöğretimini Alsancak Ortaokulu’nda, lise öğrenimini Bornova Mustafa Kemal Lisesi’nde tamamladı. 1998 yılında girdiği Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nden 2003 yılı bahar döneminde mezun oldu.2011 yılından itibaren Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı İzmir İl Müdürlüğü’ nde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER

- Ek 1 Kompostlaşma Aşamasında CO₂ Aktivitesine Ait VAT
- Ek 2 Kompostlaşma Aşamasında Mikrobiyal Biyokütle-C Aktivitesine Ait VAT
- Ek 3 Kompostlaşma Aşamasında Dehidrogenaz Enzim Aktivitesine Ait VAT
- Ek 4 Kompostlaşma Aşamasında Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesine Ait VAT
- Ek 5 Kompostlaşma Aşamasında Üreaz Enzim Aktivitesine Ait VAT
- Ek 6 Kompostlaşma Aşamasında Proteaz Enzim Aktivitesine Ait VAT
- Ek 7 Kompostlaşma Aşamasında β -Glukozidaz Enzim Aktivitesine Ait VAT
- Ek 8 Kompostlaşma Aşamasında Aril Sülfetaz Enzim Aktivitesine Ait VAT

Ek 1 Kompostlaşma aşamasında CO₂ aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	47.0	23.5	1.270
Uygulama	5	509.1	101.8	5.499 **
Dönem	2	219.4	109.7	5.925 **
Uygulama x Dönem	10	374.4	37.4	2.022
Hata	34	629.6	18.5	
Genel	53	1779.5		

$R^2 = 0.449$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 2 Kompostlaşma aşamasında mikrobiyal biyokütle-C aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	851951.0	425975.5	1.549
Uygulama	5	5993152.0	1198630.4	4.360 **
Dönem	2	6746914.0	3373457.0	12.270 **
Uygulama x Dönem	10	30190512.0	3019051.2	10.981 **
Hata	34	9347639.0	274930.6	
Genel	53	53130168.0		

$R^2 = 0.726$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 3 Kompostlaşma aşamasında dehidrogenaz enzim aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	4690.0	2345.0	0.002
Uygulama	5	45475024.0	9095004.8	6.370 **
Dönem	2	45610633.0	22805316.5	15.972 **
Uygulama x Dönem	10	63831034.0	6383103.4	4.471 **
Hata	34	48545358.0	1427804.6	
Genel	53	203466739.0		

$R^2 = 0.628$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 4 Kompostlaşma aşamasında alkalın fosfataz enzim aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	322728.0	161364.0	0.273
Uygulama	5	19774983.0	3954996.6	6.691 **
Dönem	2	205302295.0	102651147.5	173.678 **
Uygulama x Dönem	10	32592076.0	3259207.6	5.514 **
Hata	34	20096189.0	591064.4	
Genel	53	278088271.0		

$R^2 = 0.887$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 5 Kompostlaşma aşamasında üreaz enzim aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	41438.8	20719.4	0.469
Uygulama	5	9402488.3	1880497.7	42.582 **
Dönem	2	2898367.3	1449183.7	32.815 **
Uygulama x Dönem	10	6011793.1	601179.3	13.613 **
Hata	34	1501502.0	44161.8	
Genel	53	19855589.0		

$R^2 = 0.882$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 6 Kompostlaşma aşamasında proteaz enzim aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	221975.0	110987.5	0.345
Uygulama	5	8608700.0	1721740.0	5.359 **
Dönem	2	6573032.0	3286516.0	10.229 **
Uygulama x Dönem	10	41505585.0	4150558.5	12.918 **
Hata	34	10924396.0	321305.8	
Genel	53	67833689.0		

$R^2 = 0.749$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 7 Kompostlaşma aşamasında β -glukozidaz enzim aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	11569.9	5785.0	0.562
Uygulama	5	8200308.2	1640061.6	159.312 **
Dönem	2	326822.4	163411.2	15.873 **
Uygulama x Dönem	10	1595814.7	159581.5	15.501 **
Hata	34	350018.0	10294.6	
Genel	53	10484533.0		

$R^2 = 0.948$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$

Ek 8 Kompostlaşma aşamasında aril sülfetaz enzim aktivitesine ait VAT

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	959283.0	479641.5	0.741
Uygulama	5	24443519.0	4888703.8	7.557 **
Dönem	2	317738289.0	158869144.5	245.583 **
Uygulama x Dönem	10	61026995.0	6102699.5	9.434 **
Hata	34	21994777.0	646905.2	
Genel	53	426162863.0		

$R^2 = 0.920$

* $\alpha=0.05$

** $\alpha=0.01$