T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

LAVANTA (*Lavandula spp.*) BİTKİSİ DİSTİLASYON ATIKLARININ MISIR BİTKİSİ GELİŞİM ÖZELLİKLERİ VE BESİN ELEMENTİ İÇERİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur BİNBİR

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

ÇANAKKALE – 2021

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

LAVANTA (*Lavandula spp.*) BİTKİSİ DİSTİLASYON ATIKLARININ MISIR BİTKİSİ GELİŞİM ÖZELLİKLERİ VE BESİN ELEMENTİ İÇERİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UĞUR BİNBİR

Tez Danışmanı
Prof. Dr. CAFER TÜRKMEN

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje No: FBA-2019-2784

ÇANAKKALE – 2021

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Uğur BİNBİR tarafından Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN yönetiminde hazırlanan ve **12/07/2021** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Lavanta (*Lavandula Spp*.) Bitkisi Distilasyon Atıklarının Mısır Bitkisi Gelişim Özellikleri ve Besin Elementi İçeriklerine Etkisi**'' başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN (Danışman)	……
Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK	……
Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÇIKILI	…….

Tez No : ……..

Tez Savunma Tarihi : 12/07/2021

……

Prof. Dr. PELİN KANTEN

Enstitü Müdürü

..... /..... /2021

ETİK BEYAN

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

Uğur BİNBİR
12/07/2021

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN'e, Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÇIKILI ve Doç. Dr. İsmail TAŞ hocalarıma, Balıkesir Büyükşehir Belediye Başkanım Yücel YILMAZ, Daire Başkanım Serkan AKÇA, Şube Müdürüm Nazım TANRIKULU ve Zir. Yük. Müh. Zakir KULELİ olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma, yüksek lisans eğitimime başından beri destek veren A. Mekin TÜZÜN Başkanıma ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Uğur BİNBİR

Çanakkale, Temmuz 2021

ÖZET

LAVANTA (*Lavandula spp.*) BİTKİSİ DİSTİLASYON ATIKLARININ MISIR BİTKİSİ GELİŞİM ÖZELLİKLERİ VE BESİN ELEMENTİ İÇERİKLERİNE ETKİSİ

Uğur BİNBİR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN
12/07/2021, 64

Bu çalışmada; son yıllarda ülkemizde ekim alanları giderek artan lavanta (*Lavandula spp.)* bitkisi distilasyon atıklarının (LDA) sap, saman, kompost ve biyokömürleştirilmiş halleri serada saksı topraklarına uygulanmıştır. Uygulamaların yetiştirilen mısır bitkisi gelişim özelliklerine (bitki boyu, bitki çapı, yaprak sayısı, gövde kuru ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru madde oranı, kök kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru madde oranı, kök/gövde oranı), yaprakların makro-mikro besin (azot (N), fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn)] içeriklerine, silajlık bitki verimlerine ve yaprakların protein içeriklerine etkileri araştırılmıştır. LDA uygulamalarının topraklarda alınabilir makro-mikro (P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) element içerikleri ve bazı toprak biyolojik-biyokimyasal özellikleri [mezofil aerobik mikroorganizma sayıları (MOS), katalaz ve üreaz enzim aktiviteleri, amonyum (NH_4), nitrat (NO_3)] analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar kontrol grubuyla karşılaştırılarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; LDA mısır bitkisi gelişim özelliklerinden yaprak sayıları ve kök kuru madde oranları dışındaki özelliklerde önemli farklara neden olmuştur (p<0.05). Uygulamaların etkisiyle mısırın silajlık verimi ile yaprakların N, protein, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerindeki değişimler önemli olurken; P ve Na içeriklerindeki değişimler önemsiz olmuştur (p<0.05). LDA uygulamalarının etkisiyle topraklarda MOS, katalaz enzim aktivitesi, alınabilir Ca ve Fe değişimleri önemsiz olmuş; üreaz enzim

aktivitesi, NH_4 ve NO_3 ile alınabilir P, K, Mg, Na, Cu, Zn, Mn değişimleri önemli olmuştur (p<0.05). İncelenen toprak ve bitki özelliklerindeki önemli değişimler; farklı işlemler uygulanmış LDA'nın içerdikleri kalıntı alleopatik veya diğer bileşenlerin etkisine dayandırılabilir. Bu çalışmanın tarla denemesiyle desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lavandula, Distilasyon Atığı, Mısır, Katalaz, Üreaz, Bitki Besin Maddesi

ABSTRACT

EFFECT OF LAVENDER (*Lavandula spp.*) PLANT DISTILLATION WASTES ON CORN PLANT GROWTH CHARACTERISTICS AND NUTRIENT

Uğur BİNBİR

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

12/07/2021, 64

In this study; In recent years, lavender (*Lavandula spp.*) plant distillation wastes (LDW), whose cultivation areas have been increasing in our country, have been applied to the potted soil in the greenhouse. Growth characteristics of corn plants grown (plant height, plant diameter, number of leaves, stem dry weight, stem fresh weight, stem dry matter ratio, root dry weight, root fresh weight, root dry matter ratio, root/stem ratio) of the applications, macro-micronutrients of leaves [nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn)), manganese (Mn)] contents, silage plant yields and protein contents of leaves were investigated. The macro-micro (P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) element contents and some soil biological-biochemical properties [mesophyll aerobic microorganism numbers (AMN), catalase and urease enzyme activities, ammonium (NH_4), nitrate (NO_3)] analyzes were made, the results obtained were compared with the control group and statistical evaluations were made. According to the results obtained; LDW caused significant differences in maize plant growth characteristics except leaf numbers and root dry matter ratios (p<0.05). While the changes in the silage yield of maize and the N, protein, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn contents of the leaves are important with the effect of the applications; The changes in P and Na contents were insignificant (p<0.05). With the effect of LDW applications, the changes in AMN, catalase enzyme activity, receivable Ca and Fe were insignificant; Changes in urease enzyme activity, NH_4 and NO_3 with ingestible P, K,

Mg, Na, Cu, Zn, Mn were significant (p<0.05). Significant changes in the investigated soil and plant characteristics; may be attributable to the effect of residual alleopathic or other components contained in LDW that has been treated differently. This study should be supported by field trials.

Keywords: Lavender, Distillation Wastes, Maize, Catalase, Urease, Plant Nutrient

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

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

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ 1

1.1. Lavanta ve Ürünleri İle İlgili Çalışmalar ……....…….…… 2
1.2. Lavanta Bitkisinin Morfolojik Özellikleri Üzerine Çalışmalar 3
1.3. Lavanta Dışındaki Distilasyon Atıklarıyla İlgili Çalışmalar ...…….... 4
1.4. Lavanta Bitkisi Atıklarına Yönelik Çalışmalar ve Yaklaşımlar..... 5
1.5. Çalışmamızın Kurgusal Gerekçesi ……....…….. 6

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 8

2.1. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ve Kullanım Alanlarına Yönelik Çalışmalar …..... 8
2.2. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Ülkemiz ve Dünya Ticareti ……...…...……... 9
2.3. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Faydaları ……...…….. 10
2.4. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Organik Madde Olarak Kullanımı ……. 12

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM 19

3.1. Materyal ...……..... 19
3.1.1. Lavanta Distilasyon Atığı Elde Edilmesi …....…….……..….. 19

3.1.2. Denemede Kullanılan Sap Materyali ……. 20
3.1.3. Denemede Kullanılan Saman Materyali ……..... 20
3.1.4. Denemede Kullanılan Biyokömür Materyali ……. 21
3.1.5. Denemede Kullanılan Kompost Materyali ……. 22
3.1.6. Denemede Kullanılan Mısır Bitkisi ...…… 23
3.1.7. Denemede Kullanılan Toprak Materyali …… 23
3.2 Yöntem ……..…….…..... 24
3.2.1 Denemede Kullanılan Materyallerin Analizleri ..…….……..…. 24
3.2.2. Denemenin Kurulması …… 26
3.2.3. Hasat ve Mısır Bitkisi Analizleri …… 28
3.2.4. Deneme Sonrası Yapılan Toprak Analizleri …….. 29
3.2.5. İstatistik Analizler ……..... 31

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI 32

4.1. Uygulamaların Mısır Bitkisi Gelişim Özelliklerine Etkisi .....…….…..... 32
4.2. Uygulamaların Mısır Verimi, Yaprakta Protein, Makro Elementler ve Sodyum Üzerine Etkileri 36
4.3. Uygulamaların Yaprakta Mikro Besin Elementlerine Etkileri ..……. 40
4.4. Uygulamaların Toprakta Mikroorganizma Sayılarına, NH_4, NO_3 Miktarlarına, Katalaz ve Üreaz Enzim Aktivitelerine Etkileri …….... 43
4.5. Uygulamaların Toprakta Alınabilir Makro Elementler ve Sodyum Üzerine Etkileri .....…… 46
4.6. Uygulamaların Toprakta Alınabilir Mikro Elementlere Etkileri ……. 49

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER 52

KAYNAKÇA ...…… 54
EKLER ……..…… I
EK Tablo 1. Lavanta Atıklarından Biyokömür Elde Edilmesine Ait Veriler .....…… I
EK Tablo 2. Lavanta Atıklarından Kompost Elde Edilmesine Ait Veriler .....…….... II
ÖZGEÇMİŞ ….……..... III

SİMGELER VE KISALTMALAR

BAÇEM	Balıkesir büyükşehir belediyesi çiftçi eğitim şube müdürlüğü
LDA	Lavanta distilasyon atığı
kg	Kilogram
da	Dekar
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
ppm	Milyonda bir kısım
NH_4	Amonyum
NO_3	Nitrat
N	Azot
P	Fosfor
Na	Sodyum
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mn	Mangan
MOS	Mikroorganizma sayısı
OM	Organik madde
%	Yüzde

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin Türkiye'deki üretim miktarları..	10
Tablo 2	Çay atığı kompostunun toprağa sağlayacağı besinler	14
Tablo 3	Çay atığı ve ahır gübresinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	17
Tablo 4	Gül posasının bazı özellikleri	18
Tablo 5	Deneme materyallerinin OM ve besin maddesi içerikleri	22
Tablo 6	Deneme toprağının temel analiz sonuçları	24
Tablo 7	Deneme toprağının tarla kapasitesi ve solma noktası nemleri	24
Tablo 8	Deneme planı	26
Tablo 9	Denemede kullanılan materyal miktarları	27
Tablo 10	Mısır bitkisi gelişim özelliklerinin farklı LDA uygulamalarına göre değişimi VA tablosu	32
Tablo 11	Mısır bitkisi gelişim özelliklerinin farklı LDA uygulamalarına göre değişimi	35
Tablo 12	Mısır bitkisinde silajlık verim ile yaprakta protein, makro elementler ve Na konsantrasyonlarının farklı LDA uygulamalarına göre değişimine ilişkin VA tablosu	37
Tablo 13	Mısır bitkisinde silajlık verim ile yaprakta protein, makro elementler ve Na konsantrasyonlarının farklı LDA uygulamalarına göre değişimi	39
Tablo 14	Mısır yapraklarındaki mikro elementlerin farklı LDA uygulamalarına göre değişimine ilişkin VA tablosu	40
Tablo 15	Mısır yapraklarının mikro element konsantrasyonlarının farklı LDA uygulamalarına göre değişimi	41
Tablo 16	Uygulamaların toprakta mikroorganizma sayılarına, NH4 ve NO3 miktarlarına, katalaz ve üreaz enzim aktivitelerine etkilerine ilişkin VA tablosu	43
Tablo 17	Toprakların mikroorganizma sayılarının, NH_4 ve NO_3 miktarlarının, katalaz ve üreaz enzim aktivitelerinin farklı LDA uygulamalarına göre değişimi	44

Tablo 18 Toprakların alınabilir makro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisine ilişkin VA tablosu 46

Tablo 19 Toprakların alınabilir makro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisi 48

Tablo 20 Toprakların alınabilir mikro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisine ilişkin VA tablosu 49

Tablo 21 Toprakların alınabilir mikro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisi 51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Gölgede kurutulmuş ve öğütülmüş LDA	19
Şekil 2	Elek üstü öğütülmüş LDA (sap materyali)	20
Şekil 3	Elek altı öğütülmüş LDA (saman materyali)	20
Şekil 4	A- Piroliz cihazının görünümü B- Piroliz cihazı sıcaklık kontrol ünitesi	21
Şekil 5	A- Piroliz cihazı içinin görünümü B- Biyokömürleştirilmiş LDA görünümü	21
Şekil 6	A- LDA kompostu başlangıç hali B- LDA kompostu olgunlaşmış hali	22
Şekil 7	TK-6063 mısır çeşidi tohumlarının görünümü	23
Şekil 8	Denemede kullanılan saksı toprağı hazırlıklarından bir görünüm	23
Şekil 9	A- Elenmiş deneme toprağı B- LDA karıştırma işlemi	27
Şekil 10	A- Tohum ekimi öncesi saksı dolumu B- Tohumların ekimi	27

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler başta gıda ve sağlık olmak üzere pek çok alanda kullanılan hammadde kaynaklarıdır. Ayrıca kozmetik, vücut bakımı, tütsü ve benzeri alanlarda da kullanılmaktadır. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım miktarının artmasının nedeni, doğal ürünlere olan taleplerin artışı ve yeni kullanım alanlarının artmasından kaynaklanmaktadır (Temel vd., 2018).

Türkiye'nin tıbbi ve aromatik bitkiler ticaretinde önde gelen ülkelerden birisi olması; geniş yüzölçümü, tarımsal potansiyeli, coğrafi konumu, iklim ve bitki çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Bitkisel ürün hammaddelerinin birçoğunun ülkemiz florasında doğal olarak bulunması, gelişmiş ülkelerdeki yerleşmiş bitkisel ilaç, bitki kimyasalları, gıda ve katkı maddeleri, kozmetik ve parfümeri sanayilerine kaynak oluşturmaktadır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Ülkemizin flora zenginliğine rağmen tarımı yapılarak üretilen tıbbi ve aromatik bitki sayısı fazla değildir. Bunlardan biri olan lavanta, yıllara göre üretim alanı ve üretim miktarları giderek artan bir bitki olmuştur. Lavanta ekim alanı ve üretim miktarı 2012 yılında 509 dekar (da) alanda 123 ton iken (Kırıcı, 2015), günümüzde ise 11.903 da alanda 1462 ton olarak gerçekleştiği bildirilmektedir (TÜİK, 2020).

Lavanta bitkisinin yüksek gelir getirme potansiyeli olan uçucu yağı; cilt bakımında ve parfüm yapımında kullanılmaktadır. Lavanta bitkisinin yağı, üretimi ve pazarlaması artan bir ürün olup, ülkemizin özellikle Batı Anadolu, Ege ve Marmara Bölgeleri'nden elde edilmektedir (Tanker vd., 1977).

Lavanta bitkisi dünyada yabani olarak başta Batı Akdeniz havzası olmak üzere, Güney Fransa, Yunanistan, İspanya, Yugoslavya ve Orta Doğu'da yaygın olarak yetişmektedir. Bu alanların dışında lavantanın Kuzey Afrika, İngiltere, Bulgaristan, Avrupa Birliği Devletleri ve Türkiye'de yabani türleri bulunmakta, yabani türlerin bulunduğu bölgeler dışında bu ülkelerde lavanta kültürü yapılmaktadır. Lavanta yağı dünya uçucu yağ ticaretinde en fazla ticareti yapılan 15 yağdan biridir. Ülkemizde lavanta

halk arasında “karabaş otu, gargan otu, keşiş otu” gibi isimler de almaktadır. Lavanta tarımı ülkemizde en çok Isparta’nın Kuyucak köyünde yapılmakla beraber, Ege Adaları, İstanbul, Aydın, Bursa, İzmir ve Muğla’da da tarımı yapılan alanlar bulunmaktadır (Demir, 2019).

Muğla’da 2014 yılında başlayan lavanta yetiştiriciliği çalışmaları neticesinde 2017 yılında yağı dışında lavanta balı elde edilmiş ve Muğla ili tarımsal ürün listesine ‘’lavanta balı’’ ismiyle tarımsal ürün olarak eklenmiştir (EGET Vakfı, 2017).

1.1. Lavanta ve Ürünleri ile İlgili Çalışmalar

Lavanta distilasyonu sonrası elde edilen lavanta yağının ciltte egzama, yanıklık ve kızarıklık problemlerine karşı etkisi yanında uykusuzluk giderici, sakinleştirici, idrar sökücü, stres kovucu, romatizma ağrılarını dindirici, kalp güçlendirici, antiseptik ve antibiyotik etkisinden dolayı kullanılmaktadır (Arabacı ve Bayram, 2005; Kesici vd., 2015). Genel olarak lavanta yağı kozmetik ve parfümeri sanayilerinin yanında sabun ve diğer endüstri kollarında güzel kokusu nedeniyle kullanılmaktadır. Lavanta çiçeğinin kodekslere göre yağ oranı en az %1 olmalı ve en önemli maddesi renksiz veya hafif sarı renkteki uçucu yağ içermelidir. Ancak lavanta yağının antiseptik özelliğe yanında, idrar artırıcı ve romatizma ağrılarını dindirici etkileride vardır (Anonymous, 2017).

Lavanta uçucu yağının en önemli iki bileşeni linalil asetat (%20-60) ve linalool (%20-35)’dur (Hui vd., 2010). Lavanta yağının kalitesini belirleyen en önemli unsur ise bileşimdeki linalil asetat miktarıdır. Linalil asetat miktarı yağa karakteristik özellik kazandırmakta ve yüksek miktarda olması durumunda, kozmetik ve özellikle parfümeri sektörlerinde kullanılarak ekonomik açıdan değer kazanmaktadır (Başer ve Kırımer, 2018; Sönmez vd., 2018). Lavanta uçucu yağının diğer bileşenlerinden olan kafur ve 1·8-sineol miktarının yağ içerisinde zengin olması durumunda ilaç ve insektisit endüstrisinde böcek kovucu/ kaçırıcı olarak kullanılabileceği için önem kazanmaktadır. Lavantanın bileşimdeki yüksek miktarda 1·8-sineol miktarı ise yağın uyarıcı ve balgam söktürücü olarak kullanılabilirliğini artırmaktadır (Baydar, 2010). İlaç endüstrisinde veya halk hekimliğinde lavanta uçucu yağlarının yüksek linalool oranına sahip olması yönüyle özellikle sinirleri

yatıştırıcı, uykusuzluk ve yorgunluk giderici (doğal sakinleştirici) olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Sönmez vd., 2018).

Sekonder metabolit olarak adlandırılan uçucu yağların yapısındaki bileşiklerin çoğu terpenlerden oluşmaktadır. Bu bileşiklerin kimyasal herbisitlerin yerine kullanılabilecek alleokimyasal madde özelliğinde oldukları bildirilmiştir (Abrahim vd., 2000). Alleokimyasal maddeler; alleopatik etkiye sahip, bitkiler tarafından salgılanan kimyasal maddelerdir. Alleokimyasal özelliğe sahip bu maddeler bitkiler tarafından salgılanan sekonder metabolitlerdir (Telci, 2006; Amini vd., 2012; Soltys vd., 2013). Alkaloidler, terpenoidler ve fenolik bileşikler sekonder metabolitlerin üç temel sınıfını oluşturmaktadırlar (Baydar, 2013). Alleokimyasallardan terpen grubu bileşikler herbisit olarak kullanılabilen en başarılı sekonder metabolitler olarak tespit edilmiştir (Duke, 1991). Monoterpenler ise terpenler içinde en etkili herbisit olarak kullanılabilecek grup oldukları bildirilmiştir (Robinson, 1983).

1.2. Lavanta Bitkisinin Morfolojik Özellikleri Üzerine Çalışmalar

Lamiaceae familyasından olan lavanta (Lavandula spp.) çok değerli bir uçucu yağ bitkisidir (Guenther, 1952). Çalımsı görünümü olan tipik bir Akdeniz kuşağı bitkisidir. Otuz dokuz kadar türü bulunan lavanta bitkisinin çoğu Akdeniz kökenlidir. Bu türlerden lavander (Lavandula angustifolia Mill. = L. officinalis L. = L. vera DC), lavandin (Lavandula intermedia Emeric ex Loisel. = L. hybrida L.) ve spike lavander (Lavandula spica = L. latifolia Medik.) türleri dünyada ticari değeri yüksek olan üç önemli lavanta türüdür. Lavender (İngiliz lavantası) çeşitleri yağ kalitesi bakımından, lavandin (melez lavanta) çeşitleri ise uçucu yağ verimi bakımından diğerlerinden daha yüksektir (Beetham ve Entwistle, 1982). Lavanta bitkisinin bünyesindeki uçucu yağ su veya buhar distilasyonu işlemi uygulanarak elde edilir. Çeşitlere göre sapsız kuru çiçeklerin uçucu yağ randımanı %3-9 arasında değişmektedir (Aslancan ve Sarıbaş, 2011).

Lavanta çiçeğinden elde edilen uçucu yağ renksiz veya hafif sarı renklidir. Yağın hoş kukusu ve antiseptik özelliği nedeniyle kozmetik, kişisel bakım ürünleri ve aromaterapide (Fiocco vd., 2011), kalitesi yüksek parfüm üretiminde ve gıda endüstrisi gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Fakhari vd., 2005). Yağın kalitesi özellikle içerisindeki linalil asetat ve linalool miktarına göre değerlendirilir. Uçucu yağın

içeriğindeki luteolin tipi flavonoidler bakteriostatik ve spazmotik etkiye sahiptirler. Lavanta yağının içerisinde ayrıca β-pinen, linalol, kafur, terpineol, borneol ve cineol gibi bileşikler de bulunur (Başer ve Kırımer, 2018).

Sekonder metabolit olan uçucu yağlar; terpenler, aromatik maddeler, uçucu asit, aldehit, düz zincirli hidrokarbonlar, azot ve kükürt ihtiva eden heterozitler gibi bileşiklerden oluşmaktadır. Uçucu yağların allelokimyasal özelliği temelde doğal dengenin bir unsuru olmasına rağmen tarım alanlarında farklı etkiler gösterebilmektedirler.

1.3. Lavanta Dışındaki Distilasyon Atıklarıyla İlgili Çalışmalar

Isparta Bölgesi'nde tarımı yapılan yağ gülü bitkisi distilasyon atığı posasının içerdiği bitki besin maddelerinin araştırıldığı çalışmada; posa içerisinde 16 farklı besin maddesi tespit edildiği, posanın içerisinde ayrıca ağır metallerin bulunduğu fakat tespit edilen miktarların üretimde sınırlayıcı üst sınır değerlerinin altında olduğu bildirilmiştir (Baydar vd., 2020).

Gül posasının kullanıldığı başka bir çalışmada; posanın saf hali ile kimyasal gübre ve tavuk gübresi ile karışık hallerinin dekara 0, 2 ve 4 ton dozları kullanılmış ve sonuçta sade ve zenginleştirilmiş posanın, bitki gelişimini olumlu etkilediği, zenginleştirilmiş posanın sade posa kullanımına göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (Erdal ve Aydemir, 2003).

Adaçayı, farklı demleme yöntemleriyle bitkisel çay olarak kullanılan bitkilerdendir. Adaçayının uçucu yağı alındıktan sonra kalan kısımları farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Uçucu yağı alınan adaçayının kalan posasında biyolojik öneme sahip fenolik madde, aminoasit ve monosakkarit türevlerini içerdiği bildirilmiştir (Dinçer vd., 2008).

İncegül ve Çam (2019) tarafından yapılan çalışmada; adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bitkisinin 1 ve 2 saatlik distilasyon işlemleri sonrası geriye kalan atık yapraklara etilasetat ve etanol çözgenleri ile 2. ve 3. ekstraksiyon işlemleri uygulanmış ve sonuç olarak 2 saatlik distilasyon işlemine tabi tutulan örneklerde fenolik madde, flavonoid madde ve antioksidan madde kapasite değerlerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

1.4. Lavanta Bitkisi Atıklarına Yönelik Çalışmalar ve Yaklaşımlar

Ülkemizde ve dünya'da her geçen gün tıbbi ve aromatik bitkilerin ve bunların yan ürünlerinin kullanımı artmaktadır. Yağı için toplatılan veya üretilen bitkilerin distilasyonu sonunda arta kalan posa ya da atık denilen materyallerin bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla özellikle biyokütle denilen atık malzemelerin kompost ya da biyokömüre dönüştürüldüğü yöntemler, hem çevreci hem de ekonomik bir kazanç olacağı gibi biyogaz üretiminde de kullanılabileceği şeklindeki yaklaşımlar, atıkların potansiyel kullanım alanları açısından önem arz etmektedir (Saha ve Başak, 2020). Tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine yapılan çalışmalarda, özellikle bu tür bitkilerin değişik yöntemlerle elde edilen esansiyel yağlarının sahip oldukların etken maddelerin özellikleri üzerinde durulduğu görülmektedir.

Ceylan (1996), lavanta bitkisinin 6 yıl aynı arazide bulunması durumda ekonomik olarak verimli olduğunu ve üretimin vejetatif ve generatif yollarla yapılabileceğini, ortalama 175 kg da^{-1} verim alındığını ve en yüksek yağ verimi için tam çiçeklenme döneminde hasat edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Yusufoğlu vd. (2004), İstanbul'dan topladıkları *Lavandula angustifolia* Mill.'nın çiçek ve yapraklarının uçucu yağ, konkret ve absolütünde kimyasal içerikleri incelediklerinde; uçucu yağında %13.32 kafur, %5.81 1·8-sineol, %45.09 linalool, %5.22 borneol, absolü içeriğinde %38.43 1·8-sineol, %28.3 kafur ve yaprakların konkret içeriğinde ise %48.9 2.4-dimethyl-7-ethyl-6.8-dioxabicyclo-[3.2.1]-3-octene, %12.45 triacontane, %9.44 kafur ve %8.15 1·8-sineol tespit ettiklerini belirtmişlerdir.

Kara (2016), lavanta (*Lavandula angustofolia* M.)'nın tohum ve yapraklarından elde edilen bitki ekstraktının %5, %10 ve %15 dozlarının mısır ve mercimeğin çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkilerini laboratuvar şartlarında 14 günlük bir çalışmayla araştırmış ve araştırma sonucunda lavantanın %15'lik n-hekzan ekstraktı ile elde edilen dozunun, hem mısırda hem de mercimekte allelopatik etkileri olduğunu belirtmiştir.

Hui vd. (2010), lavanta uçucu yağı içerikleri üzerine yapmış oldukları çalışmada; yağın kimyasal içeriğinde %43.73 1·5-dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl-butyrate, %25.10 1·3·7-

octatriene-3·7-dimethyl, %7.32 eucalyptol ve %3.79 oranında kafur içerdiğini, lavantanın uçucu yağının çok yoğun antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri olduğunu dört patojen bakteri üzerindeki linoleik asit yöntemiyle yaptıkları çalışmada belirlemişlerdir.

Lavanta bitkisinin distilasyon sonrası kalan atıkları aslında organik selülozik bir materyaldir. Organik maddelerin varlığı toprakta mikrobiyal aktivitenin artmasını sağlamaktadır. Bu sayede besin elementleri toprakta elverişli hale gelmekte ve bitkiler tarafından alınımları artmaktadır. Organik materyaller toprakta N ve P açısından depo görevi görmektedir. Topraktaki kil, kum ve silt taneciklerini bağlayarak kümeleşmesini (agregat) sağlamakta ve toprak yapısını (strüktür) iyileştirmektedir. Organik madde toprak reaksiyonu (pH) ve tuzlanmayı tamponlayarak, bitkisel üretimdeki zararlanmaları azaltmakta, bitkilerin hastalık ve zararlılara direncini de artırmaktadır (Kınacı, 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin yağı alındıktan sonra geriye kalan atık materyaller "kompost" haline getirilerek topraklara uygulanabilir. Aksi takdirde bu tür materyaller içerdikleri esansiyel yağlar nedeniyle doğada hemen parçalanamamakta, hatta uygulandığı alanlarda diğer kültür bitkilerinde çimlenme oranlarını da düşürmektedirler (Erbaş vd., 2011; Özen vd., 2017). Ancak son yıllarda bu tür bitki materyallerinin kompostlaştırılması yerine biyokömürleştirilerek (biochar) tarımda organik karbon kaynağı olarak kullanılması önerilmektedir (Ortaş ve Lal, 2012).

1.5. Çalışmamızın Kurgusal Gerekçesi

Lavanta bitkisi doğal olarak bulunmakla beraber etken maddelerinin özelliklerinden dolayı kullanım alanı genişlemekte ve tarım alanları yaygınlaşmaktadır. Lavanta bitkisinin toprak seçiciliği olmayıp genellikle kıraç, meyilli, III. ve IV. sınıf arazilerde yetişmektedir. Bakım şartları zor olmayıp özellikle küçük ölçekli tarım arazilerinde birim miktar getirisinin daha fazla olduğu bilinmektedir. Görsel güzelliği, birim alandaki getirisi ve yıllık bakım şartlarından dolayı farklı tarım ürünleri arayışında bulunan kişilerin ilgisini çekmektedir.

Lavanta tarımı genelde yağ elde etmek için yapılmaktadır. Lavanta yağı distilasyon işlemi ile elde edilmektedir. Distilasyon işleminde lavanta bitkisinin sahip olduğu yağ

miktarının büyük kısmı elde edilirken geriye kalan atıkta az miktar da olsa yağ kalmaktadır. Lavanta yağının diğer esansiyel yağlarda olduğu gibi alleopatik özelliği çimlenme üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Bu nedenle artan lavanta tarımı ve buna bağlı oluşan ve oluşacak distilasyon atıklarının yararlı şekilde bertaraf edilmesi önem arz etmektedir. Ülkemiz topraklarının organik madde miktarlarının düşük olması ve atıkların organik karakterli olması bu tür materyallerin doğru yöntemlerle toprağa uygulanması üreticiler için önemli görülmektedir. Lavanta atıklarının geri dönüşümü ve zararsız şekilde bertarafı lavanta tarımının devamına ve yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır. Lavanta yağının çok çeşitli sektörlerde kullanımı ve üretiminin yaygınlaşması nedeniyle distilasyon artıklarının artabileceği, bu tür organik materyallerin doğru metotlarla toprağa geri dönüşüm şeklinde değerlendirilmesi ve üretime katkıları üzerine yapılan çalışma yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada, esansiyel yağ sektöründe kullanılan bitkilerden olan lavanta (*Lavandula spp*.) bitkisinin distilasyonu sonrası kalan atıkları; mevcut haliyle, saman olarak, kompostlaştırılarak ve biyokomür şeklinde toprağa karıştırılmalarından sonra test bitkisi olarak seçilen mısır bitkisinin verim ve verim ögelerine etkileri araştırılacaktır. Ayrıca farklı işlemlerle elde edilmiş LDA'nın uygulandığı topraklarda oluşabilecek bazı biyokimyasal özelliklerin incelenmesi hedeflenmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ve Kullanım Alanlarına Yönelik Çalışmalar

"Tıbbi ve aromatik bitkiler'' terimi özellikle günümüzde beraber kullanılmaktadır. Sağlığın sürdürülmesi, hastalıkları önlemek veya hastaları iyileştirmek için ilaç olarak kullanılmaktadırlar. Tıbbi bitkiler; kozmetik, beslenme, vücut bakımı, tütsü veya dini törenler gibi alanlarda kullanılırken, aromatik bitkiler ise; gıdalara tat vermek ve güzel koku olarak kullanılmaktadır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Tıbbi ve aromatik bitkilerin günüzde öneminin giderek artması özellikle insan sağlığı, ilaç ve gıda sanayinde değerlendirilebilir tarım ürünleri arasında olmasından kaynaklanmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), yaklaşık 4 milyar insanın (dünya nüfusunun %80'i) tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen bitkisel droglarla sağlık sorunlarını ilk etapta gidermeye çalıştıklarını bildirmiştir. Ayrıca gelişmiş ülkelerde reçeteli ilaçların yaklaşık %25'ini bitkisel kökenli etken maddeler (vimbilastin, rezerpin, kinin, aspirin, vb.) oluşturmaktadır. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra doğal ürünlere olan talebin artması, tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanlarının genişlemesiyle açıklanmaktadır. Bu durum tıbbi aromatik bitkilerin kullanım hacminin artmasını da beraberinde getirmektedir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Eski çağlardan beri ülkemizde gıda, ilaç, parfümeri ve kozmetik alanlarda tıbbi aromatik bitkiler kullanılmaktadır (Tulukcu ve Sağdıç, 2011). Tarih boyunca bitkiler birçok hastalığın (seker hastalığı, sarılık, nefes darlığı vb.) tedavisinde kullanılmış ve kullanılmaktadır.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin içerisinde bulunan uçucu yağlar ve aromatik ekstreler bitkilerin sekonder metabolitleridir. Bu yağlar ve ekstreler, parfüm, gıda katkıları, temizlik ürünleri, kozmetikler ve ilaçların terkibinde yada doğal ve yarı-sentetik yararlı aroma kimyasallarının sentez başlangıç maddesi olarak kullanılırlar (Başer, 1998).

2.2. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Ülkemiz ve Dünya Ticareti

Yerel ve ulusal pazarlarda tıbbi ve aromatik bitkiler kurutulmuş olarak ticaret hacminin yarım milyon ton, uçucu yağ ve az da olsa taze olarak ticaretinin yapıldığı bildirilmiştir (Anonymous, 2008). Tıbbi ve aromatik bitkiler piyasası 2010 yıllarında yaklaşık 60 milyar dolarlık bir ticaret rakamına sahipken (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu 2011), 2016 yılında 180 milyar dolara yükselmiştir (Temel vd., 2018). Dünya genelinde yıllık 2.5 milyar doların üzerinde sadece tıbbi amaçlı kullanım için ticareti yapılan türlerin olduğu tahmin edilmektedir (WHO, 2015). Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Almanya, Güney Kore, Singapur, Hindistan ve Çin dünyada en fazla tıbbi ve aromatik bitki ihracatı yapan ülkelerdir. New York (ABD), Hamburg (Almanya) ve Osaka (Japonya) bitkisel drogların başlıca ticaret merkezleridir. Çin drogları ve ginseng için Hong-Kong ana ticaret merkezidir.

Ülkemizde ticareti yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin önemli bir kısmı doğadan toplanmaktadır. Ancak az da olsa kültürü yapılan bitkiler bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan 1000 kadar tıbbi ve aromatik bitkiden çeşitli şekillerde yararlanıldığı ve bunlardan 400 kadarının da ticareti yapıldığı tahmin edilmektedir (Arslan, 2014).

Dünya ticaretinde önemli yeri olan tıbbi ve aromatik bitkilerden kahve, çay, haşhaş tohumu, baharatlar, sarımsak ile ilaç, parfüm ve insektisit olarak kullanılan bazı bitki ve bitki kısımlarının Türkiye ihracat rakamı 2016 yılında 284 milyon dolarken (Anonymous, 2017), 2019 yılında yaklaşık 300 milyon dolara ulaştığı bildirilmiştir (Anonim, 2019).

Türkiye; kimyon, kekik ve defneyaprağı gibi ürünlerde en önemli ihracatçı ülkedir. 2016 yılındaki ihracatı 383 milyon dolar, tıbbi ve aromatik bitki ithalatı ise 763 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz söz konusu ürünlerden kekik, defneyaprağı ve adaçayı ihracatında birinci sırada ve 2018 yılında 105 milyon dolarlık ihracat gerçekleşmiştir (Anonim, 2019).

Ülkemizde tarımı yapılan bazı tıbbi ve aromatik bitkilere ait üretim rakamları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin Türkiye'deki üretim miktarları (TÜİK, 2020)

	Üretim (ton)			
Bitki Adı	**2017**	**2018**	**2019**	**Değişim (%)**
Kekik	14477	15895	17965	+ 24
Lavanta	845	1040	1462	+73
Adaçayı	557	428	1233	+121
Melissa (oğul otu)	106	84	93	-14
Çörekotu	3094	3322	3603	+16
Rezene	2022	3067	4655	+130
Kişniş	29	29	12	-58
Süpürge Otu	2183	2324	1951	-10
Gül (yağlık)	13372	14733	16560	+23

Tablo 1'deki son üç yıllık veriler incelendiğinde; kekik, lavanta, adaçayı, çörek otu, rezene ve gül üretim miktarının arttığı görülmektedir. Lavanta bitkisinin üretim rakamları son üç yılda %73 oranında artış göstermektedir. Aynı zamanda 2017 yılında 6.606 da olan ekiliş alanı 2019 yılı itibariyle 11.903 da ulaşmıştır (TÜİK, 2020).

2.3. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Faydaları

Türkiye'deki 31 çeşit aromatik bitkide yapılan çalışmada; en güçlü antioksidan etkiye biberiyenin sahip olduğu ve biberiyeyi sırasıyla adaçayı, sumak, kekik, mercanköşk ve zahterin takip ettiği bildirilmiştir (Akgül ve Ayar, 1993). Antioksidan özellik bitkilerin bileşimlerindeki fenolik bileşiklerden kaynaklanmakla beraber bitkiden bitkiye antioksidan etkilerinin değişebildiğini bildirmişlerdir (Akgül ve Ayar, 1993; Javanmardi vd., 2003).

Uçucu yağların antimikrobiyal etkilerinin incelendiği çalışmalarda ise; bazı bitki ekstraktlarının çeşitli Gram (+) ve Gram (-) test organizması bakterilere ve maya sularına karşı (Nostro vd., 2000), uçucu yağ elde edilen 8 farklı aromatik bitkinin 11 farklı mikroorganizma üzerinde farklı derecelerde (Sartoratto vd., 2004) inhibitörik etki gösterdiklerini bildirmişlerdir. Uçucu yağların antimikrobiyal özelliklerinden başka

antiviral etkileri de ilgi uyandırmış ve yapılan bir çalışmada; beş ayrı uçucu yağın, Epstein-Barr virüsü (EBV) üzerinde etki gösterdiği saptanmıştır (Bammi vd., 1997).

Kültür bitkilerinden salgılanan allelokimyasalların toprak yorgunluğuna yol açtığı (Aslan, 2006), cevizden salgılanan ve yüksek toksik etkisi bulunan juglonun kavun fidelerinde bir fitotoksisite göstermeyip kavunun büyümesini teşvik ettiği ancak yonca, tere, hıyar ve domates fidelerinin büyümesini güçlü bir şekilde engellediği (Kocacalışkan ve Terzi, 2001) bildirilmiştir.

Biberiye (*Rosmarinus officinalis*), kekik (*Thymus vulgaris*), melisa (*Melisa officinalis*), çemen (*Trigonellafoenum–graecum*), hint yağı (*Ricinus communis)* ve nane (*Mentha piperita*) gibi bazı tıbbi ve aromatik bitkilerinin sulu ekstraktlarının, horoz ibiği (*Amaranthus mretroflexus* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; hem aydınlık hem de karanlık ortamda nane, kekik, biberiye ve hint yağı bitkilerinin bütün sulu ekstrakt dozlarının horoz ibiği tohumlarını çimlenmesini %100 engellediğini saptamışlardır (Bulut vd., 2014).

İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* L.), İngiliz lavantası (*Lavandula angustifolia*L.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağlarının fitotoksit etkisinin araştırıldığı çalışmada; domates, mısır ve yer fıstığı tohumlarının çimlenmelerinde çıkış öncesi ve çıkış sonrası dönemlerinin olumsuz etkilendiği saptanmıştır (Yazlık ve Üremiş, 2017).

Ormanda bulunan pek çok bitkinin biyopestisit özelliği sahip oldukları doğal bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Biyopestisit özellik olarak en bilinen bitki tespih ağacı (*Azadirachta indica* A. Juss.) olup bünyesinde bulunan azadirachtin etken maddesi formülasyonlarda kullanılmaktadır. Tespih ağacının dışında, akasya (*Acacia spp.*), okaliptüs (*Eucalyptus spp.*), pire otu türleri (*Tanacetum spp.*), zakkum (*Nerium oleander L.*), mersin (*Myrtus communis* L.), atkestanesi (*Aesculus hippocastanum* L.), kekik türleri (*Thymus spp., Origanum spp.*) ve ceviz (*Juglans regia* L.) gibi pek çok bitki tarımsal üretimde verim kayıplarına neden olan hastalık ve zararlılar ile yabancı otlara karşı, kaçırıcı, çimlenme ve gelişmeyi engelleyici, beslenmeyi durdurucu, yumurtlamayı önleyici, öldürücü vb. özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır (Kitiş, 2011).

Bitki türleri metallere olan toleranslılık ve ekolojik çevrelerine göre dörde ayrılır. Bunlar: (i) zorunlu metal sevmeyenler; metallerce zengin topraklarda görülmeyen sadece metal bulunmayan topraklarda yaşayan bitkiler, (ii) zorunlu metal sevenler; metallerce zengin topraklarda endemik olarak yaşayabilen bitkiler olarak ilk iki grubu oluştururken, diğer iki grup bitki üyeleri ise (iii, iv) fakültatif metal sevenler olarak adlandırılırlar. Fakültatif metal seven bitkilerin kimi popülasyonları metallere karşı tolerans gösterirken kimileri ise toleranslı değildirler (Pollard vd., 2002).

Bitki bünyesindeki ağır metal miktarı hem faydalı hem de zararlı olabilir. Örneğin Zn bazı emzimlerde (oksidaz, peroksidaz, anhidraz ve dehidrogenaz) kofaktör olarak görev yaparken (Hewitt, 1983), azot metabolizmasında, hücre çoğalmasında, fotosentezde ve bitkilerdeki hormon sentezini düzenleme görevlerinde bulunmaktadır (Shier, 1994). Kadminyum (Cd), tohum çimlenmesi ve bitkiler üzerine olumsuz etki yapmakta (Ahmad vdl., 2012), ayrıca hiçbir fizyolojik olayda görev yaptığına dair herhangi bir bilgi bulunmadığından dolayı temel element olarak kabul görmemektedir. Bitki bünyesinde yüksek konsantrasyonlardaki nikel (Ni) bitkiler için toksik olup (Seregin vd., 2003), bazı bitki türleri için ise gerekli olmasına rağmen Zn, Cu ve Mg elementlerinin tersine mutlak gerekli element özelliği göstermemektedir. Ağır metalleri toprak üstü organlarında diğer bitkilere göre 100-1000 kat daha fazla biriktirip herhangi bir semptom göstermiyorsa bu bitkiler *hiperakümülatör* olarak adlandırılmaktadırlar. Hiperakümülatör olarak adlandırılmış yaklaşık 450 bitki türü bulunmakta ve *Brassicaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae* ve *Euphorbiaceae* bu grupta bulunan başlıca familyalardır (Reeves, 2006).

2.4. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Organik Madde Olarak Kullanımı

Lavanta bitkisinde uçucu yağının alındığı distilasyon işlemi sonucunda kalan posaya benzeyen kısım organik materyaldir. Organik madde; toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan olumlu etkide bulunduğu (Kacar, 1986), ayrıca toprağın strüktür gelişimini, su tutma kapasitesine ve toprakta besin elementlerinin tutulmasına ve mikroorganizma aktivitesi gibi özelliklerini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (Anonim, 2018).

Toprakların düşük olan organik madde miktarını yükselmek için kullanılabilecek çok sayıda organik kaynaklı gübreler bulunmaktadır. Agroendüstriyel atıklar toprağa organik madde kaynağı olmakla beraber doğru işlemler uygulandığında daha verimli bir hâl almaktadır. Bitkisel atıklar hem çevre kirliliğini azaltmak hem de değerlendirilmesi için toprağa uygulandığında birkaç yıl içinde organik bileşikler oksitlenerek atmosfere karbondioksit (CO_2) olarak salınmaktadır. Toprağa uygulanan organik bileşiklerin uzun sürede toprakta karbon kaynağı olarak kalması toprak verimliliği ve sağlığı için önem arz etmektedir. Atmosfere salınan CO_2 iklim değişimlerine neden olması nedeniyle organik maddenin toprakta tutulması ayrıca önemlidir. Toprağın en önemli organik madde kaynakları dendiğinde hayvan gübresi ve kompost ilk akla gelenlerdir.

Kompost: Biyokimyasal olarak ayrışabilir çok çeşitli organik maddelerin organizmalar tarafından stabilize edilmiş ve mineralize olmuş halidir. Kompostlaştırma ise mikroorganizma adı verilen ve çoğunluğu gözle görülmeyen canlıların, oksijenli ya da oksijensiz ortamda organik maddeleri biyokimyasal yollarla ayrıştırmasıdır. Kompost daha zengin azot içeriği nedeniyle mikroorganizmalar tarafından hızla ayrıştırılmaktadır.

Bazı atık kompostlarının karşılıklı değerlendirildiği çalışmada bitki atık kompostunun atık mantar kompostuna, torf ve diğer ticari yetiştirme ortamlara göre saksıda süs bitkisi yetiştiriciliği daha uygun materyal olduğu belirlenmiştir (Benito vd., 2005).

Topraklara ilave edilen organik maddelerin uzun vadeli etkilerinin incelendiği bir çalışma sonucunda; kompostun toprağın enzim aktivitesini %30 ve mikrobiyel biyomasını %100 arttırdığı, verimsiz topraklara kıyasla organik karbon içeriğini %90 arttırdığı tespit edilmiş ve düzenli bir şekilde toprağa organik materyal uygulamasının toprağın hacim ağırlığını, agregat stabilitesini ve fiziksel özelliklerini arttıracağı bildirilmiştir (Diacono vd., 2011).

Tarımsal atıkların içeriklerinin zenginleştirilmesi ve toprağa besin maddelerinin kazandırılması amacıyla yapılan bir çalışmada; çay atıklarının kompostlaştırılması ile çim alanların, yeşil ve kuru ot verimi, fide boyu ve kuru ağırlığı, birim alandaki (dm^2) kardeş sayısı, dip kaplama gibi değerleri açısından peat materyaline oranla kesin üstünlük

sağladığı, ahır gübresinin N ve K içeriklerine göre daha yüksek oranda bulunduğu saptanmıştır (Aşık ve Kütük, 2012).

Tarımsal atıklardan olan bağ budama atıklarının kompostlaştırma süreci ve oluşan kompostun özellikleri üzerine yapılan çalışma sonucunda; oluşan kompostun bitki besin madde miktarları analiz edilerek tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre makro besin maddeleri olan P 6374 ppm, K 24900 ppm, Ca 24760 ppm, Mg 6186 ppm, Na 3424 ppm, mikro besin maddeleri ise B 35.22 ppm, Mn 175.46 ppm, Cu 37.34 ppm, Fe 775.60 ppm, Zn 162.62 ppm olarak tespit edilmiş ve kompostun makro ve mikro besin maddeleri bakımından oldukça zengin olduğunu bildirilmiştir (Şahin vd., 2018).

Bazı organik atıkların (çim artığı, palmiye artığı, marul, maydanoz, mutfak atıkları, sebze artıkları vs.) karışım kompostları ile büyükbaş ahır gübresinin olgunlaştırılmış halinin mısır bitkisinin verim parametreleri üzerine yapılan çalışmada; konular sera koşullarında saf ve karışım olarak saksılara uygulanmış ve tüm konuların mısırın makro ve mikro besin madde içeriğinin kontrole grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve N, K, Ca, Zn ve Cu içeriklerindeki değişimler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Yağmur ve Okur, 2018).

Çay atığı, kuru yonca ve keçi gübresi karışımından elde edilen kompostun incelendiğinde çalışmada, kompostlama süresinin yaklaşık 1 ayda tamamlandığını ve Tablo 2'de belirtilen miktarlarda toprağa besin maddesi katkısı sağlayacağı bildirilmiştir (Müftüoğlu, vd., 2019).

Tablo 2
Çay atığı kompostunun toprağa sağlayacağı besinler (Müftüoğlu vd., 2019)

Besin Elementi Katkısı (g da^{-1})									
P	**K**	**Ca**	**Mg**	**Fe**	**Cu**	**Zn**	**Mn**	**B**	**Na**
2659	17146	7990	2766	185	15	38	832	30	669

Biyokömür: Organik biyokütlenin (organik gübre, materyal parçaları, organik atıklar vb.) havasız veya nispeten az oksijenli, kapalı bir ortamda yakılması (pirolizi)

sonucu elde edilen bol mineral içeren ve karbon açısından zengin bir toprak düzenleyicisidir. Biyokömür bitki besleme materyali olmakla beraber toprağın organik madde düzeyinin yükseltilmesi ve toprakta canlıların aktivitelerinin artması açısından önemlidir (Mounirou vd., 2020). Kompostlaştırma işleminde parçalanma sırasında açığa çıkan CO_2 atmosfere salınarak küresel ısınmaya, iklim değişikliklerine ve organik maddenin uzun süre toprakta tutulamamaktadır. Bu nedenlerden dolayı, özellikle son yıllarda toprağa organik madde kaynağı olarak ahır gübresi ve kompost ile beraber "biyokömür" (biochar = biyoçar) denilen toprakta uzun süre ayrışmadan kalan organik materyal (Marris, 2006) ile ilgili çalışmalar artarak devam etmektedir.

Biyokömürün toprak özellikleri üzerine olan olumlu etkilerini Glaser vd. (2002), beş başlık altında toplamıştır. Bunlar;

a) Biyokömür toprağa uygulandığında toprakta bulunan bitki besin elementleri, ağır metaller ve zirai ilaç kalıntıları tutmakta ve etkili adsorbant özelliği nedeniyle bu kimyasalların yüzey ve toprak altı sularına karışmasını engellemektedir.

b) Biyokömür bünyesinde bulunan önemli miktardaki bitki besin elementleri yavaş bir şekilde bitkilere sağlamaktadır.

c) Biyokömürün düşük yoğunluğu kumlu topraklarda toprağın su ve besin elementleri tutma kapasitesini artırmakta, killi topraklarda ise toprak yoğunluğunu düşürerek drenaj, havalanma ve kök gelişimi arttırmaktadır.

d) Biyokömürün pH'sı alkali özellikte olduğundan azotlu gübrelerden kaynaklanan asitleşmeyi önlemektedir.

e) Asidik toprakların kireç ihtiyacını azaltmaktadır.

Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmada; okaliptüs, taze çam, mısır koçanı ve söğüt kullanarak 550 °C elde edilen biyokömür materyallerini ince tınlı ve ince kumlu iki farklı toprağın 2.5 cm derinliğine 0, 2.5, 5.0, 10.0 ton ha^{-1} dozunda uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; farklı biyokömür ve dozlarının kontrol gruplarına göre mısır tohumlarının çimlenmesine önemli düzeyde etkilemediğini fakat toprakta karbonun depolandığını ve toprağın kalitesini arttırma adına önemli olduğunu bildirilmiştir (Free vd., 2010).

Gaskin vd. (2010), Amerika'da fıstık kabuğu ve çam atıklarından ürettikleri biyoçar materyalini azotlu ve azotsuz olarak tarla koşullarında mısır bitkisine farklı dozlarda

uygulamışlar ve çam biyoçarının dozu arttıkça toprağın pH'sının düştüğü ve toprakta kalsiyumun daha yarayışlı hale geldiğini bildirmişlerdir. Araştırıcılar, ilk yıl çam biyoçar dozunun artan miktarının mısır verimini azalttığını fıstık kabuğu biyoçarının ise ilk 15 cm toprak derinliğindeki Ca, K, Mg miktarının yükseldiğini ve yüksek doz fıstık biyoçarının mısır bitkisi verimini azalttığını rapor etmişlerdir.

Avustralya tarla koşullarında biyokömür uygulamasının buğday verim artışı ile beraber mikorizal kolonizasyonu arttırdığı bildirilmiştir (Solaıman vd., 2010).

Çin'de yürütülen bir çalışma sonucunda, biyokömür uygulaması yapılan bir tarlada mısır bitkisinin veriminin arttığı ve sera gazı emisyonunun azaldığı belirtilmiştir (Zhang vd., 2012).

Almanya'da iki yıl süren bir çalışmada, biyokömür ve kompost kombinasyonu denemesi sonucunda; biokömür uygulamasının bitkinin toplam karbon miktarını önemli ölçüde arttırdığı ve biyokömür-kompost kombinasyonunun da karbon tutumu için en iyi uygulama olduğu sonucuna ulaşıldığı bildirilmiştir (Schulz ve Glaser, 2012).

Fındık biyokömürü ve vermikompost uygulanan mısır bitkisi ile yapılan bir çalışmaya göre; biyokömürün C/N oranının yüksek olması nedeniyle verim amacıyla tek başına uygulamanın yeterli olmadığı, vermikompost gibi C/N oranı düşük olan organik materyaller ile beraber kullanılmasının uygun olacağı görüşü bildirilmiştir (Kurt, 2016).

Atık Materyaller: Tarımsal üretimde girdi kaynağı üzerine yapılan çalışmalarda, hasat atıklarının veya fabrikalarda işlem gören tarımsal ürün hammadde atıklarının değerlendirmesine yönelik atıkların toprağa doğrudan karıştırılması veya belli oranlarda hazırlanan karışımlarla kullanılması ile bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceğine dair bazı çalışmalar yapılmıştır (Aydeniz ve Brohi, 1991; Özenç, 2004; Benito vd., 2005; 2006). Atıkların toprağa uygulanması mikrobiyal faaliyetleri, bitki besin maddelerinin ayrışmasını teşvik ettiği (Eriksen, 2005; Randhawa vd., 2005), ayrıca toprak verimliliğini ve kalitesini olumlu yönde arttırdığı (Doran vd., 1987) bildirilmektedir. Bu nedenlerle, sürdürülebilir tarım için atıkların kullanımı iyi bir yönetim uygulaması olarak kabul edilmektedir. İzmir'de farklı satış noktalarından temin edilen tıbbi ve aromatik bitkilerin

bitki besin elementi konsantrasyonları (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B ve Mo) ile toksik ağır metal (Co, Cd, Cr, Ni, Pb ve Al) içerikleri ölçülmüş ve sonuç olarak tıbbi bitkilerin zengin mineral içeriğine sahip olduğu ancak bazı ağır metallerin kritik düzeylerin üzerinde olduğu bildirilmiştir (Esetlili vd., 2014). Hatay İli Amanos Dağları'nda toplanan bitkiler üzerine yapılan bir çalışmada; krom (Cr) birikiminin lavanta çiçeğinde ve kenger bitkisinde çalışılan diğer bitkilere göre daha yüksek seviyelerde olduğu, kebere bitkisinde ve yılancık otunda kurşun (Pb) miktarının yüksek seviyede olduğu, kekikte Pb miktarının 5.463 μg g^{-1} olduğu, kantaron (*Hypericum perforatum*) ve kara kekik bitkilerinde sırasıyla Cu içeriklerinin 5.694±0.18 ppm ve 12.86±0.47 ppm olduğu tespit edilmiştir (Ergün vd., 2012).

Çay atığı ile ahır gübresinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptandığı çalışmaya (Kütük vd., 1996) ait veriler Tablo 3'te verilmiştir. Tablodan anlaşılacağı üzere; çay atığının ahır gübresine göre fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından üstün olduğu anlaşılmaktadır. Halk arasında tedavi amacıyla bitkisel droglar genellikle aktarlardan satın alınmaktadır. İstanbul'da satış yapan aktarlarda bulunan sarı kantaron (*Hypericum perforatum*) bitkisine ait drogların incelendiği çalışmada, oniki farklı aktardan toplanan örneklerden iki tanesinin yüksek miktarda Al içerdiği belirlenmiştir (Tavlı vd., 2020).

Tablo 3

Çay atığı ve ahır gübresinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kütük vd., 1996)

Özellik	**Çay Atığı**	**Ahır Gübresi**
Organik Madde (OM) %	93.70	32.37
Toplan (N), %	2.68	1.34
Toplam fosfor (P), %	0.15	0.47
pH (1:10, materyal: su)	5.35	7.72
Toplam demir (Fe), ppm	7.79	1022.39
Toplam çinko (Zn), ppm	2.33	104.92
Toplam bakır (Cu), ppm	49.77	64.70

Gül distilasyon artığı olan gül posasının değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmada, posanın doğrudan yada zenginleştirilerek kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Tosun vd., 2003). Çalışmada kullanılan posaya ait besin içeriği Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Gül posasının bazı özellikleri (Tosun vd., 2003)

İçerik	**Değer**
Organik madde, %	84.2
Toplam N, %	3.7
pH	5.8
Toplam P (mg g^{-1})	1.99
K (mg g^{-1})	24
Mg (mg g^{-1})	5

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Lavanta Distilasyon Atığı Elde Edilmesi

Bu çalışma, Balıkesir Büyükşehir Belediyesi Kırsal Hizmetler Daire Başkanlığı'na bağlı Çiftçi Eğitim Şube Müdürlüğü (BAÇEM) seralarında yürütülmüştür. Çalışmada, üç yaşındaki lavanta intermedia bitkisinin 15.06.2019 tarihinde hasat edilerek elde edilen lavanta çiçeklerinin saplarıyla beraber buhar distilasyonu işlemine tabi tutulmasından sonra açığa çıkan lavanta atıkları kullanılmıştır. Atıklar BAÇEM lavanta bahçesinden elde edilmiş ve buhar distilasyon işlemi aynı kurumda gerçekleşmiştir. Elde edilen Lavanta Distilasyon Atıkları (LDA)'na kompostlama ve biyokömürleştirme işlemleri ile eleme sonrası ayrılan sap ve saman halleri denemede materyal olarak kullanılmıştır. Deneme 4 tekrarlı olarak tesadüf parselleri desenine göre yüksek tünel serada kurulmuştur. Denemede kullanılan materyallerin elde ediliş aşamaları aşağıdaki şekillerle (Şekil 1, 2, 3, 5 ve 6) açıklanmıştır.

Lavanta distilasyon atıkları öncelikle kapalı garajda gölge şartlarda harman kuruluğuna kadar kurutulmuş ve materyal homojenliği sağlanması için yem kırma makinasıyla parçalanarak karıştırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Gölgede kurutulmuş ve öğütülmüş LDA.

3.1.2. Denemede Kullanılan Sap Materyali

Atıkların parçalanması ve karıştırılması sonrası 5 cm gözenek çaplı elekten elenerek eleğin üstünde kalan kısım ayrılmış ve "*sap*" olarak (Şekil 2) değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Elek üstü öğütülmüş LDA (sap materyali).

3.1.3. Denemede Kullanılan Saman Materyali

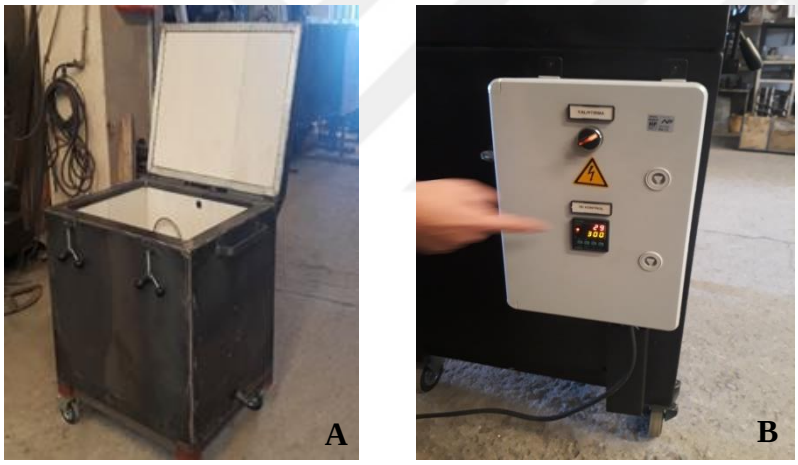
Kurutulmuş parçalanmış lavanta distilasyon atıklarının elenme işlemi sonucunda elek altında kalan kısımdan "*saman*" materyali elde edilmiştir (Şekil 3).



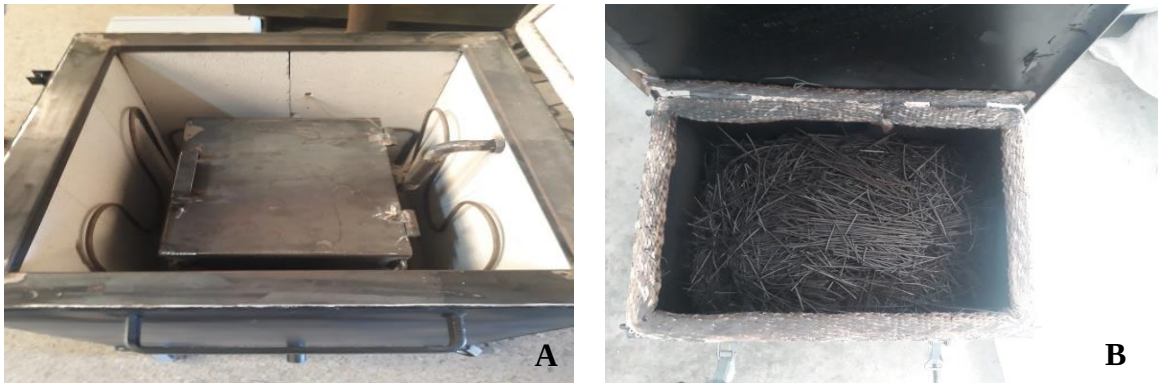
Şekil 3. Elek altı öğütülmüş LDA (saman materyali).

3.1.4. Denemede Kullanılan Biyokömür Materyali

Lavanta biyokömürü LDA'ın öğütme ve eleme işlemleri sonrasında elek altında kalan kısmının piroliz cihazında biyokömürleştirilmesiyle elde edilmiştir. Piroliz cihazı; proje ekibince projesi çizilen, PİD kontrol ünitesi (çoklu ısı kontrol ünitesi) proje bütçesinden karşılanan ve BAÇEM tarafından diğer maliyetleri karşılanarak Edremit İlçesi sanayinde yaptırılan ve 0-700 °C arasında çalışabilen laboratuvar ölçekli bir cihaz olup tasarımı ve üretimi orijinaldir (Şekil 4 ve 5A). Biyoçar materyali, elek altı lavanta distilasyon atıklarının piroliz cihazında 300 °C'de en az 4 saat tutulmasıyla elde edilmiştir (Şekil 5B). Bu sıcaklık derecesi; özgün piroliz cihazımızda yapılan ön deneme ve incelemeler sonucunda lavanta samanına özgü olarak belirlenmiştir. Biyokömürleştirme işlemi piroliz cihazı ile 24 günde tamamlanmış ve giren ve çıkan materyal miktarlarını ölçülerek verileri toplanmıştır.



Şekil 4. Piroliz cihazının görünümü (A) ve piroliz cihazı sıcaklık kontrol ünitesi (B).



Şekil 5. Piroliz cihazı içinin görünümü (A) ve biyokömürleştirilmiş LDA görünümü (B).

3.1.5. Denemede Kullanılan Kompost Materyali

LDA'ın kompostlaşma işlemi distilasyon işlemi sonrası açığa çıkan atıkların kurutma, öğütme ve eleme işlemleri sonrasında elek altında kalan kısmının kompostlaştırılmasıyla elde edilmiştir (Şekil 6). Kompostlaştırma işlemi; atık yığının başlangıç nem miktarı %65-70 olacak şekilde su eklendikten sonra (başka herhangi bir materyal katmadan) her hafta karıştırılmak suretiyle yapılmıştır. Kompost materyalinin nem, pH ve E.C. değerleri her hafta örnekler analiz edilerek izlenmiştir. Zaman içinde aerobik ve anaerobik mikroorganizmaların faaliyetinin azalmasıyla oluşan kompost; kokusuz, süngerimsi dokulu, başlangıçtaki materyalin artık tanınmadığı, elle muayenesinde ıslaklık ve kuruluk hissi vermeyen, kahve renkli bir materyal haline gelmiştir (Şekil 6). Bu materyalin kompost oluşum süreci yaklaşık sekiz ay sürmüştür.



Şekil 6. LDA kompostu başlangıç hali (A) ve LDA kompostu olgunlaşmış hali (B).

Deneme materyallerinin organik madde (OM) kapsamı ve besin maddesi içeriklerine ait temel element analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

Deneme materyallerinin OM ve besin maddesi içerikleri

Materyal	OM (%)	Makro Besin Elementleri (mg kg^{-1})						Mikro Besin Elementleri (mg g^{-1})			
		N (%)	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Lavanta kompost	79.55	1.004	1.36	11.37	1.18	11.30	2.48	583.5	10.52	24.79	25.24
Lavanta biyokömürü	59.73	1.549	2.87	30.97	2.30	21.48	5.03	1332.2	20.66	50.05	51.64
Lavanta sapı	86.15	0.812	1.10	12.51	0.96	6.40	1.46	163.2	10.27	14.07	14.65
Lavanta samanı	78.08	1.242	1.41	15.91	1.28	12.20	2.71	743.9	12.32	27.39	29.02

3.1.6. Denemede Kullanılan Mısır Bitkisi

Denemede Tareks T.K. 6063 slajlık mısır çeşidi kullanılmıştır (Şekil 7). Çeşidin en yüksek verimi 11.904 kg da^{-1} ortalama verimi ise 7.209 kg da^{-1} (https://www.tareks.com.tr/_tohumculuk/index.php?ac=002_hibit) olarak denemelerde tespit edilmiştir. Ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan teknolojik analiz sonuçlarına göre TK 6063 çeşidi çok kaliteli silaj değerlerine sahip bir çeşit olarak tescil edilmiştir.



Şekil 7. TK-6063 mısır çeşidi tohumlarının görünümü.

3.1.7. Denemede Kullanılan Toprak Materyali

Denemede kullanılan saksı toprağı BAÇEM'e sınır tarla bitkileri ekimi yapılan alandan alınarak denemenin kurulacağı sera bölgesine önceden getirilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Denemede kullanılan saksı toprağı hazırlıklarından bir görünüm.

Deneme toprağına ait verimlilik analizleri sonuçları Tablo 6'da, tarla kapasitesi ve solma noktasına analiz sonuçları ise Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6

Deneme toprağının temel analiz sonuçları

Element	**Analiz sonucu**	**Birim**	**Değerlendirme**
Kum	74.50	%	
Silt	15.20	%	Tın
Kil	9.35	%	
pH (1/2.5 toprak/su)	7.33	--	Hafif Alkali
Tuz (1/2.5 toprak/su)	0.0067	%	Tuzsuz
Kireç	1.18	%	Az
Organik Madde	0.754	%	Çok az
Toplam Azot	0.038	%	Çok Fakir
Alınabilir P_2O_5	25.56	kg da^{-1}	Çok Yüksek
Alınabilir K_2O	40.58	kg da^{-1}	Fazla
Alınabilir Fe	11.82	mg kg^{-1}	Çok Yüksek
Alınabilir Cu	2.97	ppm	Fazla
Alınabilir Zn	0.97	ppm	Yeterli
Alınabilir Mn	5.29	ppm	Yeterli
Alınabilir Ca	1.962	ppm	Yeterli
Alınabilir Mg	281.4	ppm	Yeterli
Alınabilir Na	54.5	ppm	--

Tablo 7

Deneme toprağının tarla kapasitesi ve solma noktası nemleri

	Tarla Kapasitesi (%)	**Solma Noktası (%)**	**Elverişli Nem (%)**
Deneme Toprağı	15.54	7.70	7.84

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemede Kullanılan Materyallerin Analizleri

Deneme öncesi alınan toprak örnekleri gölgede kurutularak hava kuru hale getirilmiş, sert polipropilen çekiçle temiz bir plastik leğende ezilerek agregatlar

parçalanmış ve toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Buradan ayrılan bir kısım toprak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama Merkez Laboratuvarları'na teslim edilerek temel toprak analizleri yapılmış ve analiz sonuçları verilmiştir (Tablo 6). Diğer toprak analizleri ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarları'nda aşağıda sıralanan metotlara göre yapılmıştır.

Toprak bünyesi (tekstür) tayini: Hava kuru durumdaki 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örneğinden bir kısım ayrılarak hidrometre yöntemi ile toprağın yoğunluk esasına dayanan % kum, % silt ve % kil miktarları hesaplanmış ve bünye üçgeni yardımıyla toprak bünyesi sınıfı belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

Toprak ve deneme materyallerinde pH ve EC belirlenmesi: Toprak örneklerinde 1:2.5 toprak:su oranındaki karışımda ve diğer deneme materyallerinde (biyokömür, kompost, sap ve saman) ise 1:5 materyal:su oranındaki karışımlarda pH ölçümü, hidrojen iyonu konsantrasyonun pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir (Richards, 1954). Toprak ve materyallerin elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri ise aynı oranlardaki sulu karışımlarında EC-metre ile ölçülerek belirlenmiştir (Anonymous, 1951; Richards, 1954).

Toprakta ve deneme materyallerinde organik madde tayini: Jackson (1958) tarafından bildirilen toprak organik maddesinin kromik asitle indirgenmesi esasına dayanan modifiye edilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir. Diğer deneme materyallerin organik madde içerikleri ise örneklerin etüvde 70 C°'de 48 saat süre ile ağırlığı sabitlenene kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları alınmıştır. Kurutulan örnekler öğütülmüş ve 500 °C'de 4 saat süreyle yakılan örnekler, organik madde kayıplarının % olarak fırın kuru ağırlık üzerinden hesaplanması esasına dayanan kuru yakma yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008; DIN 11542, 1978).

Toprakta kireç ($CaCO_3$) belirlenmesi: Topraktaki karbonatlardan hidroklorik asit (HCl) ile reaksiyonu sonrası serbest kalan CO_2 miktarının Scheibler kalsimetresi kullanılarak ölçülmesi ile tayin edilmiştir (Allison ve Moodie, 1965).

3.2.2. Denemenin Kurulması

Deneme Balıkesir ili Burhaniye ilçesinde bulunan BAÇEM'de sera şartlarında kurulmuştur. Deneme materyallerin temin edildikten sonra; 30 x 30 cm ebatlarında, siyah renkli polipropilen malzemeden üretilmiş, ortalama 550 g ağırlığındaki saksılar seçilmiş ve yıkanıp temizlenmiştir. Belirtilen deneme planına (Tablo 8) göre her bir konuya ayrılan saksılar için gerekli toplam toprak miktarları önceden 4 mm'lik elekten elenmiş, kurutulmuş ve hava kuru durumda iken nem miktarları belirlenmiş topraklardan tartılarak temiz bir naylon üzerine dökülmüştür (Şekil 9). Bu topraklara önceden hazırlanmış olan ve nem içerikleri önceden belirlenen (Tablo 9) deneme materyallerinden kütlece kuru madde bazında ve %1 oranında katılarak homojen olarak karıştırılmıştır (Şekil 9). Her deneme materyali ve kontrol grubu için ayrı ayrı tekrarlanan bu işlemler sonrasında elde edilen karışımlar ve kontrol toprağı dört tekerrürlü olarak saksılara doldurulmuştur (Şekil 10). Saksılar tarla kapasitesine kadar sulanarak bir haftalık dinlenmeye bırakıldıktan sonra her bir saksıya beşer adet mısır tohumu toprağın 2 cm derinine gelecek şekilde el ile ekilmiştir (Şekil 10). Ekimden hemen sonra saksılara birer litre can suyu uygulanarak saksı denemesinin kurulumu tamamlanmıştır. Kurulum işleminden sonra saksılar seraya tesadüf parselleri deneme desenine göre 27/04/2020 tarihinde alınmıştır.

Tablo 8

Deneme planı

Paraleller	**Kontrol**	**Sap**	**Saman**	**Kompost**	**Biyokömür**
1.	x	x	x	x	x
2.	x	x	x	x	x
3.	x	x	x	x	x
4.	x	x	x	x	x

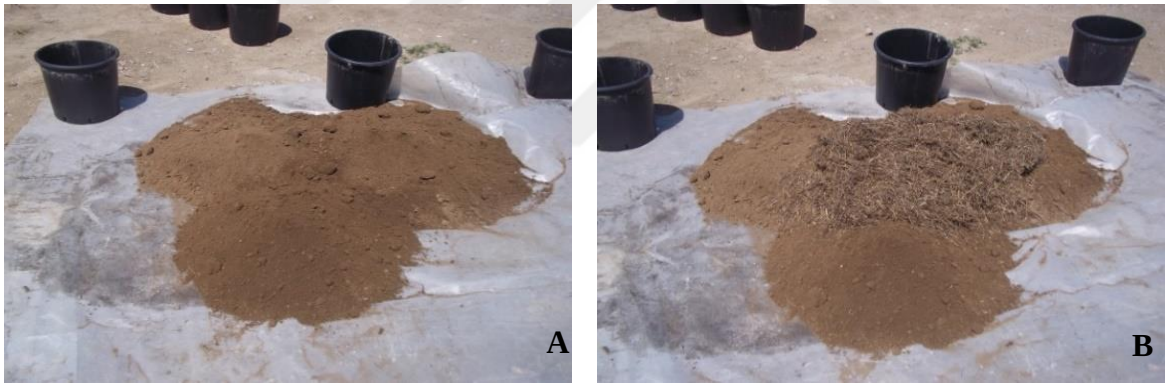
Serada zaman zaman yeri değiştirilen saksılardaki çimlenen mısır bitkileri dört yapraklı döneme geldiğinde seyreltme yapılmış ve her saksıda tek bir bitki bırakılmıştır. Bitkilerin gelişimi boyunca sulamalarda her saksıya aynı miktarda su verilmiş ve yapılan gözlem ve incelemelere göre hastalık ve zararlılar için herhangi bir ilaçlama yapılmamıştır.

Tablo 9

Denemede kullanılan materyal miktarları

Materyal	Ortalama nem içeriği (%)	Saksı toprağı fırın kuru ağırlığı (kg)	Eklenen materyal ağırlığı (g)	Brüt saksı ağırlığı (kg)
Sap	8.79	21.00	230.20	22.24
Saman	9.16	21.00	231.20	22.24
Biokömür	5.31	21.00	221.80	22.23
Kompost	66.11	21.00	619.70	22.43
Toprak	9.00	21.00	23.070	--

Denemede kullanılan toprağın başlangıç temel analizinde eksik olarak tespit edilen N miktarı, bitkilerin büyümesiyle 13.05.2020 tarihinde 50 ppm dozunda amonyum sülfat (%21 N) gübresi ile sulama suyuna karıştırılarak üst gübrelemesi şeklinde tamamlanmıştır.



Şekil 9. Elenmiş deneme toprağı (A) ve LDA karıştırma işlemi (B).



Şekil 10. Tohum ekimi öncesi saksı dolumu (A) ve tohumların ekimi (B).

3.2.3. Hasat ve Mısır Bitkisi Analizleri

Sera şartlarında mısır bitkisinin silajlık olgunluğa ulaştığı dönemin tespitinde ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyelerinden (Prof. Dr. Mevlüt AKÇURA ve Prof. Dr. Altıngül ÖZASLAN PARLAK) destek alınmıştır. Saksılarda bulunan mısırlarda oluşan koçanların dane dolum düzeylerine göre öğretim üyelerinin elle muayeneleri sonucu hasadı kararlaştırılan bitkiler kök boğazının hemen üstünden çelik bıçaklı maket bıçağı ile kesilerek hasat edilmiştir.

Bitki kök-gövde boyu ve bitki gövde çapı ölçümleri: Mısır bitkisinin bitki kök boyu kök boğazından en uzun kökün ucuna kadar; bitki boyu ise yine kök boğazından bitkinin bayrak yaprağının ucuna kadar cm ölçekli şerit metreyle ölçülerek elde edilmiştir. Bitki çapı ise kök boğazından sonraki birinci boğuğumdan dijital kumpas yardımıyla farklı açılardan ölçülerek ortalama değerlerinin hesaplanmasıyla elde edilmiştir.

Mısır bitkisinin saksıda kök gelişim alanı çapı (düz bir zeminde bastırılan köklerin "X" eksenindeki en geniş yayılım noktasından ölçüm alınarak elde edilen) ölçülen bir başka özellik olarak dikkate alınmıştır.

Ayrıca tüm saksılardaki bitkilerin koçan ve yaprak sayıları hasat öncesi her saksıdaki bitkilerde tek tek sayılarak elde edilmiştir.

Bitki yaş ve kuru ağırlıkları: Kök boğazının üst tarafından kesilen bitki örneklerinin kök ve gövde yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak elde edilmiştir. Bitki köklerinin yaş ağırlıkları, tartım öncesinde suya doygun hale getirilmiş saksıların temiz bir elek üzerine dökülerek yıkanması ve elek üzerinde kalan kök parçalarıyla birlikte tartılması şeklinde elde edilmiştir. Bitkinin kuru ağırlıkları, kök ve gövde yaş ağırlıkları alındıktan sonra etüvde 80 °C'de kurutulduktan sonra yine hassas terazide tartılarak elde edilmiştir.

Bitki yaprak analizleri: Yaprak analizi için mısır bitkilerinin koçanları karşısında bulunan yapraklardan çelik bıçaklı maket bıçağı yardımıyla örnekler alınmış ve yaprak numunelerinin yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Alınan yaprak numunelerinin önce iki kez musluk suyu, daha sonra iki kez saf sudan geçirilerek yıkanmış ve etüvde 80°C'de

kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaprak numunelerinin belirlenen yaş ve kuru ağırlıkları daha sonra bitki biyokütle ağırlıkları hesaplarına dâhil edilmiştir.

Etüvde kurutulan yaprak örnekleri çelik bıçaklı bitki değirmeni ve blender yardımıyla öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Kurutulmuş ve öğütülmüş yaprak örneklerinin 500 °C'de sıcaklıkta kuru yakma yöntemine göre yakılılması ile elde edilen bitki süzüklerinde (Kacar ve İnal, 2008; Müftüoğlu vd., 2014), makro ve mikro besin maddeleri İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazı yardımıyla belirlenmiştir.

Mısır bitkisi yapraklarında toplam N ve protein içeriği belirlenmesi: Öğütülmüş yapraklarının sülfirik asit (H_2SO_4) ile yaş yakılması sonrası, mikro Kjeldahl cihazı yardımıyla distile edilerek %N içerikleri belirlenmiştir (Kjeldahl, 1883). Belirlenen %N içerikleri üzerinden 6.25 faktörü ile çarpılarak yaprakların protein içerikleri hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

3.2.4. Deneme Sonrası Yapılan Toprak Analizleri

Deneme sonrası alınan toprak örnekleri gölgede kurutularak hava kuru hale getirilmiş, sert polipropilen çekiçle temiz bir plastik leğende ezilerek agregatlar parçalanmış ve toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Buradan ayrılan bir kısım toprakta aşağıda sıralanan toprak analizleri, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarları'nda aşağıda sıralanan metotlara göre yapılmıştır.

Toprakta alınabilir makro ve mikro besin elementi miktarlarının belirlenmesi; Toprağın toplam N içeriği (Kjeldahl, 1883), diğer alınabilir makro (P, Na, K, Ca, Mg) ve mikro besin elementleri (Fe, Cu, Zn, Mn) ise AB-DTPA [amonyum bikarbonat (NH_4HCO_3) - dietilen triamin pentaasetik asit (DTPA)] ekstraksiyonu sonrası elde edilen süzüklerde ICP-OES cihazı yardımıyla belirlenmiştir (Soltanpour, 1991).

Tarla kapasitesi ve solma noktası belirlenmesi: Deneme öncesi ve sonrası ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Laboratuvarları'nda yapılmıştır.

Toprağın tarla kapasitesi, suya doygun hale getirilen toprak örneğinin basınçlı membran aletinde 1/3 atmosfer basınç altında, solma noktası ise suyla doygun hale getirilen toprak örneğinin basınçlı membran aletinde 15 atmosfer basınca tabi tutulmasıyla belirlenmiştir (Klute, 1986).

Nem miktarlarının hesaplanması: Denemenin kurulmasından önce gravimetrik (ağırlık esasına göre) olarak toprak için 105°C'de, diğer organik materyaller için ise 80 °C'de kurutularak örneklerin sabit ağırlığa ulaşmasıyla belirlenmiştir (Allmaras ve Gardner, 1956).

Toprakta toplam mezofil aerobik mikroorganizma sayısı: Mikroorganizma sayıları deneme bitiminde her bir saksıdan paslanmaz çelikten yapılmış ve her seferinde etil alkol ile steril edilen yarı açık saksı burgusu ile Winogradsky (1887) yöntemine göre alınarak, 2 mm'lik steril elekten geçirilen toprak örneklerinde belirlenmiştir. Alınan örneklerden Wollum (1982) tarafından bildirildiği şekilde; bir dizi dilüsyonlar hazırlanmış, önceden hazırlanan steril Plate Count Agar (PCA) besi yerine ekimleri yapılmış ve Drigalski spatülü yardımıyla besiyeri üzerine yayılan mikroorganizmaların 5-7 gün içinde oluşturdukları kolonilerin sayılması sonucu gram kuru toprak başına canlı mikroorganizma sayıları hesaplanmıştır.

Toprakta katalaz enzim aktivitesi: Saksılardan mikroorganizma sayımı için alınan örneklerden bir kısmı ayrılarak laboratuvarda hava kuru hale getirilmiş ve gram kuru toprak başına hidrojen peroksit (H_2O_2)'in katalaz enzimi tarafından parçalanmasıyla üretilen net oksijen (O_2) gazının kalsimetre aletinde volümetrik olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir (Beck, 1971).

Toprakta üreaz enzim aktivitesi: Katalaz enzimi için ayrılan örneklerden 2 mm'lik elekten geçirilmiş 10 gramlık bir kısım alınarak önce tolüen ile canlı mikroorganizmalar inaktif hale getirilmiş, sonra substrat olarak katılan ürenin üreaz enzimiyle parçalanması için 37 °C'de üç saat inkübasyona tabi tutulmuş ve örneklerde enzim tarafından parçalanan üre miktarı oluşturulan standart seriye karşı spektrofotometrik olarak hesaplanmıştır (Hoffmann ve Teicher, 1961).

Toprakta amonyum ve nitrat belirlenmesi: Saksılardan alınan taze toprak numuneleri 1:10 oranında toprak:çözelti oranında 2 M potasyum klorür (KCl) ile bir saat çalkalanıp süzülmüş ve elde edilen süzüklerdeki NH_4 miktarları magnezyum oksit (MgO) eşliğinde ve NO_3 miktarları ise devarda alaşımı eşliğinde Kjeldahl destilasyon cihazında belirlenmiştir (Bremner, 1965; Kacar ve İnal, 2008).

3.2.5. İstatistik Analizler

Tüm veriler elde edildikten sonra SASV8 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farkların önemliliği ise En Küçük Asgari Farklara (LSD) göre farklı harflerle ifade edilerek önemlilik dereceleri belirlenmiştir (Düzgüneş vd., 1993).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Uygulamaların Mısır Bitkisi Gelişim Özelliklerine Etkileri

Farklı işlemler uygulanan LDA'nın mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz (VA) sonuçları Tablo 10'da ve uygulamaların bitki gelişim özellikleri üzerine ortalama değişim etkileri ise Tablo 11'de verilmiştir. Tablolar incelendiğinde; uygulamaların gövde kuru madde oranı ($p \leq 0.05$), bitki boyu ve bitki çapı ($p \leq 0.01$), gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı ve kök/gövde oranı ($p \leq 0.001$) üzerine etkilerinin önemli olduğu ve yaprak sayısı ve kök kuru madde oranı üzerine etkilerindeki değişimlerin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 10

Mısır bitkisi gelişim özelliklerinin farklı LDA uygulamalarına göre değişimi VA tablosu

Varyasyon Kaynağı	*Serbestlik Derecesi*	*Kareler Toplamı*	*F Değeri*	*Serbestlik Derecesi*	*Kareler Toplamı*	*F Değeri*
		Bitki Boyu			**Bitki Çapı**	
Toplam	19	5016.95	-	19	203.75	-
Uygulama	4	3105.57	6.09**	4	132.50	6.97**
Hata	15	1911.37	-	15	71.25	-
		Yaprak Sayısı			**Gövde Yaş Ağırlığı**	
Toplam	19	27.20	-	19	385666.51	-
Uygulama	4	10.70	2.43öd	4	335276.82	24.95***
Hata	15	16.50	-	15	50389.69	-
		Gövde Kuru Ağırlığı			**Gövde Kuru Madde Oranı**	
Toplam	19	14950.19	-	19	58.47	-
Uygulama	4	12387.96	18.13***	4	30.34	4.04*
Hata	15	2562.23	-	15	28.12	
		Kök Yaş Ağırlığı			**Kök Kuru Ağırlığı**	
Toplam	19	106380.55	-	19	10276.55	-
Uygulama	4	86973.80	16.80***	4	8555.30	18.63***
Hata	15	19406.75	-	15	1721.25	-
		Kök Kuru Madde Oranı			**Kök/Gövde Oranı**	
Toplam	19	91.50	-	19	4123.3	-
Uygulama	4	30.5	1.871öd	4	2846.7	8.361***
Hata	15	61.1		15	1276.7	-

*: $p \leq 0.050$ **: $p \leq 0.010$ ***: $p \leq 0.001$ öd: önemli değil

Çalışmada, uygulamalar arasında ortalama en uzun bitki boyu kompost (162 cm) uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (159.9 cm), kontrol (148.3 cm), sap (144.9 cm) ve saman (127.3 cm) uygulamaları takip etmiştir. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç kompost, sap ve saman uygulamalarının birbiri arasındaki ortalama bitki boyları değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 11).

Ortalama bitki çapı en fazla biyokömür (26.25 mm) uygulamasında tespit edilmiş bu uygulamaayı sırasıyla kompost (24.25 mm), kontrol (22.75 mm), sap (22.00 mm) ve saman (18.50 mm) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol ile sap uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç biyokömür, sap ve saman uygulamalarının ortalama bitki çapı değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 11).

Uygulamaların ortalama yaprak sayısına etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamaların ortalama yaprak sayısı sırasıyla biyokömür (16 adet), kontrol (15 adet), sap (14.75 adet), kompost (14.50 adet) ve saman (13.75 adet) olarak tespit edilmiştir (Tablo 11).

Uygulamalar arasında ortalama gövde yaş ağırlığı en yüksek kontrol (622.7 g) uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (510.3 g), kompost (46.3 g), sap (358.6 g) ve saman (243.9 g) uygulamaları takip etmiştir. Biyokömür ile kompost uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç kontrol, sap ve saman uygulamalarının ortalama gövde yaş ağırlığı değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı işlemler uygulanmış LDA, kontrol uygulamasına oranla ortalama gövde yaş ağırlığı azalmıştır (Tablo 11).

Uygulamalar arasında ortalama gövde kuru ağırlığı en yüksek kontrol (112.5 g) uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (101.1 g), kompost (496.3 g), sap (70.4 g) ve saman (42.9 g) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol, kompost ve biyokömür uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç, sap ve saman uygulamaları arasındaki ortalama gövde kuru ağırlığı değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sap ve saman uygulamaları kontrol uygulamasına göre gövde kuru ağırlığı azalma göstermiştir (Tablo 11).

Uygulamalar arasında ortalama gövde kuru madde oranı en yüksek kompost (%20.88) uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla sap (%19.65), biyokömür (%19.60), kontrol (%18.10) ve saman (%17.41) uygulamaları takip etmiştir. Kompost ile saman uygulamaları arasındaki ortalama gövde kuru madde oranı değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 11).

Uygulamalar arasında ortalama kök yaş ağırlığı en yüksek kompost (315.0 g) uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla kontrol (223.8 g), biyokömür (212.5 g), sap (185 g) ve saman (110.5 g) uygulamaları takip etmiştir. Kompost, kontrol-biyokömür-sap ve saman uygulamaları arasındaki ortalama kök yaş ağırlığı değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kompost uygulamasında kontrol uygulamasına göre ortalama kök yaş ağırlığı artmıştır. Kontrol, biyokömür ve sap uygulamaları arasındaki ortalama kök yaş ağırlık farkı istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 11).

Uygulamalar arasında ortalama kök kuru ağırlığı en yüksek (95.0 g) kompost uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla kontrol (68.25 g), biyokömür (66.25 g), sap (58.25 g) ve saman (30.50 g) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol, biyokömür ve sap uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç kompost ve saman uygulamaları arasındaki ortalama kök kuru ağırlığı değişim farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kompost uygulamasında kontrol uygulamasına göre ortalama kök kuru ağırlığı artmıştır. Kontrol, biyokömür ve sap uygulamaları arasındaki ortalama kök kuru ağırlık farkı istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir(Tablo 11).

Uygulamaların ortalama kök kuru madde oranına etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamaların ortalama kök kuru madde oranı sırasıyla sap (%31.57), biyokömür (%31.22), kontrol (%30.52), kompost (%30.13) ve saman (%28.04) olarak tespit edilmiştir (Tablo 11).

Uygulamalar arasında ortalama kök/gövde oranı en yüksek kompost (93.67) uygulamasında tespit edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla sap (83.25 g), biyokömür (66.98), kontrol (60.79) ve saman (69.65) uygulamaları takip etmiştir. Sap ile saman uygulamaları ve kontrol ve biyokömür uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç

uygulamalar arasındaki ortalama kök/gövde oranı farkı istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir(Tablo 11).

Tablo 11

Mısır bitkisi gelişim özelliklerinin farklı LDA uygulamalarına göre değişimi

Özellikler	**Kontrol**	**Kompost**	**Biyokömür**	**Sap**	**Saman**
Bitki Boyu (cm)	148.3 ab*	162.0 a	159.9 ab	144.9 b	127.3 c
Bitki Çapı (mm)	22.75 b	24.25 ab	26.25 a	22.00 b	18.50 c
Yaprak Sayısı (adet)	15.00	14.50	16.00	14.75	13.75
Gövde Yaş Ağırlığı (g)	622.7 a	460.3 b	510.3 b	358.6 c	243.9 d
Gövde Kuru Ağırlığı (g)	112.5 a	96.3 a	100.1 a	70.4 b	42.9 c
Gövde Kuru Madde Oranı (%)	18.10 bc	20.88 a	19.60 ab	19.65 ab	17.41 c
Kök Yaş Ağırlığı (g)	223.8 b	315.0 a	212.5 b	185.0 b	110.5 c
Kök Kuru Ağırlığı (g)	68.25 b	95.00 a	66.25 b	58.25 b	30.50 c
Kök Kuru Madde Oranı (%)	30.52	30.13	31.22	31.57	28.04
Kök/Gövde Oranı	60.79 c	93.67 a	66.98 c	83.25 ab	69.65 bc

* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Müftüoğlu vd. (2019), çay çöpünden kompost yapımı ve oluşan kompostun bazı özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, kısa sürede kompostlaşma özelliği tespit edilen çay çöpünün tarımda kullanılabileceğine dair bildirdikleri çalışma sonucu ile çalışmamızda LDA kompostunun mısır bitkisi gelişim özelliklerine üzerine tespit ettiğimiz sonuçlar benzerlik göstermektedir.

Yaptığımız çalışmada bitki boyu kompost uygulamasında kontrol uygulamasına göre daha fazla çıkmıştır. Benzer bir sonuç Goli vd. (2015), atık mantar kompostu uygulanan marul bitkisinde vejetatif büyüme ve N, P, K ve Ca içeriklerinin kontrole kıyasla %30 oranında arttığını bildirdikleri çalışmada görülmektedir.

Namlı vd. (2017) yaptıkları çalışmada; tavuk altlığı ve fındık kabuğu biyokömürü uygulamalarının tarla koşullarında buğdayın bitki boyuna etkisinin kontrole göre daha yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda uygulamaların mısır bitki boyuna etkisi en

yüksek biyokömür uygulamasında elde edilirken kontrol ve biyokömür uygulamalarının bitki boyu değişimine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Elmacı vd. (2009), kekik ve kimyon işletmesi organik atıklarının kompost hallerini 1. ürün kanola ve 2. ürün mısır bitkilerinde vejetatif dönemde etkisini inceledikleri çalışmada; kekik atıklarının 1. ürün kanola ve 2. ürün mısır bitkilerinde bitki boyuna etkisinin kontrol uygulamalarına oranla daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç; çalışmamızda elde ettiğimiz kompost uygulamasının kontrole oranla daha yüksek bitki boyuna ulaşması yönüyle benzerlik göstermektedir.

Sera koşullarında yapılan bir çalışmada, mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin "biyokömür tipi" x "uygulama dozu" interaksiyonunun bitki kuru ağırlığına etkileri açısından önemli bulunduğu belirtilmiştir (Sevilir, 2019). Benzer olarak çalışmamızda, aralarında biyokömürün de bulunduğu uygulamaların ortalama mısır gövde kuru madde değişimlerine %0.1 düzeyinde önemli etkileri olduğunu tespit edilmiştir.

Bazı organik materyallerin ve inorganik gübrelerin çemen bitkisinin gelişimine etkilerinin incelendiği çalışmada; organik materyallerin bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı gibi parametreleri istatistiksel olarak etkilediği belirtilmiştir (Akşahin ve Gülser, 2019). Çalışmamızdaki farklı işlemlere tabi tutulmuş lavanta bitkisi atıklarının mısır bitkisinde yaprak sayısı ve kuru madde oranı dışındaki incelenen tüm özelliklerde önemli etkilerinin görülmesi yönüyle Akşahin ve Gülser (2019)'in çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir.

4.2. Uygulamaların Mısır Verimi, Yaprakta Protein, Makro Elementler ve Sodyum Üzerine Etkileri

Uygulamaların birim alanda (da) silajlık mısır verimi, yaprakta protein, makro ve Na bitki besin maddesi konsantrasyonlarına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 12'de, konuların birim alana ortalama verim miktarı, yaprakta protein, makro ve Na bitki besin madde miktarlarının ortalama değişim etkileri ise Tablo 13'te verilmiştir. Uygulamaların birim alana ortalama silajlık mısır verimine etkileri varyans analiz sonuçlarına göre önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.001$). Uygulamaların yaprakta

protein miktarı, N, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkilerinin ($p \leq 0.001$) önemli olduğu tespit edilmiştir. Uygulamaların yaprakta P ve Na konsantrasyonlarına etkilerinin ise önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 12

Mısır bitkisinde silajlık verim ile yaprakta protein, makro elementler ve Na konsantrasyonlarının farklı LDA uygulamalarına göre değişimine ilişkin VA tablosu

Varyasyon Kaynağı	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***
	Silajlık Verim			**Yaprak Proteini**		
Toplam	19	58056653	-	19	10074.2	-
Uygulama	4	55141377	70.93***	4	9493.6	61.30***
Hata	15	2915276	-	15	580.8	-
	Yaprak N Konsantrasyonu			**Yaprak P Konsantrasyonu**		
Toplam	19	257.90	-	19	1.989	-
Uygulama	4	243.03	61.30***	4	0.844	2.768öd
Hata	15	14.866	-	15	1.144	-
	Yaprak Mg Konsantrasyonu			**Yaprak K Konsantrasyonu**		
19	3.030			19	63.12	-
4	2.824	51.55***		4	48.05	11.95***
15	0.205			15	15.07	
	Yaprak Ca Konsantrasyonu			**Yaprak Na Konsantrasyonu**		
Toplam	19	15.67	-	19	0.0072	-
Uygulama	4	15.30	154.57***	4	0.0310	2.828öd
Hata	15	0.371	-	15	0.0410	-

*: $p \leq 0.050$ **: $p \leq 0.010$ ***: $p \leq 0.001$ öd: önemli değil

Çalışmamızda uygulamalar arasında birim alana ortalama en yüksek verim kontrol (8440.8 kg da^{-1}) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (6879.1 kg da^{-1}) , kompost (6879.1 kg da^{-1}), sap (3595.9 kg da^{-1}) ve saman (3595.9 kg da^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Kompost ile biyokömür uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç uygulamalar arasında ortalama birim alana verim farkı istatiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13).

Uygulamalar arasında yaprakta ortalama protein miktarı en yüksek kontrol (135.53 g kg^{-1}) uygulamasında tespit edilmiş olup, bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (110.51 g kg^{-1}), kompost (92.20 g kg^{-1}), sap (79.15 g kg^{-1}) ve saman (77.42 g kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Sap ve saman uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç tüm

uygulamalar arasındaki yaprakta ortalama konsantrasyon değişim farkı istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13).

Uygulamalar arasında yaprakta ortalama N konsantrasyonu en yüksek kontrol (21.68 g kg^{-1}) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (17.68 g kg^{-1}), kompost (14.75 g kg^{-1}), sap (12.66 g kg^{-1}) ve saman (12.39 g kg^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Sap ve saman uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç tüm uygulamalar arasındaki ortalama N konsantrasyon değişim farkı istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13).

Uygulamaların yaprakta ortalama P konsantrasyoununa etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda uygulamaların ortalama P konsantrasyonu sırasıyla saman (2.458 mg g^{-1}), sap (2.440 mg g^{-1}), biyokömür (2.351 mg g^{-1}), kompost (2.013 mg g^{-1}) ve kontrol (1.995 mg g^{-1}) olarak tespit edilmiştir (Tablo 13).

Uygulamalar arasında yaprakta ortalama Mg konsantrasyonu en yüksek kontrol (2.456 mg g^{-1}) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla kompost (1.890 mg g^{-1}), biyokömür (1.843 mg g^{-1}), sap (1.514 mg g^{-1}) ve saman (1.370 mg g^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Kompost ile biyokömür uygulamaları ve sap ile saman uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkları hariç uygulamalar arasındaki yaprakta ortalama Mg konsantrasyon farkı istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13).

Uygulamalar arasında yaprakta ortalama K konsantrasyonu en yüksek (22.72 mg g^{-1}) saman uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (21.97 mg g^{-1}), kompost (21.73 mg g^{-1}), sap (21.35 mg g^{-1}) ve kontrol (18.23 mg g^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Saman, biyokömür, kompost ve sap uygulamalarının birbiri arasındaki yaprakta ortalama K konsantrasyon farkı istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. LDA uygulaması yaprakta ortalama K konsantrasonunu kontrol uygulamasına oranla yükselmiştir (Tablo 13).

Uygulamalar arasında yaprakta ortalama Ca konsantrasyonu en yüksek kontrol (4.525 mg g^{-1}) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla biyokömür

(2.965 mg g^{-1}), kompost (2.930 mg g^{-1}), sap (2.225 mg g^{-1}) ve saman (2.045 mg g^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Kompost ile biyokömür uygulamaları ve sap ile saman uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç uygulamalar arasındaki yaprakta ortalama Ca konsantrasyon farkı istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13).

Uygulamaların yaprakta ortalama Na konsantrasyoununa etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda uygulamaların ortalama Na konsantrasyonu biyokömür (1.690 mg g^{-1}), kontrol (1.670 mg g^{-1}), saman (1.645 mg g^{-1}), kompost (1.630 mg g^{-1}) ve sap (1.575 mg g^{-1}) olarak tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13

Mısır bitkisinde silajlık verim ile yaprakta protein, makro elementler ve Na konsantrasyonlarının farklı LDA uygulamalarına göre değişimi

Özellikler	***Kontrol***	***Kompost***	***Biyokömür***	***Sap***	***Saman***
Silajlık Verim (kg da^{-1})	8440.8 a*	6740.1 b	6879.1 b	5084.8 c	3595.9 d
Yaprak Protein Miktarı (g kg^{-1})	135.53 a	92.20 c	110.51 b	79.15 d	77.42 d
Yaprak N Konsantrasyonu (g kg^{-1})	21.68 a	14.75 c	17.68 b	12.66 d	12.39 d
Yaprak P Konsantrasyonu (mg g^{-1})	1.995	2.013	2.351	2.440	2.458
Yaprak Mg Konsantrasyonu (mg g^{-1})	2.456 a	1.890 b	1.843 b	1.514 c	1.370 c
Yaprak K Konsantrasyonu (mg g^{-1})	18.23 b	21.73 a	21.97 a	21.35 a	22.72 a
Yaprak Ca Konsantrasyonu (mg g^{-1})	4.525 a	2.930 b	2.965 b	2.225 c	2.045 c
Yaprak Na Konsantrasyonu (mg g^{-1})	1.670	1.630	1.690	1.575	1.645

* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Özgüven vd. (1999), sigara fabrikası tütün atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, farklı dozlardaki tütün atıklarının test bitkilerine verim olarak etkilerinin en az mineral gübre kadar olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda mineral gübre kullanmadan kontrol grubu ile LDA karşılaştırıldığında özellikle birim alana verim miktarı bakımından istatistiksel olarak fark olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna en yakın verim miktarı kompost ve biyokömür uygulamalarında olduğu görülmektedir.

Demir ve Cimrin (2011), mısır gelişimi üzerine arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarını farklı dozlarını denedikleri çalışmada uygulamalar arasında toprak üstü kısımlarında tespit ettikleri P miktarları arasında büyük bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki LDA uygulamalarının mısır yapraklarında ortalama P konsantrasyonlarına etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olması benzeşmektedir.

Demirtaş vd. (2000)'nin örtü altı yetiştiriciliğinde domates bitkisine atık mantar kompostu uygulaması yaptıkları çalışmada, yaprakta K içeriğini artırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışma ile LDA kompostunun mısır bitkisinin yaprakta ortalama K konsantrasyonuna etkisinin kontrol uygulamalarına göre yüksek değerlerde olması bakımından benzerlik göstermektedir. Çalışmamız, Kır ve Mordoğan (2006)'ın değişik kompostların kırmızıbiber yapraklarının K içeriğini kontrole göre artırdığını belirttikleri çalışmayla da uyumludur.

4.3. Uygulamaların Yaprakta Mikro Besin Elementlerine Etkileri

Uygulamaların mısır bitkisi yapraklarındaki mikro besin maddeleri konsantrasyonlarına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 14'te, mikro bitki besin maddeleri konsantrasyonları ortalama değişim etkileri ise Tablo 15'te verilmiştir. Uygulamaların mısır bitkisinin ortalama yaprak Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarına etkilerinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.001$).

Tablo 14

Mısır yapraklarındaki mikro elementlerin farklı LDA uygulamalarına göre değişimine ilişkin VA tablosu

Varyasyon Kaynağı	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***
	Yaprak Fe Konsantrasyonu			**Yaprak Cu Konsantrasyonu**		
Toplam	19	4785.6	-	19	5.740	-
Uygulama	4	4590.0	87.99***	4	5.384	56.77***
Hata	15	195.6	-	15	0.356	-
	Yaprak Zn Konsantrasyonu			**Yaprak Mn Konsantrasyonu**		
Toplam	19	442.35	-	19	477.39	-
Uygulama	4	429.82	128.65***	4	433.47	37.09***
Hata	15	12.53	-	15	43.92	-

*: $p \leq 0.050$ **: $p \leq 0.010$ ***: $p \leq 0.001$ öd: önemli değil

Uygulamalar arasında yaprakta Fe konsantrasyonu en yüksek biyokömür (109.27 mg kg^{-1}) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla kontrol (93.07 mg kg^{-1}), kompost (87.43 mg kg^{-1}), saman (70.37 mg kg^{-1}) ve sap (68.38 mg kg^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Sap ve saman uygulamalarının birbiri arasındaki değişim farkı hariç uygulamalar arasındaki yaprakta ortalama Fe konsantrasyon farklarının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 15).

Uygulamalar arasında yaprakta Cu konsantrasyonları ortalama olarak en yüksek kontrol (6.361 mg kg^{-1}) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (6.083 mg kg^{-1}), kompost (5.455 mg kg^{-1}), sap (5.169 mg kg^{-1}) ve saman (5.027 mg kg^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Kompost ve sap uygulamaları arasındaki değişim önemsizken, diğer uygulamalar arasında yaprak Cu konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 15).

Uygulamalar arasında yaprakların Zn konsantrasyonu en yüksek kontrol uygulamasında (32.23 mg kg^{-1}) tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (27.51 mg kg^{-1}), kompost (23.34 mg kg^{-1}), sap (22.35 mg kg^{-1}) ve saman (20.10 mg kg^{-1}) uygulamaları izlemiştir. Kompost ve sap uygulamaları arasındaki değişimler dışında uygulamalar arasındaki yaprak Zn konsantrasyon farklarının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15

Mısır yapraklarının mikro element konsantrasyonlarının farklı LDA uygulamalarına göre değişimi

Özellikler	***Kontrol***	***Kompost***	***Biyokömür***	***Sap***	***Saman***
Yaprak Fe Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	93.07 b*	87.43 c	109.27 a	68.39 d	70.37 d
Yaprak Cu Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	6.361 a	5.455 c	6.083 b	5.169 d	5.027 d
Yaprak Zn Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	33.23 a	23.34 c	27.51 b	22.35 c	20.10 d
Yaprak Mn Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	37.43 a	28.82 b	26.14 cd	27.50 bc	23.80 d

* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Yaprakların ortalama Mn konsantrasyonlarında en yüksek değer (37.43 mg kg^{-1}) kontrol uygulamasında tespit edilmiş olup bunu sırasıyla kompost (28.82 mg kg^{-1}), sap

(27.50 mg kg^{-1}), biyokömür (26.14 mg kg^{-1}) ve saman (23.80 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Tüm LDA uygulamaları kontrole göre yaprakta Mn konsantrasyonlarını azaltmıştır. Biyokömür ve sap uygulamarı arasındaki değişimler hariç diğer uygulamalar arasındaki ortalama yaprak Mn konsantrasyonlarının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 15).

Toprak reaksiyonunun (pH) bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alınabilirliği ve topraktaki çözünürlükleri üzerine çok önemli etkileri bulunmaktadır. Bitkiden bitkiye farklılık göstermesine bağlı olarak ortam pH'sının 5.8–6.2 arasında olması tavsiye edilmektedir (Argo, 2003).

Bitkiye bağlı olarak bütün bitki besin maddelerinin yarayışlı olduğu bir pH aralığı bulunmamaktadır (Mullins ve Hansen, 2009). Çalışmamızda genel olarak, kontrol uygulaması ile saman uygulaması arasında yaprakların mikro element konsantrasyonları arasındaki farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu durum denemede kullanılan toprağın pH (7.33) değerinden kaynaklanabilir.

Yaptığımız çalışmada uygulamalarının yaprak mikro besin maddeleri konsantrasyonlarına etkisinin $p \leq 0.001$ düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuç Akşahin ve Gülser (2019) tarafından organik materyal çeşidinin (çay atığı kompostu ve atık mantar kompostu) bitkinin N, Ca, Fe ve Zn içeriğinde istatistiksel anlamda %1 düzeyinde, Mg içeriğinde ise %5 düzeyinde önemli değişim meydana getirdiğini bildirdikleri çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Demir ve Cimrin (2011) mısır bitkisine artan dozlarda (0, 10, 20 ve %30) arıtma çamuru uygulayarak yaptıkları çalışmalarının sonucunda, bitki kök üstü aksamlarında P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve ağır metal içeriklerinde önemli artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda, toprağa %1 oranındaki LDA uygulanmış olmasına rağmen, mısır bitkimizin yapraklarındaki ortalama mikro elementler (Fe, Mn, Zn ve Cu) kontrol uygulamasına göre azalma göstermiştir. LDA'nın artan dozlarda uygulanması durumunda farklı sonuçlar elde edilebilir.

4.4. Uygulamaların Toprakta Mikroorganizma Sayılarına, NH_4, NO_3 Miktarlarına, Katalaz ve Üreaz Enzim Aktivitelerine Etkileri

Uygulamaların topraktaki mikroorganizma sayısı (MOS), katalaz ve üreaz enzim aktiviteleri ile NH_4 ve NO_3 miktarlarına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 16'da verilmiştir. Uygulamaların ortalama mikroorganizma sayıları, NH_4 ve NO_3 miktarları, katalaz ve üreaz enzim aktivitelerinin ortalamalarındaki değişimler ise Tablo 17'de toplu olarak sunulmuştur. Uygulamaların toprakta mikroorganizma sayısı ve katalaz enzim aktivitesine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamaların NH_4 miktarına ilişkin etkisinin ($p \leq 0.05$) seviyesinde önemli olduğu, NO_3 miktarı ve üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisinin ise ($p \leq 0.001$) seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 16

Uygulamaların toprakta mikroorganizma sayılarına, NH_4 ve NO_3 miktarlarına, katalaz ve üreaz enzim aktivitelerine etkilerine ilişkin VA tablosu

Varyasyon Kaynağı	*Serbestlik Derecesi*	*Kareler Toplamı*	*F Değeri*	*Serbestlik Derecesi*	*Kareler Toplamı*	*F Değeri*
		MOS			**NH_4 Miktarı**	
Toplam	19	89.50	-	19	499.8	-
Uygulama	4	28.82	1.781öd	4	330.9	7.348*
Hata	15	60.68	-	15	168.9	-
		NO_3 Miktarı			**Katalaz Enzim Aktivitesi**	
Toplam	19	412.22	-	19	0.096	-
Uygulama	4	398.78	111.27***	4	0.042	2.942öd
Hata	15	13.440	-	15	0.054	-
		Üreaz Enzim Aktivitesi				
Toplam	19	10420.6	-			
Uygulama	4	10081.6	111.55***			
Hata	15	338.93	-			

*: $p \leq 0.050$ **: $p \leq 0.010$ ***: $p \leq 0.001$ öd: önemli değil

Uygulamalar arasında ortalama mikroorganizma sayısı bakımından istatistiksel bir fark bulunmazken en fazla mikroorganizma sayısı saman (8.765 milyon adet g^{-1} kuru toprak) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla kontrol (7.304 milyon adet g^{-1} kuru toprak), sap (6.260 milyon adet g^{-1} kuru toprak), biyokömür (5.760 milyon adet g^{-1} kuru toprak) ve kompost (5.477 milyon adet g^{-1} kuru toprak) uygulamaları takip etmiştir (Tablo 17).

Uygulamalar arasında topraklarda ortalama NH_4 miktarı en fazla kompost (27.85 µg g^{-1} kuru toprak) uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla sap (23.86 µg g^{-1} kuru toprak), biyokömür (18.54 µg g^{-1} kuru toprak), kontrol (18.45 µg g^{-1} kuru toprak) ve saman (17.10 µg g^{-1} kuru toprak) uygulamaları izlemiştir. Kompost, sap, kontrol ve biyokömür uygulamaları arasındaki farklar önemsiz olurken, diğer uygulamalar arasındaki ortalama NH_4 miktarlarının istatistiksel olarak önemli farklılıklarda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 17).

Uygulamalar arasında ortalama en yüksek NO_3 miktarı g kuru toprak bazında (21.56 µg) kontrol uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla kompost (13.62 µg), sap (13.31 µg), biyokömür (11.75 µg) ve saman (7.87 µg) uygulamaları takip etmiştir. Kompost ve sap uygulamaları arasındaki farklar hariç, diğer uygulamalar arasındaki NO_3 farklarının istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 17).

Uygulamaların toprakta katalaz enzim aktivitesi ortalamalarına etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında 5 g kuru toprak bazında O_2 olarak en fazla katalaz enzim aktivitesi kompost uygulamasında (4.283 mL); tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla kontrol (4.275 mL), biyokömür (4.248 mL), saman (4.243 mL) ve sap (4.154 mL) uygulamaları takip etmiştir (Tablo 17).

Tablo 17

Toprakların mikroorganizma sayılarının, NH_4 ve NO_3 miktarlarının, katalaz ve üreaz enzim aktivitelerinin farklı LDA uygulamalarına göre değişimi

Özellikler	***Kontrol***	***Kompost***	***Biyokömür***	***Sap***	***Saman***
Mikroorganizma Sayısı (milyon adet g^{-1} toprak)	7.304	5.477	5.760	6.260	8.765
NH_4 Miktarı (µg g^{-1} kuru toprak)	18.45 b	27.85 a	18.54 b	23.86 a	17.10 b
NO_3 Miktarı (µg g^{-1} kuru toprak)	21.56 a	13.62 b	11.75 c	13.31 b	7.87 d
Katalaz Enzim Aktivitesi (mL O_2 5 g^{-1} kuru toprak)	4.275	4.283	4.248	4.154	4.243
Üreaz Enzim Aktivitesi (mg N 100 g^{-1}kuru toprak 1 h^{-1})	22.81 c	77.27 a	27.68 c	70.57 a	61.66 b

* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Uygulamalar arasında 100 g kuru toprakta saat başına elde edilen N olarak en yüksek üreaz enzim aktivitesi (mg N= 100 g kuru toprak h^{-1}) kompost uygulamasında (77.27 mg) tespit edilmiş olup, bu uygulamayı sırasıyla sap (70.57 mg), saman (61.66 mg), biyokömür (27.68 mg) ve kontrol (22.81 mg) uygulamaları takip etmiştir. Kompost ve sap uygulamaları arasındaki farkların önemsiz olduğu; diğer uygulamalar arasındaki ortalama üreaz enzim aktivite değerlerinin istatistiksel açıdan önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 17).

Okur vd. (2008) yaptıkları çalışmada, farklı tıbbi aromatik bitki işletme atıklarının toprakta üreaz enzim aktivitesine etkilerinin kontrole göre yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer sonuçlar çalışmamızda da elde edilmiş ve lavanta atıkları uygulamalarının üreaz enzim aktivitelerinin kontrol uygulamasına göre artışlar gösterdiği tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada, toprakta en düşük NH_4 miktarının mineral gübre ve kontrol grubunda tespit edildiği bildirilmiş fakat çalışmamızda ortalama en düşük NH_4 miktarı saman uygulamasında tespit edilmiştir.

Kurt (2016) tarafından yapılan çalışmada, saksılarda biyokömür ve vermikompost materyallerinin üreaz enzim aktivitelerine etkileri incelenmiş ve 90. gün sonunda %100 biyokömür uygulamasında üreaz enzim aktivitesinin vermikomposttan daha az olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızdaki üreaz enzim aktivitesinin kompost uygulamasında biyokömür uygulamasına göre yüksek olması yönüyle benzerlik göstermektedir. Üreaz enzim aktivitesi yükselmesinin nedeni olarak; organik madde içeriği yüksek bir materyal olan kompost materyalinin karıştırıldığı topraklarda mikroorganizma sayılarının ve aktivitelerinin artışlarından kaynaklanabileceği düşünülebilir.

Candemir ve Gülser (2010) yaptıkları çalışma sonucunda; fındık zurufu hariç organik atıkların toprağın NO_3-N içeriğini kontrolün üzerinde artırdığını fakat uzayan inkübasyon süresi sonucunda NO_3-N içeriğinin organik atık ilave edilmiş topraklarda önemli oranda azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki en yüksek NO_3-N içeriğinin kontrol uygulamasında tespit edilmiş olması bakımından bu sonuçlarla örtüşmektedir.

4.5. Uygulamaların Toprakta Alınabilir Makro Elementler ve Sodyum Üzerine Etkileri

Uygulamaların toprakta makro ve Na besin maddeleri konsantrasyonlarına ilişkin etkilerinin varyasyon analiz sonuçları Tablo 18'de verilmiştir. Uygulamaların toprakta alınabilir Makro ve Na bitki besin maddelerine ilişkin ortalama değişim etkileri ise Tablo 19'de verilmiştir. Uygulamaların ortalama alınabilir makro bitki besin (P, K, Mg) ve Na konsantrasyonlarına etkisinin ($p \leq 0{,}001$) seviyesinde önemli olduğu, ortalama alınabilir Ca konsantrasyonuna etkisi ise istatistiksel bakımdan önemli seviyede olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 18

Toprakların alınabilir makro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisine ilişkin VA tablosu

Varyasyon Kaynağı	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***
	Alınabilir P Konsantrasyonu			**Alınabilir K Konsantrasyonu**		
Toplam	19	4171.2	-	19	20663.0	-
Uygulama	4	3162.3	11.73***	4	20356.0	233.25***
Hata	15	1008.9	-	15	327.0	-
	Alınabilir Ca Konsantrasyonu			**Alınabilir Mg Konsantrasyonu**		
Toplam	19	898.44	-	19	24,490.0	-
Uygulama	4	360.47	2.513öd	4	18104.1	10.63***
Hata	15	537.97	-	15	6385.8	-
	Alınabilir Na Konsantrasyonu					
Toplam	19	4171.2	-			
Uygulama	4	3162.3	11.75***			
Hata	15	1008.9	-			

*: $p \leq 0{,}050$ **: $p \leq 0{,}010$ ***: $p \leq 0{,}001$ öd: önemli değil

Uygulamalar arasında ortalama alınabilir P konsantrasyonu en yüksek saman uygulamasında (111.20 mg kg^{-1}) tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla; biyokömür (108.60 mg kg^{-1}), kompost (89.85 mg kg^{-1}), sap (88.55 mg kg^{-1}) ve kontrol (78.40 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Biyokömür, saman ve kontrol uygulamaları aynı grupta yer almış olup aralarındaki farklar önemsiz olmuştur. Kompost ve sap uygulamaları arasındaki farklar da önemsiz olmuş ve aynı grupta kalmışlardır. Kompost ve sap uygulamalarının diğer gruplarla arasındaki ortalama P konsantrasyonlarının istatistiksel olarak önemli oldukları tespit edilmiştir (Tablo 19).

Uygulamalar arasında ortalama alınabilir K konsantrasyonu en yüksek (140.55 mg kg^{-1}) biyokömür uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla kompost (101.10 mg kg^{-1}), saman (96.10 mg kg^{-1}), sap (90.70 mg kg^{-1}) ve kontrol (40.60 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Kompost ile saman ve sap ile saman uygulamalarının aralarındaki farklar önemsiz olurken, diğer tüm uygulamalar arasındaki alınabilir K farklarının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Biyokömür karıştırılan toprakların alınabilir K seviyelerindeki artışlar dikkat çekici olmuştur (Tablo 19). Bu duruma dayalı olarak yüksek miktarda alınabilir K ihtiyacı olan bitkilere lavanta distilasyon atıklarından elde edilen biyokömür önerilebilir.

Uygulamaların alınabilir Ca konsantrasyonlarına etkilerinin istatistiksel olarak önemli seviyede olmadığı tespit edilmiş olup, alınabilir Ca konsantrasyonları çoktan aza doğru; kompost (285.20 mg kg^{-1}), sap (280.75 mg kg^{-1}), biyokömür (275.50 mg kg^{-1}), kontrol (274.55 mg kg^{-1}) ve saman (274.45 mg kg^{-1}) şeklinde sıralanmıştır (Tablo 19). Bu miktarlar arasında fark olmamasına rağmen kompostun Ca çözünürlüğünü diğer uygulamalara göre daha çok artırdığı düşünülebilir

Uygulamalar arasında ortalama alınabilir Mg konsantrasyonu en yüksek kontrol uygulamasında (190.98 mg kg^{-1}) tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla saman (160.65 mg kg^{-1}), sap (153.57 mg kg^{-1}), kompost (128.30 mg kg^{-1}) ve biyokömür (103.85 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol ile saman uygulamaları, sap ile saman uygulamaları, sap ile kompost uygulamaları ve kompost ile biyokömür uygulamalarının aynı gruplarda oldukları ve birbirleri arasındaki farkların önemsiz oldukları, diğer uygulamalar arasındaki ortalama Mg konsantrasyonlarındaki farkların istatistiksel olarak önemli oldukları tespit edilmiştir (Tablo 19).

Uygulamaların arasında ortalama alınabilir Na konsantrasyonu en yüksek (111.20 mg kg^{-1}) saman uygulamasında tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla biyokömür (108.60 mg kg^{-1}), kompost (89.85 mg kg^{-1}), sap (88.55 mg kg^{-1}) ve kontrol (78.40 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir (Tablo 19). Saman ile biyokömür aynı grupta yer alırken, kompost, sap ve kontrol uygulamaları diğer grupta yer almışlardır. Gruplar arasındaki farklar önemli olurken; grupların kendi içlerindeki alınabilir Na konsantrasyonlarının istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19

Toprakların alınabilir makro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisi

Özellikler	***Kontrol***	***Kompost***	***Biyokömür***	***Sap***	***Saman***
Toprağın P Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	78.40 b	89.85 b	108.60 a	88.55 b	111.20 a
Toprağın K Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	40.60 d	101.10 b	140.55 a	90.70 c	96.10 bc
Toprağın Ca Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	274.55	285.20	275.50	280.75	274.45
Toprağın Mg Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	190.98 a	128.30 cd	103.85 d	153.57 bc	165.65 ab
Toprağın Na Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	78.40 b	89.85 b	108.60 a	88.55 b	111.20 a

* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Turan (2019)'ın çalışmasında zeytin posasından elde edilmiş biyokömür ve kükürt (S)'ün ayrı ayrı ve birlikte killi-tınlı ve pH'sı yüksek topraklara uygulanması sonucunda biyokömür ile S interaksiyonunun toplam P miktarını arttırırken, hem S hem de biyokömür uygulamalarının ise toprakta elverişli P miktarını artırdığı, EC, ve β-glukozidaz enzim aktiviteleri üzerine biyokömür ile S interaksiyonunun önemli olduğu bildirilmektedir. Yaptığımız çalışmadaki P konsantrasyonlarındaki ve üreaz enzim aktivitelerindeki artışlar bakımından benzerlik göstermektedir. Kurt (2016) tarafından yapılan çalışmada, biyokömür uygulamasının kontrol uygulamasına göre toprakta daha fazla P ve K içerdiğini ifade ettikleri çalışma sonuçlarıyla çalışmamızın K ve P sonuçları benzeşmektedir.

Namlı vd. (2017) tarafından yapılan tarla denemesinde, buğday tarımında fındık kömürü ve tavuk altlığı biyokömürü uygulamaları yapılmış ve toprakta P, K, Mg ve Ca konsantrasyonlarına önemli etkileri bulunduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlarla çalışmamızda tespit edilen ortalama alınabilir P ve K konsantrasyonlarındaki artışlar benzerlik göstermektedir.

Tarakçıoğlu vd. (2019) artan miktarlarda toprağa uygulan organik materyallerin, toprağın alınabilir P ve K konsantrasyonunlarının kontrol grubuna oranla daha yüksek olduğunu belirttikleri çalışma ve Rehman ve Razaq (2017)'nın toprağın P kapsamının toprağa biyokömür uygulaması ile artığını bildirdikleri çalışma ile çalışmamızda LDA

uygulamalarının toprakta alınabilir P ve K konsantrasyonlarının kontrole göre yüksek çıkması yönüyle benzerlik göstermektedir.

4.6. Uygulamaların Toprakta Alınabilir Mikro Elementlere Etkileri

Uygulamaların toprakta alınabilir mikro element konsantrasyonlarına etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 20'de; uygulamaların toprakta alınabilir mikro elementlerindeki değişimleri ise Tablo 21'de verilmiştir. Uygulamaların alınabilir Cu ve Mn konsantrasyonlarına etkisi *p≤ 0,001* seviyesinde, alınabilir Zn konsantrasyonuna etkisi ise *p≤ 0,010* seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların alınabilir Fe konsantrasyonlarına etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 20

Toprakların alınabilir mikro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisine ilişkin VA tablosu

Varyasyon Kaynağı	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***	***Serbestlik Derecesi***	***Kareler Toplamı***	***F Değeri***
	Toprak Fe Konsantrasyonu			**Toprak Cu Konsantrasyonu**		
Toplam	19	994.96	-	19	2.251	-
Uygulama	4	368.21	2.203öd	4	1.712	11.92***
Hata	15	626.75	-	15	0.539	-
	Toprak Zn Konsantrasyonu			**Toprak Mn Konsantrasyonu**		
Toplam	19	4.523	-	19	209.8	-
Uygulama	4	3.077	7.982**	4	194.4	47.37***
Hata	15	1.446	-	15	15.39	-

*: $p \leq 0{,}050$ **: $p \leq 0{,}010$ ***: $p \leq 0{,}001$ öd: önemli değil

Uygulamaların ortalama alınabilir Fe konsantrasyonlarına etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamalardan sonra elde edilen Fe miktarları; biyokömür (83.98 mg kg^{-1}), kontrol (77.69 mg kg^{-1}), sap (77.64 mg kg^{-1}), kompost 75.95 mg kg^{-1}) ve saman (70.56 mg kg^{-1}) şeklinde sıralanmıştır (Tablo 21). Bu sonuçlara göre biyokömür uygulamasının alınabilir Fe seviyesini kısmen artırdığı, saman ve diğer uygulamaların ise alınabilir Fe konsantrasyonlarını kontrole göre kısmen azalttığı belirtilebilir.

Uygulamaların alınabilir Cu konsantrasyonlarına etkileri incelendiğinde en yüksek Cu biyokömür uygulamasında (4.42 mg kg^{-1}) tespit edilmiş olup bunu sırasıyla; kompost (4.20 mg kg^{-1}), sap (4.19 mg kg^{-1}), kontrol (3.90 mg kg^{-1}) ve saman (3.57 mg kg^{-1}) uygulamalarından elde edilen Cu seviyeleri takip etmiştir. Kompost, biyokömür ve sap uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta olduğu ve bu gurubun diğer uygulamalarla aralarındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 21). Burada biyokömür uygulamasının toprakların alınabilir Cu seviyesini artırdığı, saman uygulamasının ise azalttığı, ancak diğer uygulamaların kontrolden farklı olmadığı belirtilebilir.

Toprakların alınabilir Zn konsantrasyonları en yüksek sap uygulamasında (9.58 mg kg^{-1}) tespit edilmiş olup bu uygulamayı sırasıyla; biyokömür (8.87 mg kg^{-1}), kompost (8.83 mg kg^{-1}), saman (8.65 mg kg^{-1}) ve kontrol (8.40 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Saman, biyokömür, kompost ve kontrol uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta bulunmuşlardır. Sap uygulaması yapılan topraklardan elde edilen alınabilir Zn seviyeleri diğer uygulamalardan elde edilen Zn konsantrasyonları istatistiksel olarak önemli farklılıklarda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 21).

Alınabilir Mn konsantrasyonu en yüksek (16.45 mg kg^{-1}) sap uygulaması yapılan topraklarda tespit edilmiş olup bunu sırasıyla; kompost (12.11 mg kg^{-1}), saman (12.01 mg kg^{-1}), biyokömür (11.32 mg kg^{-1}) ve kontrol (6.63 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. Sap uygulaması en yüksek değerle istatistiksel bir grup olmuş, kompost, saman ve biyokömür uygulamaları ikinci yüksek grubu oluşturmuştur. Kontrol uygulamasından elde edilen alınabilir Mn miktarları ise en az ölçülmüş ve diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir (Tablo 21). Lavanta saplarının mısır yetiştirilen topraklarda alınabilir Mn miktarını önemli seviyede artırması lavanta saplarının özellikle baklagil ekimi yapılacak topraklara önerilerek Mn kaynağı olarak kullanımını çağrıştırmaktadır.

Puustjarvi (1980), toprakta alınabilir halde bulunması gerekli Zn miktarını 0.1-0.5 ppm, Fe miktarını 2-3 ppm, Cu miktarını 0.05-0.10 ppm, Mn miktarını 0.5-2.0 ppm olarak belirtmiştir. Bu değerler dikkate alındığında, çalışma sonucunda LDA'nın mikro besin maddeleri bakımından zengin olduğunu göstermektedir.

Tablo 21

Toprakların alınabilir mikro besin maddeleri konsantrasyonlarına farklı LDA uygulamalarının etkisi

Özellikler	***Kontrol***	***Kompost***	***Biyokömür***	***Sap***	***Saman***
Alınabilir Fe Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	77.69	75.95	83.98	77.64	70.56
Alınabilir Cu Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	3.90 b	4.20 a	4.42 a	4.19 a	3.57 c
Alınabilir Zn Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	8.40 b	8.83 b	8.87 b	9.58 a	8.65 b
Alınabilir Mn Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	6.63 c	12.11 b	11.32 b	16.45 a	12.01 b

* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Ergün (2017) yaptığı tez çalışmasında, toprakta en yüksek alınabilir Fe kapsamının biyokömür uygulamalarından elde edildiğini bildirmiştir. Ippolito vd. (2016) ise, toprağa uygulanan biyokömürün başlangıçta toprağın mikro besin miktarlarını attırdığını, fakat toprağın Fe ve Cu miktarlarında zaman içinde azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Goncalves Da Silva vd. (2010), artan dozlarda organik gübrenin kimyasal gübre ile beraber uyguladıkları çalışmada, toprağın Zn kapsamının bitki hasadından sonra düzensiz bir şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Karaca (2016), kumlu tınlı toprakta artan miktarlarda fındık zuruf kompostunun toprağın Zn kapsamının genellikle düzensiz bir şekilde arttığını, inkübasyon süresiyle birlikte Zn miktarının azaldığını bildirmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre LDA uygulamalarıyla, Fe dışında Cu, Zn ve Mn mikro elementlerindeki değişimler önemli görülmüştür. İncelenen mikroelementlerdeki bu değişimler zaman zaman literatürle farklılaşmasına rağmen genel anlamda uyumlu görünmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

Tıbbi ve aromatik bitkilerden lavanta (*Lavandula spp.*) bitkisi hem birim alandaki ekonomik getirisi bakımından hem de ekolojik turizm sektörüne katkısı açısından ülkemizde üretim miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Lavanta bitkisinin içerdiği esansiyel yağın özelliği nedeniyle de ticaret hacmi oldukça yüksektir. Lavanta bitkisinden yağ elde edilmesi distilasyon işlemiyle gerçekleşirken geriye kalan atıkların çevresel faktörler nedeniyle bertaraf edilmesi gerekmektedir. Atıkların bitkisel kökenli olması tarım alanında kullanılmasını da mümkün kılmaktadır. Fakat lavanta yağı üzerine yapılan çalışmalarda yağın alleopatik özellik göstermesi atıklarda az miktarda yağın kalması ihtimalini nedeniyle tarım alanında kullanılırken hangi şekilde kullanılmasına yönelik çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Atıkların hem berataraf edilmesi hem de tarımsal açıdan değerlendirilmesi topraklarımızda özellikle organik madde miktarının yükseltilmesi açıdan önem arz etmektedir.

Çalışmamız lavanta bitkisi distilasyon atıklarına farklı işlemler (sap, saman, kompost ve biyokömür) uygulanmış ve sera ortamında topraklara uygulanarak saksılarda mısır bitkisi silajlık olgunluğa kadar bir araştırma planlanarak uygulamaya aktarılmıştır. Uygulamaların yetiştirilen mısır bitkisi gelişim özelliklerine (bitki boyu, bitki çapı, yaprak sayısı, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, gövde kuru madde oranı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök kuru madde oranı, kök/gövde oranı), yaprakların makro (N, P, K, Ca, Mg), Na ve mikro besin (Fe, Cu, Zn, Mn) madde içeriklerine, silajlık verimlerine ve yaprakların protein içeriklerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, LDA uygulanmış topraklarda alınabilir makro ve mikro element içerikleri ve mezofil aerobik mikroorganizma sayıları, katalaz ve üreaz enzim aktiviteleri, NH_4 ve NO_3 miktarları analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar kontrol uygulamasıyla karşılaştırılarak istatistiksel değerlendirmelerle açıklanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; LDA uygulamaları mısır bitkisi gelişim özelliklerinden yaprak sayıları ve kök kuru madde oranları dışındaki özelliklerde önemli farklara neden olmuştur. Uygulamaların etkisiyle mısırın silajlık verimi ile yaprakta N, protein, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarındaki değişimler önemli bulunurken yaprakta P ve Na konsantrasyonlarındaki değişimler önemsiz bulunmuştur. LDA uygulamalarının

etkisiyle toprakta MOS, katalaz enzim aktivitesi, alınabilir Ca ve Fe konsantrasyonlarındaki değişimler önemsiz bulunmuş, üreaz enzim aktivitesi, NH_4 ve NO_3 miktarları ile alınabilir P, K, Mg, Na, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarındaki değişimler önemli bulunmuştur. İncelenen toprak ve bitki özelliklerindeki önemli değişimler, farklı işlemler uygulanmış LDA'nın içerdikleri kalıntı ve lavanta bitkisinin alleopatik veya diğer bileşenlerin etkisine dayandırılabilir.

Özellikle lavanta yağının çimlenme ve büyüme üzerine olumsuz etkisinin tespit edildiği laboratuvar çalışmalarının aksine çalışmamızda kullanılan LDA'nın biyokömür dışındaki tüm uygulamalarda bir miktar alleopatik etkiye sahip lavanta yağının bulunma ihtimaline rağmen toprağa uygulanmasının mümkün olduğunu göstermektedir.

Silajlık mısır verimi ve makro besin madde miktarları bakımından diğer materyallere oranla kontrol uygulamaların yüksek değerler göstermesi, LDA'nın selülozik yapısından dolayı parçalanma süresinin uzun olma ihtimali ve LDA'nda az miktarda bulunan esansiyel yağın alleopatik özelliğinin olumsuz etkisinden kaynaklanabilir. Ayrıca atıklarda ağır metal bulunma ihtimalide göz önünde bulunmalıdır.

LDA'nın selolojik yapısı, alleopatik etki özelliği ve ağır metal bulundurma ihtimalinden dolayı bu çalışmanın tarla denemesi ile desteklenmesi sonuçların desteklenmesi açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

Abrahim, D., Braguini, W. L., Kelmer-Brach, A. M. ve Ishii-Iwamoto, E. L. (2000). "Effect of four monoterpenes on germination, primary root growth, an mitochondrial respiration of maize". *Journal of Chemical Ecology*, 26, 611-624.

Ahmad, I., Akhtar, M, J., Zahir, Z, A., ve Jamil, A. (2012). "Effect of cadmium on seed germination and seedling growth of four wheat (*Triticum aestivum* L,) cultivars". *Pakistan Journal of Botany,* 44 (5), 1569-1574.

Akgül, A. ve Ayar, A. (1993). ''Yerli baharatların antioksidan etkileri'' *Journal of Agriculture and Forestry*, 17, 1061-1068.

Akşahin, V. ve Gülser, F. (2019). "Bazı organik materyallerin ve inorganik gübrelerin çemen otunun (*Trigonella foenum graecum*) besin içeriği üzerindeki etkileri". *Akdeniz Tarım Bilimleri,* 32 (Özel Sayı), 47-53.

Allison, L. E., ve Moodie, C. D. (1965). Carbonate. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9, 1379-1396.

Allmaras, R. R. ve Gardner, C. O. (1956). "Soil sampling for moisture determination in ırrigation experiments''. *1. Agronomy Journal,* 48 (1), 15-17.

Amini, R., Movahedpour, F., Ghassemi-Golezani, K., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., ve Zafarani-Moattar, P. (2012). ''Allelopathic assessment of common amaranth by ECAM''. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences,* 3 (11), 2268-2272.

Anonim, (2018). Orgonomineral Gübre Çalıştayı. Yönetici Özeti, S:1.

Anonim, (2019). Tıbbi ve aromatik bitki çeşitliliğinin korunmasında bunların üretiminde ve pazarlanmasında karşılaşılan sorunlar ile alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi amacıyla kurulan Meclis Araştırması Komisyonu. Tutanak Der. S: 7.

Anonymous, (1951). Soil Survey Stuff. Soil Survey Manual. Agric. Res. Administration. USDA Handbook. 18: 340-377.

Anonymous, (2008). Traffic International. *http://www.traffic.org/home/2008/5/19/therapy-for-medicinal-plants.html.* (Erişim tarihi: 29.03.2017)

Anonymous, (2017). https://Comtrade.Un.Org/Data. (Erişim Tarihi: 02.03.2017)

Arabacı, O. ve Bayram, E. (2005). ''Aydın ekolojik koşullarında lavanta (*lavandula angustifolia mill.)*'nın bazı agronomik ve kalite özellikleri üzerine bitki sıklığı ve azotlu gübrenin etkisi''. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (2), 13-19.

Argo, B. (2003). ‘’Understanding pH management and plant nutrition’’. *Journal of the International Phalaenopsis Alliance*, 13 (1).

Arslan, N. (2014). Endemik Tıbbi Bitkilerimiz. *II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu,* 23-25.

Aslan, M., (2006). ‘’Ürünlerin birbirine olan allelopatik etkileri ve ekim nöbeti sistemlerinin oluşturulmasında allelopatinin önemi’’. *Allelopati Çalıştayı Bildiri Kitabı* ISBN: 975- 407-206-X, s: 223-248, Yalova.

Aslancan, H. ve Sarıbaş, R. (2011). ‘’Lavanta yetiştiriciliği’’. *Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü* Yayın No: 41 Yayın Tarihi: 15.11. 2011. Erişim adresi; https://arastirma.tarimorman.gov.tr/marem/Belgeler/Yetiştiricilik%20Bilgileri/Lavanta%20Yetiştiriciliği.pdf.

Aşik, B. B. ve Kütük, C. (2012). ‘’Çay atığı kompostunun çim alanların oluşturulmasında kullanım olanağı’’. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 47-58.

Aydeniz, A. ve Brohi, A. (1991). *Gübreler ve Gübreleme*. C.Ü. Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları, 10, 2-3.

Bammi, J., Khelifa, R. ve Remmal, A. (1997). ‘’Etudes de l’activité antivirale de quelques huiles essentielles’’. *Proceedings of the Intern. Congr. Arom. Medicinal Plants and Essential Oils.* Benjilali B, Ettalibi M, Ismaili-Alaoui M, Zrira S (eds). Actes Editions, Rabat, Morocco. Vol. 502.

Başer, K. H. C. (1998). ’’Tıbbi ve aromatik bitkilerin endüstriyel kullanımı’’. *Tab Bülteni* 13-14:19-43.

Başer, K. ve Kırımer, N. (2018). "Essential oils of anatolian lamiaceae-An update." *Natural Volatiles and Essential Oils* 5.4 (2018): 1-28.

Baydar, H. (2010). ‘’Beyoğlu'na lavanta Isparta’dan gitmelidir’’. *Tarım Aktüel Dergisi,* 15, 62-63.

Baydar, H. (2013). Tıbbi Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları,* Yayın No: 51, Isparta.

Baydar, H., Erbaş, S., Şanlı, A. ve Kara, N. (2020). ‘’Yağ gülünün damıtma atığı olan posanın element içeriği ve değerlendirme olanakları üzerine bir araştırma’’. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 1 (1), 1-4.

Beck, T. (1971). ‘’Die messung der katalasenaktivitat von böden’’. *Zeitschrift Für Pfanzenernahrung und Bodenkunde* 130: 68-81.

Beetham, J. ve Entwistle, T. (1982). "The cultivated lavenders". *Royal Botanic Gardens*, Melbourne.

Benito, M., Masaguer, A., De Antonio, R. ve Moliner, A. (2005). ‘’Budama atık kompostunun topraksız yetiştirme ortamında bir bileşen olarak kullanılması’’. *Bioresource teknolojisi*, 96 (5), 597-603.

Benito, M., Masaguer, A., Moliner, A. ve De Antonio, R. (2006). ‘’Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability’’. *Bioresource technology*, 97 (16), 2071-2076.

Bouyoucos, G. J. (1951). ‘’A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils’’. *1. Agronomy journal*, 43 (9), 434-438.

Bremner, J. T. (1965). ‘’Inorganic forms of nitrogen’’. *Methods of Soil Analysis: Part 2* Chemical and Microbiological Properties, 9, 1179-1237.

Bulut H., Işık D., Türkmen G., Beyzi E. (2014). II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23-25 Eylül 2014.

Candemir, F. ve Gülser, C. (2010). ‘’Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields’’. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (1), 13-28.

Ceylan, A. (1996). Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu yağ bitkileri). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No: 481. ISBN 975- 483- 362- 1

Demir, C. (2019). Kokunun en şifalı hali: LAVANTA, *Ayrıntı Dergisi*, 7 (77)

Demir, E. ve Çimrin, K. M. (2011). Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri. *Tarim Bilimleri Dergisi* 17 (2011): 204-216

Demirtaş, E. I., Arı, N., Arpacıoğlu, A. E., Özkan, C. F. ve Kaya, H. (2000). ‘’Atık mantar kompostu kullanımının örtüaltı domates yetiştiriciliğinde bitkinin potasyum ile beslenmesi ve verim üzerine etkisi’’. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 3-4 Ekim 2000, Eskişehir, 132-138.

DIN 11542, 1978. Torf für Gartenbau und Landwirtschaft.

Diacono, M. and Montemurro, F. (2011). ‘’Long-Term effects of organic amendments on soil fertility’’. *Sustainable Agriculture*, 2, 761-786.

Dinçer, C., Torun, M., Topuz, A., Akdoğan, A., Şahin, H., Özdemir, F. (2008). ‘’Çözünür (Instant) Dağ Çayı (*Sideritis stricta*) üretiminde ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi üzerine bir araştırma’’. Türkiye, 10, 21-23.

Doran, J,W., D,G, Fraser, M.N. Culik and Liebhardt W.C.(1987). ‘’Influence of alternative and conventional agricultural management on soil microbial process and nitrogen availability’’. *American Journal of Alternative Agriculture*, 2 (3): 99-106.

Duke SO. (1991). ‘’Plant terpenoids as pesticides’’. *Toxicology of plant and fungal compounds (eds, RF. Keeler and AT Tu),* Marcel Dekker, pp. 269-296.

Düzgüneş, O., Kesici, T. ve Gürbüz, F. (1993). İstatistik Metotları (II. Baskı). *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:1291, Ders Kitabı: 369, 218 s., Ankara

EGET Vakfı. (2017). www.eget.org.tr/iktisadi-isletmemiz/eget-vakfi-iktisadi-isletmesi (Erişim: 16.06.2017).

Elmacı, Ö, L., Seçer, M., Ceylan, Ş. ve Öztan, S. (2009). ‘’Kekik-Kimyon işletmesi organik atıklarının Kanola (*Brassica napus L,*) ve II, Ürün Mısır (*Zea mays L,*) bitkisi vejetatif gelişimlerine etkileri (poster bildiri)’’. *1. GAP Organik Tarım Kongresi* 17-20 Kasım 2009, Şanlıurfa, 914-922.

Erbaş S., Özen F and Baydar H. (2011). ‘’Allelopathic effect of lavandin oil and major component on germination and seedling development of wild mustard (*Sinapis arvensis* l,)’’. *II. International Non-Wood Forest Products Symposium*, 8-10 September, Isparta.

Erdal, İ. ve Aydemir, O. (2003). ‘’Gül posasının doğrudan ve zenginleştirilmiş formunun tarımda kullanılabilme olanakları’’. *SDÜ Fen Bilimleri Enst. Dergisi*, 7, 20-26.

Ergün, N., Yolcu, H. ve Özçubukçu, S. (2012). ‘’Amanos dağlarındaki bazı tıbbi bitki türlerinde ağır metal birikimi’’. *Research Journal of Biology Sciences*. 5 (1), 21-23.

Ergün, Y. A. (2017). Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelerine, CO2 üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 64s, Ordu.

Eriksen, J. (2005). ‘’Gross sulphur mineralisation–immobilisation turnover in soil amended with plant residues’’. *Soil Biology And Biochemistry*, 37 (12): 2216–2224.

Esetlili Çolak, B., Pekcan, T., Çobanoğlu, Ö., Aydoğdu, E., Turan, S. ve Anaç, D. (2014). ‘’Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin ağır metal ve temel besin elementi içerikleri’’. *Tarım Bilgisi Dergisi*, 20, 239-247.

Fakhari A.R., Salehi P., Heydari R., Ebrahimi S.N., Haddad P.R. (2005). ‘’Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the essential oil components of Lavandula Angustifolia Mill. J’’, *Chromatogr A*, 1098:14-18.

Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M,S. (2011). ‘’Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkileri kullanılması ve ekonomik önemi’’. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 11 (1), 52- 67.

Fiocco, D., Fiorentino, D., Frabboni, L., Benvenuti, S., Orlandini, G., Pellati, F., Gallone, A. (2011). ‘’Lavender and peppermint essential oils as effective mushroom tyrosinase inhibitors’’: A Basic Study, Flavour Fragr, J, 26: 441–446

Free, H.F., McGill, C.R., Rowarth, J.S. ve Hedley, M.J. (2010). ‘’Biochars'ın mısır (Zea mays) çimlenmesi üzerindeki etkisi’’. *Yeni Zelanda Tarımsal Araştırma Dergisi* , 53 (1), 1-4.

Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K.C., Lee, R.D., Morris, L.A. ve Fisher, D.S. (2010). ‘’Yer fıstığı kabuğu ve çam çipsi biyokömürünün toprak besinleri, mısır besin durumu ve verim üzerine etkisi’’. *Agronomy Dergisi,* 102 (2), 623-633.

Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. (2002.) ‘’Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal’’. *A Review, Biol, Fertil, Soils* 35, 219-230.

Goli Kalanpal E., Amani, N., Esmaıelpour, B. (2015). ‘’Effect ofspent mushroom compost application on growth parameters and macro element uptake in lettuce (lactuca sativa l, Cv syaho)’’. *Dept. of soil science and engineering, university of mohaghegh ardabili, Electronic journal of soil management and sustainable production* 5 (2): 113-129.

Goncalves Da Silva, M. A., Roque, S. A. T., Muniz, A. S., Marchetti, M. E., Da Matta, J. D. D. V. and Pelisson, N. (2010). ‘’Efficiency of organic compost from Agri-Industrial wastes as fertilizer for corn and wheat’’. *Communications in soil science and plant analysis,* 41 (21), 2517-2531.

Guenther, E. (1952). The Essential Oils, R,E, Krieger Pub, Co, 5: 3-38.

Hewitt, E. J. (1983). Metals and micronutrients: uptake and utilization by plants. Academic Press, London, 277-300.

Hoffmann, G. G. and Teicher, K. (1961). ‘’Topraklardaki üreaz aktivitesini belirlemek için kolorimetrik bir yöntem’’. *Bitki besleme, Gübreleme, Toprak Bilimi Dergisi*, *95* (1), 55-63.

Hui, L., He, L., Huan, L., XiaoLan, L. and AiGuo, Z. (2010). ‘’Chemical composition of lavender essential oil and its antioxidant activity and inhibition against rhinitis-related bacteria’’. *African Journal of Microbiology Research,* 4 (4), 309-313.

Ippolito, J. A., Stromberger, M. E., Lentz, R. D., Dungan, R. S. (2016). ‘’Hardwood biochar and manure coapplication to a calcareous soil’’. *Chemosphere,* 142: 84-91. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.05.039.

İncegül, Y., Çam, M. (2019). ‘’Adaçayı uçucu yağ eldesinden sonra arta kalan ürünlerin biyoaktif potansiyellerinin belirlenmesi’’. *Gıda*, 44 (4), 629-640.

Jackson, M. L. (1958). Soil Chemical Analysis, Para 4-19, Reprinted By The Author (1970).

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Lcke, E., Vivanco, J. M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of ıranian acimum accession. *Food Chemistry*, 83, 547-550.

Kacar, B. (1986). Gübreler ve gübreleme tekniği, *T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları* No: 20

Kacar, B. ve İnal, A. (2008). Bitki Analizleri, *Nobel Yayın Dağıtım*.

Kara, Y. (2016). ‘’Allelopathic effect of different extract concentrations of *Lavandula angustofolia* (Miller) on seed germination and seedling growth of *Zea mays* L, and Lens culinaris’’. *Journal of Environmental Protection and Ecology,* 17 (1), 199-205.

Karaca, E. (2016). Fındık zurufu kompostunun toprakların ve fındık bitkisi yapraklarının besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 80s, Ordu.

Kesici, G. H., Dönmez, İ. E. ve Alay Aksoy, S. (2015). ‘’Tıbbi ve aromatik bitkilerin antibakteriyel aktivitesi ve tekstil sektöründe kullanımı’’. *SDU Journal of Science*, 10 (2): 27-34.

Kınacı, E. (ed), (2018). Organomineral Gübre Çalıştayı yönetici özeti TEMA

Kır, A., Mordoğan, N. (2006). ‘’Değişik kompostların organik kırmızı biber (*Capsicum annuum L,*) yetiştiriciliğinde verim, bazı morfolojik karakterler ve potasyum içeriği üzerine etkileri.’’ *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16 (1), 1-25.

Kırıcı, S. (2015). Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin genel durumu. *Türktob, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 15, 4-11.

Kitiş, Y. E. (2011). ‘’Evaluation of some forest plants as biopesticide’’. In 2nd International Non-Wood Products Symposium (p. 110).

Kjeldahl, J., (1883). " Sur une nouvelle methode de dosage de l'azote dans les organiques ", *In Fransız CR Trav du, Lab*, Carlsberg Cilt, 2 (Haziran), 1 - 12 .

Klute, A. (1986). Su Tutma, In: Klute, A, (Ed,), Zemin analizi yöntemleri, Bölüm 1. Fiziksel ve mineralojik yöntemler, 2, Baskı, Agron, Monogr, 9, ASA – SSA, Madison, WI, S, 635–653.

Kocacalışkan, I., Terzi, I. (2001). ‘’Allelopathic effects of walnut leaf extracts and juglone on seed germination and seedling growth’’. *Journal of horticultural science &,biotechnology*, 76, 436- 440.

Kurt, S. (2016). Biyokömür ve vermikompostun mısır bitkisinin (zea mays l,) kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi.

Kütük, C., Taban, S., Kacar., Samet H. (1996). ‘’Etkinlikleri yönünden çay atığı ile ahır gübresi ve değişik kimyasal gübrelerin karşılaştırılması’’. *Tarım Bilimleri Dergisi* 2 (3) 51–57.

Marris M. (2006) ‘’Siyah yeni yeşildir’’. *Doğa* 442:624–626.

Mounirou, M. M., Kaya, E. C., Ouedraogo, A. R., Demir, K., Güneş, A., Ali, İ. N. A. L. (2020). ‘’Biyokömür ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin gelişimi ve kimyasal gübreden yararlanma oranına etkileri’’. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8 (1), 36-45.

Mullins, G., ve Hansen, D. J. (2006). ‘’Basic soil fertility’’. *The Mid-Atlantic Nutrient Management Handbook, 53*.

Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., Çıkılı, Y. (2014). Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizler (2. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic, Ltd, Şti., Ankara Dağıtım Kültür Mah, Mithatpaşa Cad, No: 74 B01/02 Kızılay–Ankara, ISBN: 978-605-133-895-8, 218 s.

Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., Kavdır, Y. (2019). ‘’Çay çöpünden kompost yapımı ve oluşan kompostun bazı özellikleri’’, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 109-114.

Namlı, A., Akça, M. O. ve Akça, H. (2017). ‘’Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri’’. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1), 39-47.

Nostro, A., Germano, M. P., D’angelo, V., Marino, A., ve Cannatelli, M. A. (2000). ‘’Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity’’. *Letters in applied microbiology*, 30 (5), 379-384.

Okur, N., Kayıkçıoğlu, H., Ceylan, Ş., Elmacı, Ö, L. (2008). ‘’Tıbbi-aromatik bitki işletme atık kompostlarının topraktaki mikrobiyel aktivite üzerine etkisi’’. *4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildiriler Kitabı*, 8-10 Ekim 2008 Konya, 400-408.

Ortaş, İ. ve Lal, R. (2012). ‘’Akdeniz Türkiye'de bir vertisol'de agrega ile ilişkili karbon ve azot sekestrasyonu üzerinde uzun vadeli fosfor uygulaması etkileri’’. *Toprak bilimi*, 177 (4), 241-250.

Özen F., Yaldız G., ve Çamlıca M. (2017). ‘’Yabancı ot mücadelesinde bazı aromatik bitkilerinin uçucu yağlarının allelopatik etkisi’’. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 40-48.

Özenç, N. (2004). Fındık zurufu ve diğer organik materyallerin fındık tarımı yapılan toprakların özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Özgüven, M., Kaya, Z., Yılmaz, A, M., Kırıcı, S. ve Tansı, L. S. (1999). ‘’Sigara fabrikası tütün atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi’’. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *23*(supp1), 43-51.

Pollard, A. J., Powell, K. D., Harper, F. A. ve Smith, J. A. C. (2002). ‘’The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants’’. *Critical reviews in plant sciences*, 21 (6), 539-566.

Puustjarvi, V. (1980). ‘’Rationalized Micro Nutrient Fertilization’’. *Peat-Plant Yearbook*, 3-12.

Randhawa, P.S., Condron, L.M., Di, H.J., Sinaj, S. ve McLenaghen, RD (2005). ‘’Yeşil gübre ilavesinin toprak organik fosfor mineralizasyonuna etkisi’’. *Tarımsal Sistemlerde Besin Döngüsü*. 73 (2), 181-189.

Reeves, R. D. (2006). ‘’Hyperaccumulation of trace elements by plants’’. In Phytoremediation of metal-contaminated soils (pp. 25-52). Springer, Dordrecht.

Rehman, H.A. and Razzaq, R. (2017). ‘’Benefits of biochar on the agriculture and environment’’. *Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 4:3. doi:10.41722380-2391.1000207

Richards, L. A. (1954). ‘’Diagnosis and ımprovement of saline and alkali soils’’. *U.S. Dept. Agriculture. Handbook* 60. U.S. Government Printing Office. Washington.

Robinson, T. (1980). The organic constituents of higher plants: their chemistry and interrelationships (No. 581.192 R6 1980).

Saha, A. ve Başak, B.B. (2020). ‘’Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen artık biyokütlenin katma değer kapsamı ve kullanımı’’. *Sanayi Bitkileri ve Ürünleri*, 145, 111979.

Sartoratto, A., Machado, A. L. M., Delarmelina, C., Figueira, G. M., Duarte, M. C. T., Rehder, V. L. G. (2004). ‘’Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil’’. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35 (4), 275-280.

Schulz, H., ve Glaser, B., (2012). ‘’Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment’’. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175 (3), 410-422.

Seregin, I. V., Kozhevnikova, A. D., Kazyumina, E. M. and Ivanov, V. B. (2003). ‘’Nickel toxicity and distribution in maize roots’’. *Russian Journal of Plant Physiology*, 50 (5), 711-717.

Sevilir, B. (2019). Çeşitli organik atıklardan elde edilen biyokömür ve hidrokömürlerin mısır bitkisi yetiştirilen sera koşullarında toprak bakteriyel çeşitliliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Shier, W. T. (1994). ‘’Metals as toxins in plants’’. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*, 13 (2), 205-216.

Solaıman, Z.M., Blackwell, P., Abbott, L.K., Storer, P. (2010). ‘’Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonisation, growth and nutrition of wheat’’. *Australian Journal of Soil Research* 48: 546-554.

Soltanpour, P. N. (1991). ‘’Determination of nutrient element availability and elemental toxicity by the AB-DTPA soil test and ICPS’’. Adv, Soil Sci, 16:165-190.

Soltys D., Krasuska U., Bogatek R and Gniazdowska A. (2013). Allelochemicals as bioherbicides-present and perspectives, V: Herbicides–Curent Research and Case Studies in Use (Eds, AJ, Price and Kelton JA). InTech Publisher, Rijeka, Croatica, pp, 517-542.

Sönmez, Ç., Şimşek S.,, A, Ö., Okkaoğlu, H., Karık, Ü., Taghiloofar, A, H., and Bayram, E. (2018). Determination of some yield and quality characteristics among individual plants of lavender (Lavandula angustifolia mill,) populations grown under mediterranean conditions in Turkey, Pakistan Journal of Botany, 50 (6): 2285-2290.

Şahin, E., Dardeniz, A., Kavdır, Y., Müftüoğlu, N., Türkmen, C. (2018). ‘’Bağ budama artığı kompostu oluşturma süreci ile kompostun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi’’. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* , 19-25 .

Tanker, N., Şarer, E. ve Başaran, V. (1977). ‘’*Lavandula stoechas* L. Bitkisinin uçucu yağı üzerinde farmakognozik araştırmalar’’. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 1 (7), 61-66.

Tarakçıoğlu, C., Bender Özenç, D., Irmak, Yılmaz, F., Kulaç, S., Aygün, S. (2019). ‘’Fındıkkabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi’’. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi,* 34 (1), 107-117. DOI: 10.7161/omuanajas.433030

Tavlı, Ö, F., Hazman, Ö., Büyükben, A., Yılmaz, F,N., Çelik, B,Ö, ve Özkan, E,E. (2020). ‘’İstanbul aktarlarında satılan hyperıcum perforatum örneklerinin farmakognozik açıdan incelenmesi’’. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*. 44 (2), 265-280.

Telci İ. (2006). ‘’Uçucu yağlar ve allelopati’’. *Allelopati Çalıştayı*. 13-15.

Temel, M., Tinmaz, A,B., Öztürk, M, ve Gündüz, O. (2018). ‘’Dünyada ve Türkiye’de tıbbi-aromatik bitkilerin üretimi ve ticareti’’. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi,* 21, 198-214.

Tosun, İ., Gönüllü, M.T., Günay, A. (2003). ‘’Gül posasının kompostlaştırılmasına gözenek malzemesi ve aşının etkisi’’. *Araştırma Makalesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Tulukcu, E. ve Sağdıç, O. (2011). "Konya'da aktarlarda tüketilen bitkiler ve kullanılan kısımları." *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 27 (4): 304-308.

Turan, V., (2019). ‘’Biyokömür ve kükürt uygulamasının alkali killi-tınlı topraklarda fosfor alınabilirliği ve toprak enzim aktivitesi üzerine etkileri’’. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 527-535.

Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], (2020). Erişim adresi: https://biruni,tuik,gov,tr/medas/?kn=92&locale=tr (Erişim tarihi: 28.12.2020).

WHO, (2015). Connecting Global Priorities: Biodiversity and human health: A State of Knowledge Review, ISBN 9789241508537.

Winogradsky, S. (1887). Über schwefelbakterien, Bot, Ztg, 45 (31–37), 489-ff.

Wollum, A. G. (1982). Cultural methods for soil microorganisms. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9, 781-802.

Yağmur, B., Okur, B. (2018). ‘’Bazı doğal toprak düzenleyicilerin mısır (*Zea Mays* L,) bitkisinin verim parametreleri üzerine etkileri’’. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 55 (4), 111-120.

Yazlık, A. ve Üremiş, İ. (2017). ‘’İstanbul kekiği (Origanum vulgare L.), İngiliz lavantası (Lavandula angustifolia L.) ve biberiye (Rosmarinus officinalis L.) uçucu yağ bileşiklerinin bazı kültür bitkilerinin gelişimine etkinliği’’. *Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Adına Sahibi*, 67.

Yusufoğlu, A., Çelik, H., Kırbaşlar, G. (2004). ‘’Utilization of *Lavandula angustifolia* Miller Extracts as Natural Repellents, Pharmaceutical and Industrial Auxiliaries‘’. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 69 (1),1–7.

Zhang, A. F., Liu, Y. M., Pan, G. X., Hussain, Q., Li, L. Q., Zheng, J. W. and Zhang, X. H. (2012). ‘’Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain’’. *Plant and Soil*, 351, 263-275.

EKLER

EK TABLO 1
Lavanta atıklarından biyokömür elde edilmesine ait veriler

Tarih	*Giren Miktar (kg)*	*Başlama Saati*	*Bitiş Saati*	*Çıkan Miktar (kg)*	*Oran (%)*
26/11/2019	3.80	10:18	17:00	1.94	0.51
27/11/2019	3.80	08:28	15:00	1.80	0.47
28/11/2019	3.80	08:13	14:00	1.86	0.49
3/12/2019	3.80	09:20	12:28	2.10	0.55
4/12/2019	3.80	08:26	16:20	1.59	0.42
5/12/2019	3.80	08:22	16:20	1.98	0.52
6/12/2019	3.80	08:22	16:10	1.76	0.46
8/12/2019	3.80	08:22	16:30	1.87	0.49
10/12/2019	3.80	08:23	17:11	1.80	0.47
11/12/2019	3.80	08:27	17:32	1.95	0.53
12/12/2019	3.80	08:24	16:30	1.76	0.46
13/12/2019	3.80	08:17	16:00	1.84	0.48
14/12/2019	3.80	08:08	16:30	1.80	0.47
15/12/2019	3.80	08:25	16:25	1.61	0.42
17/12/2019	3.80	08:25	16:10	1.64	0.43
18/12/2019	3.80	08:20	16:10	1.84	0.48
19/12/2019	3.80	08:25	16:20	1.73	0.45
20/12/2019	3.80	08:20	16:20	1.58	0.42
2/01/2020	3.80	09:29	16:20	1.92	0.50
3/01/2020	3.80	08:22	16:25	1.63	0.43
9/01/2020	3.80	08:19	16:25	1.66	0.44
10/01/2020	3.80	08:24	16:25	1.63	0.43
14/01/2020	3.80	08:10	16:24	1.64	0.43
15/01/2020	3.80	08:18	16:20	1.65	0.43
TOPLAM	**91.20**	**--**	**--**	**42.60**	**0.47**

EK TABLO 2

Lavanta atıklarından kompost elde edilmesine ait veriler

Tarih	*Tekerrür*	*pH*	*EC (mS/m)*	*Nem (%)*	*Ortalama pH*	*Ortalama EC*	*Ortalama Nem (%)*
11/12/2019	Lavanta 1	8.4	966	67.54	8.425	994.75	65.59
	Lavanta 2	8.6	1042	64.93			
	Lavanta 3	8.4	995	64.51			
	Lavanta 4	8.3	976	65.39			
02/01/2020	Lavanta 1	8.6	979	69.85	8.725	996	71.59
	Lavanta 2	8.8	1021	72.99			
	Lavanta 3	8.8	994	72.47			
	Lavanta 4	8.7	990	71.05			
21/01/2020	Lavanta 1	9.4	813	74.21	9.475	816.25	72.46
	Lavanta 2	9.5	846	70.75			
	Lavanta 3	9.5	801	72.85			
	Lavanta 4	9.5	805	72.04			
18/02/2020	Lavanta 1	9.4	895	73.03	9.275	883.75	72.38
	Lavanta 2	9.3	860	71.38			
	Lavanta 3	9.1	893	74.15			
	Lavanta 4	9.3	887	70.94			
16/03/2020	Lavanta 1	9.6	1093	68.90	9.525	993.5	69.18
	Lavanta 2	9.5	964	69.30			
	Lavanta 3	9.6	965	69.27			
	Lavanta 4	9.4	952	69.24			
03/04/2020	Lavanta 1	9.6	971	70.72	9.55	962.75	68.91
	Lavanta 2	9.5	962	68.31			
	Lavanta 3	9.4	954	67.78			
	Lavanta 4	9.7	964	68.85			