

T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

**BİYOGAZ SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN
FERMENTE GÜBRENİN MARUL
YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ GELİŞİMİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Danışman: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

BENGİNUR BAŞTABAK

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

İzmir

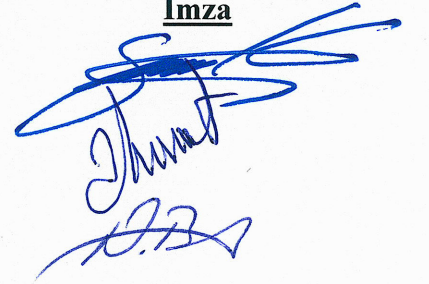
2019

Benginur BAŞTABAK tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Fermente Gübrenin Marul Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimine Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 17/07/2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Günnur KOÇAR
Raportör Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ERYAŞAR
Üye : Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Biyogaz Sistemlerinden Elde Edilen Fermente Gübrenin Marul Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimine Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

17 / 07 / 2019

Benginur Baştabak

ÖZET**BİYOĞAZ SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN FERMENTE GÜBRENİN MARUL YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ GELİŞİMİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

BAŞTABAK, Benginur

Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı Enerji Teknolojileri
Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

Temmuz 2019, 114 sayfa

Bu tez çalışmasında anaerobik fermente gübrenin; tohum ön işlemleri, fide gelişimi ve sera koşullarında katı ortam kültüründe bitki yetiştirme üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda anaerobik fermente gübre, N içeriğine göre farklı oranlarda distile su ile seyreltilmiştir (%1, %5, %10 ve %15). Hazırlanan fermente gübre solüsyonları ve karşılaştırma grupları (kontrol ve kimyasal gübre) ile deney setleri oluşturulmuştur. Denemelerde bitki materyali olarak marul (*Lactuca sativa* L.) kullanılmıştır. Çimlenme denemesinde; ortalama çimlenme zamanı, çimlenme oranı, T50 değeri, pik değeri ve çimlenme yüzdesi incelenmiştir. Fide denemesinde; SPAD değeri, gövde ve kök uzunluğu, gövde ve kök ağırlığı (yaş, kuru), kök hacmi, yan kök sayısı, kök çatal sayısı incelenmiştir. Sera denemesinde; SPAD değeri, fotosentetik CO₂ asimilasyonu değeri, kök pH ve EC değerleri, bitki morfolojik özellikleri incelenerek uygulamalar karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonunda veriler değerlendirildiğinde en iyi sonuçlar; tohum ön işleminde %1 (2 sa) ve %5 (1 sa), fide gelişiminde %5, bitki gelişiminde ise %10 ve %15 konsantrasyondaki fermente gübre uygulamalarından elde edilmiştir. Anaerobik fermente gübre uygulamasının, bitkinin gelişme dönemine göre farklı konsantrasyonlarda kullanılmasının doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca anaerobik fermente gübrenin uygulama konsantrasyonunun belirlenmesinde en önemli parametrelerin pH, EC ve N içeriği olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Biyogaz, anaerobik fermente gübre, anaerobik fermentasyon, *Lactuca sativa*

ABSTRACT**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FERMENTED
FERTILIZER FROM BIOGAS PLANT IN LETTUCE
CULTIVATION**

BAŞTABAK, Benginur

MSc in Solar Energy Institute Department of Energy Technology

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

July 2019, 114 pages

In this thesis, anaerobic fermented fertilizer; The aim of this study is to investigate the effects of seed pretreatment, seedling development and cultivation in solid medium culture under greenhouse conditions. In this context, anaerobic fermented fertilizer was diluted with distilled water (1%, 5%, 10% and 15%) according to the N content. Experimental sets were formed with prepared fermented fertilizer solutions and comparison groups (control and chemical fertilizer) (germination period, seedling development period, seedling-harvest plant development period). Lettuce plant was used in the experiment. Germination test; mean germination time, germination rate, T50 value, peak value and germination percentage were examined. In seedling experiment; SPAD value, stem and root length, stem and root weight (wet, dry), root volume, number of side roots, root fork number were examined. In the greenhouse experiment; SPAD value, photosynthetic CO₂ assimilation value, root pH and EC values, plant morphological characteristics were examined.

At the end of the study; The best results were obtained from 1% (2 h) and 5% (1 h) of seed pretreatment, 5% of seedling growth, 10% and 15% of plant growth. It was concluded that the application of anaerobic fermented fertilizer in different concentrations according to the growth period of the plant would be correct. In addition, the most important parameters in determining the concentration of anaerobic fermented fertilizer are considered to be pH, EC and N content.

Keywords: Biogas, anaerobic manure, anaerobic fermented fertilizer, anaerobic fermentation

ÖNSÖZ

Geçmişten günümüze kadar nüfus ve ihtiyaçlar doğru oranda artış göstermiştir. Sınırsız insanların ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için doğa elindeki her şeyi sunmaktadır. Ancak insan, ihtiyaçlarını doğadan karşılarırken doğanın dengesini hiçe sayarak işin sonunu düşünmeden hareket etmektedir. Doğada yaşam döngüsü bozulduğu zaman dengeler bozulmakta ve problemler ortaya çıkmaktadır. İnsanların bilinçsizce üretim faaliyetleri devam ettikçe bu problemlerin her geçen gün artarak devam edeceği ön görülmektedir. İnsanların üretim faaliyetlerinden kaynaklı problemlerin azaltılabilmesi için farklı çözümler geliştirilmektedir. Bunlardan birisi ise anaerobik biyogaz teknolojisidir.

Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerji sistemlerinden biri olan anaerobik biyogaz teknolojisinin proses atığı olan, ‘anaerobik fermente gübre’ olarak tanımlanan materyal ile çalışılmıştır. Anaerobik fermente gübrenin biyogaz reaktöründen çıkarıldıktan sonra değerlendirilebiliyor olması biyogaz teknolojisinin sürdürülebilir bir sistem olmasına katkı sağlamaktadır. Sistemden sürdürülebilir olarak bahsedilmesinin temel nedeni; fosil kaynaklar yerine yenilenebilir bir kaynaktan enerji üretiminin gerçekleştirilmesi ve sistem atıklarının çevre kirliliğine neden olmadan bertaraf olması, hatta katma değerli bir ürün olan fermente gübre üretimi aynı anda gerçekleşmektedir. Bu şekilde insan ihtiyaçları karşılanırken çevreye verilen zararın minimuma düşürülebileceği düşünülmektedir.

İZMİR

17 /07/2019

Benginur BAŞTABAK

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

İÇ KAPAK.....	i
KABUL ONAY SAYFASI	ii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Biyokütle Enerjisi, Kaynakları ve Dönüşüm Yöntemleri.....	4
2.2 Anaerobik Biyogaz Teknolojisi.....	5
2.3 Anaerobik Fermente Gübre	6
2.3.1 Anaerobik Fermente Gübre İçeriği ve İçeriğe Etki Eden Parametreler	7
2.3.2 Anaerobik Fermente Gübrenin Kullanım Alanları	11
2.3.3 Anaerobik Fermente Gübrenin Önemi.....	16
2.3.4 Anaerobik Fermente Gübre Kullanımının Riskleri.....	18
2.4 Marul Yetiştiriciliği	19
2.5 Topraksız Tarım, Bitki Besleme ve Katı Ortam Kültürü	21
2.6 Kimyasal Gübrelerin Zararları.....	22
2.7 Tohum Ön İşlem Uygulamaları	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	25
3.1 Çalışma Yeri ve Koşulları	25
3.2 Kullanılan Materyaller ve Özellikleri	26
3.3 Elementel ve Kimyasal Analizler	28
3.4 Bitki Yetiştiriciliği ile İlgili Analizler	28
3.4.1 Çimlendirme Denemesi ile İlgili Analizler.....	28
3.4.2 Fide Denemesindeki Analizler.....	30
3.4.3 Sera Denemesi ve Hasat Analizleri	31
3.5 İstatistiksel Analizler	35
3.6 Deneysel Çalışmaların Oluşturulması ve Yürütülmesi.....	36

3.6.1 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ile Tohum Islatma Ön İşleminin Marul Bitkisi Tohumunda Çimlenme Üzerine Etkilerinin İncelenmesi	36
3.6.2 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Marul Bitkisinin Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi	39
3.6.3 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Yetiştirilen Marul Bitkisinin Verim ve Gelişimi Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1 Gübre ve Katı Ortam.....	44
4.2 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ile Tohum Islatma Ön İşleminin Marul Bitkisi Tohumunda Çimlenme Üzerine Etkilerinin İncelenmesi	45
4.3 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Marul Bitkisinin Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi.....	49
4.4 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Yetiştirilen Marul Bitkisinin Verim ve Gelişimi Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR DİZİNİ	69
TEŞEKKÜR	87
ÖZGEÇMİŞ	88
EKLER	89
Ek 1: Denemeden görseller.	89
Ek 2: Hasattan sonra 6±1 °C’de muhafaza edilen örneklerin fotoğrafları.....	91
Ek 3: Çalışmada Karşılaşılan Zararlı ve Hastalıklar (Belirtiler)	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

Sayfa

1.1: Dünya’ da ve Türkiye’de biyogazdan elde edilen toplam enerji miktarı (Kaynak: IRENA 2018 Report)	2
2.1: Biyokütle enerjisi kaynakları	4
2.2: Biyokütle enerjisi dönüşüm yöntemleri	5
3.1: Marul tohumu	26
3.2: Torf (sol), Perlit (sağ)	27
3.3: SPAD Klorofilmetre	30
3.4: LI-COR 6800 fotosentez sistemi	32
3.5: Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı.....	33
3.6: Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı ile ölçüm anındaki bitkilerin yaprak sıcaklıklarının zamana bağlı olarak değişimi	33
3.7: Toprak EC ölçer	34
3.8: Solüsyonların belirlenen konsantrasyonlara göre hazırlanması.....	37
3.9: Tohumların solüsyonlarda bekletilmesi.....	38
3.10: Marul tohumlarının, solüsyonlardan arındırılması ve petrilere yerleştirilmesi.....	38
3.11: Tohumların viyollere yerleştirilmesi.....	40
3.12: Viyollerin bitki yetiştirme kabinine yerleştirilmesi.	40
3.13: Gübre solüsyonlarının amber şişelerde hazırlanması	41
3.14: Fidelerin seraya geçirilmesi.	42
3.15: Yaprak galeri sineği zararı.....	43
4.1: Uygulamalara bağlı olarak T50 değerinin değişimi.	46
4.2: Uygulamalara bağlı olarak çimlenme yüzdesi değişimi.....	47
4.3: Uygulamalara bağlı olarak pik değerinin değişimi.....	47
4.4: Anaerobik fermente gübre konsantrasyonuna bağlı pH ve EC değerlerinin değişimi.....	48
4.5: Bitki büyütme kabininde fide gelişimi	49
4.6: Fide kök ve gövde uzunluğunun uygulamalara bağlı değişimi.	51
4.7: Bitki kök yaş ve kuru ağırlığının uygulamalara bağlı değişimi.....	52

4.8: Fide kök gelişim görüntüleri (WinRHIZO™ kök analiz sistemi).	53
4.9: Bitki kökünün çatal ve yan kök sayısının uygulamalara bağlı değişimi.	53
4.10: Farklı zamanlarda ölçülen SPAD değeri ve uygulamalara bağlı değişimi.....	54
4.11: Uygulamalara bağlı, Sabit fotosentetik olarak aktif ışık ışıma ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve artan CO_2 (400, 500, 600, 800, 1000, 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) koşullarında, fotosentetik CO_2 asimilasyonunun değişimi.	55
4.12: Uygulamalara bağlı, 100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ konsantrasyonunda CO_2 ve değişken fotosentetik olarak aktif ışık ışıma (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyonunun değişimi.	57
4.13: Uygulamalara bağlı, 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ konsantrasyonunda CO_2 ve değişken fotosentetik olarak aktif ışık ışıma (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyonunun değişimi.	58
4.14: Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamalarının bitki stoma direnci ile EC değerleri arasındaki ilişkinin değişimi. ...	60
4.15: Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamasının bitki baş boyu, kök boyu, baş çapı ve kök boğazı kalite değerleri....	61
4.16: Farklı konsantrasyondaki anaerobik fermente gübre uygulamasının bitki pazar değerleri arasındaki değişim.	62
4.17: Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamalara bağlı olarak bitkinin farklı bölgelerindeki zarar oranının dağılımı ...	64
4.18: Farklı konsantrasyonlardaki anaerobik fermente gübre uygulamasının bitkilerdeki SPAD değeri üzerine etkisinin değişimi.....	65

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
2.1: Anaerobik fermente gübrenin fizikokimyasal içeriği.....	9
2.2: Seperasyondan sonra katı ve sıvı faz.....	11
3.1: 1938-2017 yılları arasında İzmir il ve ilçeler için sıcaklık değerleri...	25
3.2: 15-15-15 kimyasal gübrenin elementel içerik oranları.....	27
3.3: LI-COR 6800 fotosentez sistemi ışık sabitleri.....	32
3.4: Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı ölçüm sabitleri.....	33
3.5: Uygulamaların konsantrasyonları ve N miktarları (%).....	36
3.6: Fide uygulaması gübre konsantrasyon, içerik, karışım ve N miktarları.....	39
3.7: Bitki yetiştirme kabini iklim koşulları.....	39
3.8: Uygulamaların sera içerisinde tesadüf blokları deneme desenine göre dağılımı.....	41
4.1: Anaerobik fermente gübre, torf ve perlitin elementel, TK ve UK analiz sonuçları.....	44
4.2: Anaerobik fermente gübre ve distile suyun, EC ve pH analiz sonuçları.....	44
4.3: Anaerobik fermente gübre, distile su ve kontrol uygulamalarına göre tohum ön işleminin çimlenme parametrelerine etkileri.....	45
4.4: Uygulamalara göre fide gelişim parametreleri.....	50
4.5: WinRHIZO™ kök görüntüleme sistemi ile kök hacmi, yan kökler ve kök çatallarının analizi.....	52
4.6: SPAD Klorofilmetre ölçümü 8., 18. ve 28.gün (hasat) klorofil ölçümleri.....	54
4.7: Sabit ışık ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve değişken CO_2 (400, 500, 600, 800,1000, 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyon değerleri($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).....	56
4.8: Düşük CO_2 (100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) ve değişken ışık (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyon değerleri ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).....	57

4.9: Optimum CO ₂ (400 µmol mol ⁻¹) ve değişken ışık (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 µmol m ⁻² s ⁻¹) koşullarında fotosentetik CO ₂ asimilasyon değerleri (µmol m ⁻² s ⁻¹).....	58
4.10: Bitkilerin kök bölgesindeki pH ve EC değerleri.....	59
4.11: Yaprak stoma direnci değerleri.....	60
4.12: Hasat sonrası yapılan analizler (Baş boyu, kök boyu, kök boğazı, baş çapı).....	61
4.13: Hasat sonrası yapılan bitki kalite analizleri (Bitki yaş baş ağırlığı, atılan yaprak sayısı, Pazar baş ağırlığı, Pazar yaprak sayısı).....	62
4.14: Bitki zararlılarının bitkinin farklı kısımlarına etkisinin uygulamalara bağlı olarak değişimi (zarar etkisi/bitki).....	63
4.15: SPAD-502 klorofilmetre ölçümü.....	65

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler Açıklama**

<i>g</i>	Gram
<i>kg</i>	Kilogram
°C	Santigrat
MTEP	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
mS/cm	EC (elektriksel iletkenlik)
GWh	Birim saatteki GW değeri
cm	Santimetre
cm ³	Santimetre küp
J μ mol m ⁻¹	Lux
μ mol m ⁻² s ⁻¹	PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) değeri
mmol m ⁻² s ⁻²	Transpirasyon
adet/bitki	Bir bitki başına düşen miktar
g/bitki	Bir bitki ağırlığı

Kısaltmalar

AFG Anaerobik Fermente Gübre

C/N Karbon/ Azot

DS Distile Su

MGT Ortalama imlenme Süresi

NPK Azot, Fosfor, Potasyum

OM Organik Madde

Ort Ortalama

d önemli Değil (istatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur)

RH Bağıl Nem

sa Saat

T50 Tohumların yarısının çimlenmesine kadar geçen süre (gün)

TA Taze Ağırlık

TK Toplam Katı

TL Türk Lirası

TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu

UK Uçucu Katı

PPFD Fotosentetik olarak aktif ışık ışıma

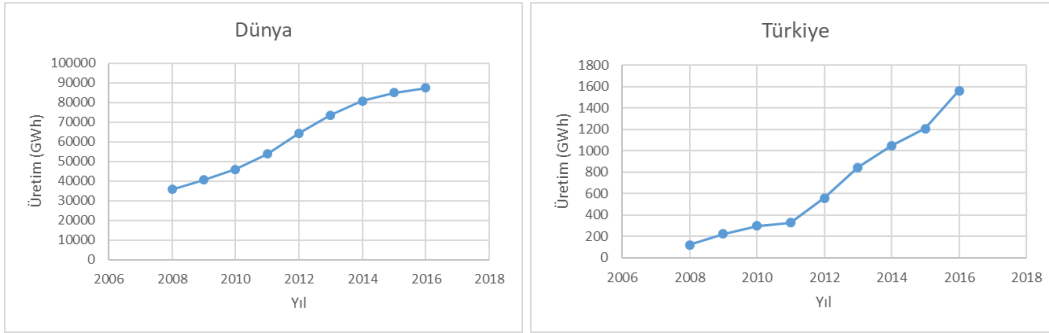
1. GİRİŞ

Nüfus artışı, kentleşme ve endüstrileşmeye paralel olarak enerji tüketimi giderek artmaktadır. 2017 yılı sonu itibariyle küresel enerji tüketimi yaklaşık olarak 15 MTEP'dir. Bu değerın %26,5'lik kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanırken, geriye kalan kısım fosil kaynaklardan karşılanmaktadır (REN21, 2018; Global Energy Statistical Yearbook, 2018). Ancak, fosil kökenli kaynakların binlerce yıl içerisinde oluşması ve neden olduğu çevresel etkiler ciddi anlamda tehlike teşkil etmektedir. Bu nedenle, bilim insanları fosil kaynaklara alternatif olarak temiz ve yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelmektedir. Bu kapsamda, küresel enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklardan karşılanma payı, 2000'li yıllardan itibaren günümüze dek artarak devam etmektedir (Barreto, 2018).

Artan nüfusun gıda ve tarımsal hammadde ihtiyacı hayvansal ve bitkisel üretim ile karşılanmaktadır. Türkiye'deki bitkisel ve hayvansal üretim değeri yaklaşık 322 milyar TL'dir (TÜİK, 2018). Üretim değerinin oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir, ki; tarımsal üretimin artması sonucu ortaya çıkan atık/artık miktarı da fazlalaşmaktadır. Bu tarımsal atık/artıklar biyokütle atık potansiyelini oluşturmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye'nin biyokütle atık potansiyeli 8,6 MTEP'dir. Bu atıkların en iyi şekilde değerlendirilmesi, çevre kirliliğinin önlenmesi ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir.

Dünyada yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, biyokütle enerjisinin oranı 2017 yılı sonu itibariyle %2.2 olarak verilmektedir (REN21, 2018). Biyogaz üretim teknolojilerinden elde edilen enerjinin, biyokütle enerji kaynakları içerisindeki payı %15.6'dır. Biyogazdan elde edilen enerji her yıl giderek artmaktadır (Şekil 1.1). Biyogaz sistemlerinden elde edilen toplam enerji üretimi 2008 yılında 35 809 GWh iken 2016 yılında 87 500 GWh'ye yükselmiştir. Türkiye'de biyogaz sistemlerinden üretilen enerji miktarına bakıldığında 2008 yılında 118 GWh olan enerji üretiminin, 2016 yılında 1560 GWh'ye yükseldiği görülmektedir (IRENA, 2018). Biyogaz üretim sistemlerinin yaygınlaşmasıyla yenilenebilir enerji üretimine katkıda bulunulurken, aynı zamanda çevresel açıdan

problem teşkil eden organik atıkların bertarafı da sağlanmaktadır (Erkmen ve Özdemir, 2012).



Şekil 1.1: Dünya' da ve Türkiye'de biyogazdan elde edilen toplam enerji miktarı (Kaynak: IRENA 2018 Report)

Enerji üretiminde biyokütle kaynağı olarak değerlendirilen atıklar, hidrolik bekletme süresinin ardından sistem dışına çıkarılmaktadır. Sistem dışına çıkarılan bu ürün, anaerobik fermente gübre ya da biyogübre olarak isimlendirilebilmektedir. Mikro, makro elementler ve organik madde açısından zengin olan anaerobik fermente gübrenin farklı bitki yetiştirme dönemlerinde kullanılacak katma değerli bir ürün olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda kimyasal gübreye alternatif olması sayesinde, fermente gübre bitki yetiştiriciliğinde kullanılarak çevresel açıdan olumlu etki yaratılırken, biyogaz üretim tesisleri ile atık kontrolünün sağlanması da mümkün olabilmektedir.

Bu tez çalışmasında; 'Anaerobik fermente gübre marul bitkisi yetiştiriciliğinde, bitkinin gelişme dönemleri boyunca hangi konsantrasyonlarda kullanılmalıdır?', 'Farklı konsantrasyonlarda kullanıldığında, marul bitkisi gelişiminde etkileri nelerdir?', 'Anaerobik fermente gübrenin bitki yetiştiriciliğinde kullanımında hangi parametreler önemlidir?', 'Anaerobik fermente gübre kimyasal gübrenin yerine kullanılabilir mi?' sorularına cevap aranmıştır. Bu kapsamda, biyogaz sistemlerinden elde edilen fermente gübre ve marul bitkisi ile farklı uygulamalar yapılmış ve bazı parametreler incelenmiştir.

Çalışmada tez materyali olarak Marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisi kullanılmış ve kontrol grubu, 15-15-15 NPK kimyasal gübre grubu ve %1, %5, %10, %15 konsantrasyonlarında anaerobik fermente gübre grubu şeklinde deney

setleri oluşturulmuştur. Bu şekilde oluşturulan uygulamalar ile tohum (çimlenme dönemi), fide (çimlenme döneminden 4-5 yapraklı döneme kadar) ve şaşırtmadan hasada kadar olan dönem olmak üzere bitkinin 3 farklı gelişme döneminde fermente gübrenin etkileri incelenmiştir.

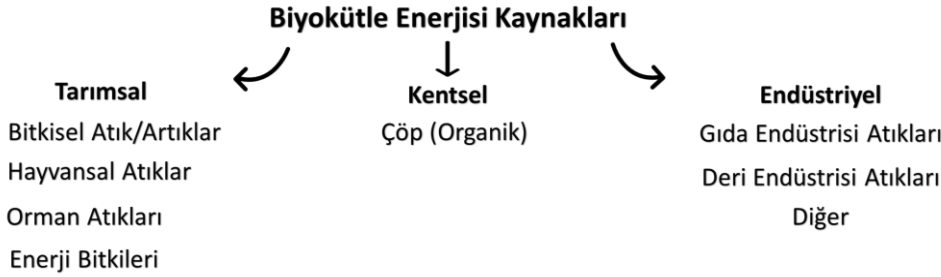


2. GENEL BİLGİLER

2.1 Biyokütle Enerjisi, Kaynakları ve Dönüşüm Yöntemleri

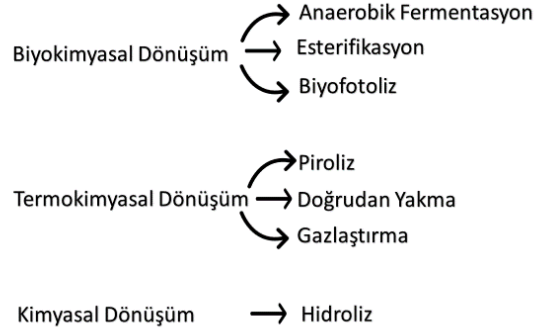
Biyokütle, fosil kökenli olmayan organik materyaller olarak tanımlanırken, biyokütle enerjisi fosil kökenli olmayan, organik materyallerden üretilen ısı ya da elektrik enerjisi olarak ifade edilebilir. Biyokütle enerji kaynaklarının, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, gelecekteki enerji ihtiyacını karşılamak için en umut verici kaynak olduğu düşünülmektedir (Field et al., 2008; Koçar ve Civaş, 2013). Biyokütle kaynaklarının bu denli önemli olmasının sebebi özellikle, fosil yakıt rezervi olmayan bölgelerde enerji güvenliğini sağlaması ve üretilen enerji birimi başına atmosfere net karbon salınımını azaltması sayılabilir.

Biyokütle enerji kaynakları; tarımsal, kentsel ve endüstriyel kaynaklı olabilmektedir (Şekil 2.1) (Garg ve Datta 1998; Demirbas, 2001). Biyokütle enerji kaynaklarından farklı dönüşüm yöntemleri ile enerji elde edilebilmektedir. Bunlar ise termokimyasal, biyokimyasal ve kimyasal yöntemlerdir. Dönüşüm yöntemleri ise Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Biyokütle enerjisi kaynakları

Biyokütle Enerjisi Dönüşüm Yöntemleri



Şekil 2.2: Biyokütle enerjisi dönüşüm yöntemleri

Geliştirilmekte olan biyokütle enerjisi dönüşüm teknolojilerinin küresel enerji sistemine etki edeceği düşünülmektedir (Field et al., 2008). Bu kapsamda, biyokütle enerji dönüşüm yöntemleri içerisinde biyokimyasal dönüşüm yöntemlerinden biri olan anaerobik fermentasyon yoluyla biyogaz üretimi konusunda araştırmalar önem taşımaktadır.

2.2 Anaerobik Biyogaz Teknolojisi

Anaerobik biyogaz üretimi, organik materyallerin (bitkisel, hayvansal, endüstriyel, kentsel atık/artıklar) biyolojik çözünme özelliklerinden faydalanarak enerji (ısı, elektrik) üreten sistemlerdir (Bayrakçı and Koçar 2012). Biyogaz tesisi büyük, orta ya da küçük ölçekli (çiftlik tipi) olabilir. Biyogaz üretimi, serbest oksijen yokluğunda çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen bir dizi metabolik reaksiyonlar sonucu (hidroliz, asidogenez, asetojeniz, metanojeniz) meydana gelmektedir. Biyogaz, çoğunlukla CH₄ (metan) içerikli yanıcı bir gazdır. Bu gaz depolanabilmekte, daha sonra ise farklı sistemler ile enerji üretilebilmektedir (Themelis and Ulloa, 2007; Comparetti et al., 2013; Shen et al., 2015).

Biyogaz üretiminde anaerobik fermentasyonda rol oynayan mikroorganizma popülasyonunun büyüme ve aktivitesi, sistem için hayati derecede önemlidir. Büyüme ve aktiviteyi etkileyen faktörler ise, su ve besin içeriği, C/N oranı, hammaddelerin konsantrasyonu, parçacık boyutu, pH, oksijen yokluğu, mikrobiyal bileşim, reaktör sıcaklığı, toksik bileşikler, inhibitör

maddeler, reaktör tasarımı, karıştırma ve ara ürün konsantrasyonu olarak sıralanabilmektedir (Behera et al., 2010; Jeong et al., 2010; Khalid et al., 2011; Comparetti et al., 2013)

Biyogaz üretimi, psikrofilik ($\leq 25^{\circ}\text{C}$), mezofilik ($25-45^{\circ}\text{C}$) ve termofilik ($45-70^{\circ}\text{C}$) olmak üzere 3 farklı sıcaklık aralığında gerçekleşmektedir. (Rosińska and Karwowska, 2017; Siddique and Wahid, 2018). Biyogaz üretiminde organik atığın sisteme alınma periyoduna göre kesikli, beslemeli-kesikli ve sürekli beslemeli olarak 3 ayrı besleme sistemi vardır. Sıcaklık arttıkça hidrolik bekletme süresi azalmaktadır (Westerholm et al., 2018). Hidrolik bekletme süresi, proses sıcaklığı ve besleme sistemi birbiri ile bağlantılıdır. Proses sıcaklığı ve hidrolik bekletme süresi patojen inaktivasyonu için de çok önemlidir (Al Seadi et al., 2013).

Farklı kökenli organik maddelerin (bitkisel ve hayvansal atıkların) aynı sistem içerisinde anaerobik fermentasyon ile bozulmasına, birlikte fermentasyon adı verilmektedir. Birlikte fermentasyon sayesinde, biyogaz üretim prosesinde C/N oranı dengelenebilmektedir (Siddique and Wahid, 2018). Yapılan çalışmalarda, biyogaz reaktöründe C/N oranı için uygun değer yaklaşık 30/1 olarak belirtilmektedir (Syafudin et al. 2017). C/N oranı bu değerden çok üzerinde ise azot hızla tüketilecek ve reaksiyon oranı azalacaktır. Öte yandan, C/N oranı bu değere göre çok düşük ise, azot serbest bırakılacak ve belirli koşullar altında, toksik olan amonyak formunda birikecektir.

Biyogaz sistemlerinin yaygınlaşması ile bir yandan yenilenebilir enerji üretilirken, diğer yandan çevresel açıdan problem yaratan organik atıkların bertarafı da sağlanmaktadır. (Erkmen ve Özdemir, 2012). Biyogaz üretim süreci sonucunda sistem dışına çıkartılmakta olan bu organik atıklardan, katma değere sahip ürün elde edilebilmektedir.

2.3 Anaerobik Fermente Gübre

Biyogaz reaktöründe kütle denkliliği incelendiğinde, reaktör çıkışında kütlelerin %96-98'e indiği görülmektedir (Koçar et al. 2010). %2-4'lük kütle

kaybının sebebi mikroorganizmaların, anaerobik fermentasyon ile organik maddeleri biyokimyasal aktivite sonucu parçalayarak gaz oluşumunu sağlamalarıdır. Bu oluşum tamamlandıktan sonra organik atık reaktör dışına çıkarılmaktadır. Hidrolik bekletme süresinin sonunda reaktör dışına çıkarılan organik atık ya başka reaktöre aktarılarak kalan metan oluşumunu tamamlar ve daha sonra gübre çukuruna alınır ya da direk ayrı bir gübre çukuruna alınarak sistem dışına çıkarılır. Sistem dışına çıkarılan organik madde artık, fermente gübre haline gelmiştir.

Biyogaz sisteminden elde edilen fermente gübre, biyogaz üretimi yapılan ana reaktörün ardından yine anaerobik koşulların sağlandığı bir tankta daha tutulabilir. Bu ekonomik olarak ayrı bir maliyet olsa da güçlü bir sera gazı olan metanın kontrolsüz emisyonunu engellemiş olur. Ayrıca ikinci tankta biyolojik olarak daha stabilize hale gelebilmektedir. Tarımsal kullanımda ise yüksek organik madde içeriğinin yanında, biyolojik açıdan kararlı olması ve kontrolsüz metan emisyonu kaynağı olmaması avantajlı bir durum olarak değerlendirilmektedir (Wojnowska-Baryła et al., 2018).

2.3.1 Anaerobik Fermente Gübre İçeriği ve İçeriğe Etki Eden Parametreler

Biyogaz reaktöründe oksijensiz ortamda bakteriler tarafından ayrıştırılan anaerobik fermente gübre birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bitkisel üretimde ihtiyaç duyulan temel besin elementleri (N, P, K) açısından oldukça zengin olduğu görülmektedir (Tablo 2.1).

Biyogaz üretiminde bakteri popülasyonunun büyüme ve aktivitesi, sistem için hayati derecede önemlidir. Büyüme ve aktiviteyi etkileyen faktörler ise, su ve besin içeriği, C/N oranı, hammaddelerin konsantrasyonu, parçacık boyutu, pH, oksijen yokluğu, mikrobiyal bileşim, reaktör sıcaklığı, toksik bileşikler, inhibitör maddeler, reaktör tasarımı, karıştırma ve ara ürün konsantrasyonu olarak sıralanabilir (Behera et al., 2010; Jeong et al., 2010; Khalid et al., 2011; Comparetti et al., 2013). Biyogaz sistemini etkileyen birçok faktör doğrudan ve dolaylı olarak anaerobik fermente gübre kalitesine etki etmektedir. Anaerobik

fermente gübre kalitesine doğrudan etki eden faktörler; atık kaynağı, reaktörün çalışma sıcaklığı ve reaktör çıkışından sonra gübreye uygulanan işlemlerdir.



Tablo 2.1: Anaerobik fermente gübrenin fizikokimyasal içeriği.

Parametre	Birim	Değer	Kaynak
KM	%	4.5-6.6	(Möller and Müller, 2012)
Toplam N	%TK	7.7-9.2	(Möller and Müller, 2012)
Toplam N	kg Mg/TA	4.0-5.1	(Möller and Müller, 2012)
Toplam NH₄⁺	kg Mg/TA	1.8-3.0	(Möller and Müller, 2012)
NH₄⁺-N	%	40-80	(Möller and Müller, 2012)
Toplam C	%TK	48.0	(Möller and Müller, 2012)
C/N		3,7-4,8	(Möller and Müller, 2012)
Toplam P	%TK	0.4-0.7	(Möller and Müller, 2012)
Toplam P	kg mg/TA	0.7-1.0	(Möller and Müller, 2012)
Toplam K	%KM	3.9	(Möller and Müller, 2012)
Toplam K	kg Mg/TA	3.5-5.2	(Möller and Müller, 2012)
pH	.	6.6-7.86	(Do and Scherer, 2012; Zhang et al., 2013; Xu et al., 2013; Nicoletto et al., 2014; Czekala et al., 2017; He et al., 2017; Cardelli et al., 2018; Wang et al., 2018; Yaraşır, 2018; Iocoli et al., 2019)
EC	mS cm ⁻¹	2.2	(Do and Scherer, 2012; Zhang et al., 2013; Nicoletto et al., 2014; Czekala et al., 2017; Yaraşır, 2018)
NO₃⁻N	mg dm ⁻³	38.88	(Wang et al., 2018; Iocoli et al., 2019)

2.3.1.1 Atık Kaynağı

Biyogaz reaktöründe değerlendirilen materyallerin tamamı organik atıklardan oluşmaktadır. Ancak atık kaynakları değişmektedir. Bunlar; hayvansal üretim sonucu oluşan atıklar, bitkisel üretim sonucu oluşan atık/artıklar, gıda endüstrisi atıkları, kentsel-endüstriyel atıklar ve kanalizasyon atıkları olarak özetlenebilir (Al Seadi and Lukehurst, 2012). Kentsel-endüstriyel atıklar ve kanalizasyon atıklarının içeriğinde ağır metal ve diğer kirleticiler bulunabildiğinden bu tür atıkların fermente gübreleri tarımsal olarak kullanıma uygun olmayabilmektedir (Nkoa, 2014). Bu kapsamda atık kaynağı, makro ve mikro element içeriğini etkilediğinden, anaerobik fermente gübre kalitesi için belirlenmesinde oldukça etkilidir.

2.3.1.2 Reaktörün Çalışma Sıcaklığı

Biyogaz sistemlerinde proses sıcaklığı 3 farklı aralıkta olabilmektedir. Bunlar psikrofilik ($\leq 25^{\circ}\text{C}$), mezofilik ($25-45^{\circ}\text{C}$) ve termofiliktir ($45-70^{\circ}\text{C}$) (Rosińska and Karwowska, 2017; Siddique and Wahid, 2018). Biyogaz üretiminde organik atığın sisteme alınma periyoduna göre kesikli, beslemeli-kesikli ve sürekli

beslemeli olarak 3 ayrı besleme sistemi vardır. Sıcaklık arttıkça hidrolik bekletme süresi azalmaktadır (Westerholm et al., 2018). Hidrolik bekletme süresi, proses sıcaklığı ve besleme sistemi birbiri ile bağlantılıdır. Proses sıcaklığı ve hidrolik bekletme süresi patojen inaktivasyonu için çok önemlidir (Al Seadi et al., 2013). Biyogaz reaktöründen çıkan anaerobik fermente gübrenin kararlı durumda olması ve kontrolsüz emisyon kaynağı olmaması önemlidir. Bu kapsamda özellikle proses sıcaklığı psikrofilik bölgede olduğunda, anaerobik fermente gübrenin biyolojik olarak kararlı olması sistemin avantajlarından biri olarak sayılabilmektedir (Wojnowska-Baryła et al., 2018).

Reaktörün çalışma sıcaklığı, anaerobik fermente gübrenin biyolojik kararlılığına etki etmesinin yanı sıra, canlılar için risk teşkil edebilecek mikrobiyal patojen popülasyonuna da etki etmektedir. Anaerobik fermente gübre ile ahır gübresi patojenik bakteri popülasyonu (*E. coli*, *Salmonella sp.*) açısından karşılaştırıldığında, mezofilik bölgede çalışan reaktörden çıktıktan sonra sanitasyon işlemi gören anaerobik fermente gübredeki patojenik bakteri popülasyonunun neredeyse yok denecek seviyeye kadar düştüğü görülmüştür (Goberna et al., 2011).

2.3.1.3 Reaktör Çıkışı Sonrası Uygulanan İşlemler

Anaerobik fermente gübre, biyogaz reaktöründen çıktıktan sonra biyolojik olarak kararlı hale gelmemiş olabilir ve patojen mikroorganizma içerebilir. Bu durum özellikle, termofilik bölgeye göre düşük sıcaklık aralıklarında çalışan (mezofilik ve psikrofilik) reaktörler için geçerlidir. Anaerobik fermente gübrenin risk teşkil etmeyecek düzeyde stabil hale gelebilmesi için, çoğunlukla sanitasyon işlemi yapılmaktadır. Avrupa Birliği sanitasyon standardına göre reaktörden çıkan gübrenin, 70°'de 1 saat sürekli karıştırılmalı tankta işlem görmesi gerekmektedir (Colleran, 2000; Törnwall et al., 2017). Sanitasyon işleminin dezavantajı, uygulanan sıcaklık ile amonyak formunda N gübreden uzaklaşmaktadır. Bu kaybın daha sonra anaerobik fermente gübreye amonyum sülfat eklenerek telafi edilebileceği belirtilmektedir (Törnwall et al., 2017). Bu tür durumlarda anaerobik fermente gübrenin içeriği zenginleştirilerek de kullanılabilir (El-Hadidi and Al-Turki, 2007).

2.3.2 Anaerobik Fermente Gübrenin Kullanım Alanları

Biyogaz reaktöründe kütle denklığı incelendiğinde yüksek miktarda katı madde giderimi gerçekleşmiş ise; reaktör çıkışında kütlelerin %96-98'e indiği, ancak genel olarak kütlelerin %94 civarında olduğu görülmektedir (Kaparaju and Rintala, 2008; Koçar et al. 2010). Genellikle %6'dan daha düşük katı madde oranı olan fermente gübre elde edilmektedir. Bu durumda katı ve sıvı faz dekantör ya da seperatör ile ayrılarak ayrı ayrı kullanılabilir (Bauer et al., 2009) (Tablo 2.2). Ayırma işleminden sonra katı ve sıvı fazda N, P, K ve C içeriği değişiklik göstermektedir. Ayırma işleminin avantajları; ayrı ürünlerin farklı şekillerde değerlendirilebilmesi, depolama ve nakliyyede kolaylık sağlasa da bu işlemin en önemli dezavantajı, enerji harcama zorunluluğudur.

Tablo 2.2: Seperasyondan sonra katı ve sıvı faz (Bauer et al., 2009).

	Sıvı Faz	Katı Faz
Kütle	%79.2	%20.8
KM	%38.2	%61.8
UK	%42	%58
Kül	%56.3	%43.7
N	%68.6	%31.5
P	%48.5	%51.6
K	%71.8	%28.1
C	%35.8	%64.2

Anaerobik fermente gübrenin, bitki besin maddeleri ve organik içerik yönünden zengin, tarımsal üretimde kullanılabilir bir ürün olduğu belirtilmektedir (Koçar et al. 2010; Islam, et al. 2010; Fang-Bo et al. 2010; Al Seadi et al. 2013; Yadav and Garg. 2016). Biyogaz sisteminden elde edilen bu gübrenin, organik içeriği (hümik asit vs.) zengin olduğu için toprak yapısını

düzenlediği ve buna bağlı olarak ürün verimliliğini artırdığı bilinmektedir. Humik asit uygulamasının bitkilerde besin maddesi alınımını arttırdığı ve metal alınımını kısıtladığı görülmüştür (Haghighi et al., 2013; Rizwan et al., 2017). Arazi koşullarında ve topraksız bitki yetiştiriciliğinde gübre olarak, hastalık ve zararlı kontrolünde biyo-ürün olarak, topraksız bitki yetiştiriciliğinde substrat olarak kullanım alanları bilimsel çalışmalar ile desteklenmektedir. Ayrıca, büyük-küçük baş ve kümes hayvanları yetiştiriciliğinde, su ürünleri yetiştiriciliğinde ve alg üretiminde de kullanılabilir.

2.3.2.1 Arazi Koşullarında Bitkisel Üretimde Gübre Olarak Kullanımı

Warnars ve Hivos (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, sulu tarım faaliyetinde hektara 10-20 ton, kuru tarım faaliyeti sürdüren alanlarda ise hektara 5 ton fermente kullanıldığında ürün verimliliğinin %25 arttığı gözlemlenmiştir. Fang-Bo et al. (2010) konsantre hale getirilmiş anaerobik fermente gübre uygulamasının toprak aktivitesi parametreleri ve domates bitkisinin kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Kimyasal gübre (NPK 15-15-15) ve konsantre hale getirilmiş anaerobik fermente gübre uygulamaları karşılaştırıldığında, konsantre hale getirilmiş anaerobik fermente gübre uygulaması yapılan bitkilerde; 16 farklı aminoasit, protein, β -karoten, çözünebilir şeker, C vitamini ve tanenler diğer uygulamalara göre yüksek çıkmıştır. Ayrıca toprak aktivitesi parametreleri incelendiğinde; anaerobik fermente gübre uygulanan bitkilerde kimyasal gübreye göre, rizosfer bölgesinde özellikle bakteri popülasyonunun neredeyse 2 katı olduğu görülmüştür.

Domates yetiştiriciliğinde, 100 ve 200 mg $\text{NH}_4\text{-N kg}^{-1}$ oranlarında anaerobik fermente gübre uygulamasının, kontrol ve kimyasal gübre uygulamasına göre biyokütle açısından daha yüksek olduğu görülmüştür (Min et al., 2011). Ferdous et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, anaerobik fermente gübre ve sentetik gübrenin birlikte kullanımının domates bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda anaerobik fermente gübre ve sentetik gübre kombine edildiğinde bitkisel üretimin, arttığı ve ekonomik performansının da daha iyi olduğu görülmüştür. Sürdürülebilirlik açısından anaerobik fermente gübre ve sentetik gübrenin birlikte kullanımı önerilmektedir. Bir diğer çalışmada ise,

anaerobik fermente gübre su ile seyreltilerek kullanılmıştır. Deney bifttek bitkisi olarak bilinen *Perilla frutescens* ile yapılmıştır. Deney sonunda bitkide; biyokütle oranı, Mg içeriği ve fotosentez etkinliği bakımından 1:2 (v:v) oranında anaerobik fermente gübre kullanımının en iyi değerleri gösterdiği belirtilmiştir (Xu et al. 2013).

Garg et al. (2005), *Triticum aestivum* üretiminde kül ve sıvı anaerobik fermente gübre uygulamasının, verimi pozitif yönde etkilediğini belirtmektedirler. Yaraşır (2018), üç farklı mineral azot gübre dozu (0, 9, 18 kg/da) ve beş farklı doz sıvı anaerobik fermente gübre uygulamasının (0, 1, 2, 3, 4 ton/da) ile bunların kombinasyonlarının buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde verim ve kalite üzerine etkilerinin yanı sıra ve anaerobik fermente gübrenin tarımsal üretimde kullanılmasının toprak verimliliğine etkileri de incelemiştir. Mineral azot ve sıvı anaerobik fermente gübre dozlarının tarla çıkış sayıları üzerine istatistiksel bir etkisi bulunmadığı belirtilmiştir. Uygulamalarda yüksek düzeyde sıvı anaerobik fermente gübrenin kaymak tabakası oluşumunu artırabileceği görülmüş ve bu durumun engellenmesi için sıvı anaerobik fermente gübre uygulamasının ekim işlemlerinden en az birkaç gün önce uygulanması önerilmiştir. Çalışma sonunda sonuçlar değerlendirilmiş ve anaerobik fermente gübrenin buğdayda tane verimi ve tane kalitesi ile toprak sağlığı ve sürdürülebilirliği üzerine olumlu bir etkisinin olduğu belirtilmiştir. Söz konusu sıvı anaerobik fermente gübrenin özellikle toprak verimliliğinin korunmasında ve geliştirmesinde alternatif organik gübre olarak kullanılabilmesi değerlendirilmektedir. Şartlan (2013) çalışmasında, aerobik hayvansal kompost ve anaerobik fermente gübrenin farklı dozlarda mısır (*Zea mays* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) yetiştirilen toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan etkisini incelemiştir. Organik karbonun bir fraksiyonu olan biyokütle karbonunun önemli derecede etkilendiği gözlenmiştir. Buna bağlı olarak, β -glukozidaz enzimi, organizmaların karbonu kullanma yeteneğini gösterme özelliğinden yola çıkılarak, anaerobik fermente gübre uygulanan topraklarda organik karbonun kullanımının ve mineralizasyonunun arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Koçar (2008; 2012) çalışmalarında, anaerobik fermente gübrenin enerji bitkileri yetiştiriciliğinde (kolza) kullanımını önermiştir.

2.3.2.2 Topraksız Kültür Uygulamalarında Gübre Olarak Kullanımı

Ronga et al. (2019), hidroponik sistemde, bebek marul yetiştiriciliğinde katı ve sıvı anaerobik fermente gübrenin kullanımının mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Hem ekonomik açıdan hem de bitki kalitesi açısından uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Endo et al. (2016), hidroponik kültür bitki yetiştiriciliğinde kullanılmak üzere anaerobik fermente gübreye 80°C’de pastörizasyon ve 0.2 mm filtre işlemi uygulamışlardır. Elde edilen bulgulara göre, ısı uygulaması NH_4^+ ’ın NO_3^- ’e dönüşümüne neden olmuş ve pH’ı düşürdüğü bildirilmiştir. Bu nedenle, hidroponik kültürde besin çözeltisinde anaerobik fermente gübrenin kullanımı için membran filtrasyonu önerilmiştir. Liu et. al. (2011) ise, fermente gübre kullanımının hidroponik ortamda marul yetiştiriciliğinin mümkün olduğunu belirtmiştir.

Anaerobik fermente gübre, farklı yöntemler ile kurutulmuş katı ortam kültüründe kullanılabilir bir materyaldir (Ehmann et al. 2019). Domates bitkisi ile yapılan Koçar ve ark. (2018) çalışmasında, fide üretim aşamasında substrat karışımında kurutulmuş anaerobik fermente gübre kullanılmıştır. Bu çalışmada kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, anaerobik fermente gübrenin kullanıldığı uygulamada çimlenme oranında %8’lik bir artış olduğu belirtilmiştir. Zhang et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, anaerobik fermente gübre kurutulmuş ardından perlit, vermikulit, aktif karbon gibi farklı bitki yetiştirme ortamları ile karıştırılmıştır. Denemede domates bitkisinin fide büyüme parametreleri incelenmiştir. Sonuç olarak, sürdürülebilir bir kaynak olan anaerobik fermente gübrenin, fosil bir kaynak olan torfa karşı alternatif substrat olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir. Başka bir çalışmada anaerobik fermente gübrenin %20 oranında kompost ile karıştırılarak, saksı toprağı olarak kullanıldığında bitki yetiştiriciliğinde olumlu etkisinin olduğu bildirilmiştir (Van, 2012).

2.3.2.3 Tohum Ön İşlem Uygulamalarında Kullanımı

Anaerobik fermente gübre içerisindeki alınabilir formda olan besin maddeleri, tohum ön işlem uygulamalarında, absorpsiyon ve ozmos ile birlikte tohum içerisine alınarak embriyo ve endospermdeki enzimlerin aktif hale gelmesi ile çimlenmeyi teşvik etmekte ve büyüme sürecini uyarmaktadır (Feng et al.,

2011). Zhao et al. (2014) çalışmasında, anaerobik fermente gübre tohum (*Vicia faba*) ön işleminde kullanmıştır. Çalışma sonunda; anaerobik fermente gübredeki mineral içeriğinin yüksek olduğu, çimlenme ve fide büyümesinde pozitif etki ettiği görülmüştür. Ancak tohum ön işleminde kullanımı ve uygulama oranı bitki türü fermente gübre içeriğine göre açısından değişkenlik göstermektedir (Ramana et al., 2002).

2.3.2.4 Zararlı ve Hastalık Kontrolünde Kullanımı

Anaerobik fermente gübrenin zengin besin içeriği ile hastalık ve zararlı kontrolünde de kullanılabilceği düşünülmüş ve bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Mevcut çalışmalar anaerobik fermente gübrenin 13 bitkide; 23 çeşit hastalık ve 14 farklı zararlı kontrolünde kullanılabilceğini göstermiştir (Feng et al., 2011). Kupper et al. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, anaerobik fermente gübre ile aerobik fermente gübrenin narenciye siyah leke hastalığına etkileri incelemiştir. Çalışma sonunda anaerobik fermente gübrenin özellikle tarımda kullanılan bakır oksidin yerini alabilecek alternatif bir biyofungusit olabileceği belirtilmiştir. Zararlı ve hastalık kontrolünde anaerobik fermente gübrenin uzun süreli kullanımında çevre kirliliği yaratmayacağı düşünülmektedir.

2.3.2.5 Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kullanımı

Balasubramanian ve Kasturi Bai (1994) çalışmasında, balık yetiştiriciliğinde %0.15 konsantrasyondaki anaerobik fermente gübre, konvansiyonel üretim ve kontrol uygulamaları karşılaştırılmıştır. Buna göre birim alanda biyokütle oranının fermente gübre uygulamasında, kontrole göre yaklaşık 9.5 kat, konvansiyonel üretime göre yaklaşık 3.5 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

2.3.2.6 Diğer

Muz atıklarının anaerobik fermentasyonu sonucu elde edilen anaerobik fermente gübreden, bitki yetiştiriciliği için kompost ve endüstriyel kullanıma uygun fiber üretiminin mümkün olduğu belirtilmiştir (Chanakya and Sreesha, 2012). Anaerobik fermente gübrenin belirli işlemlerden geçirilerek FAO

standartlarına uygun sulama suyu elde edilebileceği üzerinde durulmaktadır (Świątczak et al., 2018). Ehmman et al. (2019) tarafından, biyogaz tesisinden fazla miktarda anaerobik fermente gübre elde edilmesi durumunda, bu gübrenin fosfat tuzlarına dönüştürülebileceği belirtilmektedir. Enock et al. (2018) anaerobik fermente gübrenin pirolizi ile karbon sentezi gerçekleştirmişlerdir. Anaerobik fermente gübrenin karbon kaynağı olarak kullanılması durumunda, anaerobik fermente atıktan süperkapasitör elektrot malzemesi üretilebileceği görülmüştür (Enock et al., 2017). Anaerobik fermente gübrenin, tarımsal amaçlı kullanılmasının sakıncalı olduğu durumlarda pelet, briket gibi materyallere dönüştürüldükten sonra yine enerji ya da karbon kaynağı üretimi amaçlı farklı proseslerde değerlendirilerek kullanılabilmesi belirtilmiştir (Al Seadi et al., 2013). Ancak alternatif kullanım alanları, fermente gübrenin kirletici madde içermemesi durumunda kesinlikle önerilen bir uygulama değildir. Çünkü, tarımsal açıdan oldukça kıymetli ve değerlendirilmesi gereken üründür.

2.3.3 Anaerobik Fermente Gübrenin Önemi

Biyogaz tesisleri besin ve karbon döngüsünü sağlayan, aynı zamanda atık malzemelerden değer yaratan bir fabrika olarak tanımlanmaktadır (Arthurson, 2009; Theuerl et al., 2019). Anaerobik fermentasyon ile farklı kökenli organik atıkların değerlendirilebilmesi sürdürülebilirlik açısından avantaj yaratırken, proses sonunda katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesi ile finansal kazanç sağlanabilmektedir (Fagerström et al., 2018).

2.3.3.1 Ekonomik Açıdan Önemi

Anaerobik fermente gübre, sürdürülebilir tarım faaliyetleri açısından için kaliteli bir üründür (Kumar et al., 2015). Anaerobik fermente gübrenin elde edilebilmesi için biyogaz sistemine ihtiyaç vardır. Bu sistem için teknik bilgi ve beceri gerekmektedir. Bu kapsamda biyogaz kooperatiflerinin özellikle tarımsal faaliyet gösteren üreticiler ile iş birliği içinde olması, gübrenin elde edilmesi ve doğru şekilde kullanımının sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Yazan et al., 2013).

Anaerobik fermente gübrenin istihdam yaratma potansiyeli oldukça yüksektir. Gübre reaktörden çıktıktan sonra işlem görmesi, satışa hazır hale getirilmesi, satışa sunulması ve son kullanıcının eline ulaşması sürecinde iş gücüne ihtiyaç vardır (Yazan et al., 2013). Bu iş gücü ise istihdam anlamına gelmektedir.

Anaerobik fermente gübrenin en büyük avantajlarından biri, özellikle kırsal alanlarda yerinde değerlendirilebiliyor olmasıdır. Bu şekilde ulaşım maliyeti minimuma düşmektedir. Vaneeckhaute et al. (2018) kırsal kesim için küçük ölçekli biyogaz sistemlerinin hem sosyal hem de ekonomik olarak faydalı olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca anaerobik fermente gübre kullanımı ile sentetik gübre girdisi de azalmaktadır. Bu da tarımsal üretimde maliyetlerin azaltılması anlamına gelmektedir.

2.3.3.2 Çevre Açısından Önemi

Anaerobik fermente gübre ve ham hayvansal gübre karşılaştırıldığında, reaktörün çalışma sıcaklığına göre değişkenlik göstermek ile birlikte, anaerobik fermentasyon sonrasında, insan ve hayvan sağlığı açısından ciddi risk oluşturan patojen mikroorganizma popülasyonlarının inaktif hale geldiği bilinmektedir (Bicudo and Goyal, 2003; Watcharasukarn et al., 2019). Tarımsal açıdan değerlendirildiğinde ise gübrenin içerisindeki, bitkisel üretimde risk oluşturabilecek parazitlere ait yumurtalar, larvalar ve nematodlar da biyogaz reaktöründe inaktif hale gelmektedir (Colleran, 2000; Bicudo and Goyal, 2003). Organik atıklarda koku ve emisyon kaynağının nedeni olarak, uçucu organik bileşikler gösterilmektedir. Bunlar; ketonlar, alkanlar, asitler, alkoller, terpenler, hidrojen sülfid ve amonyaktır (Hjorth et al., 2008; Orzi et al., 2010). Anaerobik fermentasyon ile hayvansal atıktaki amonyak kaybı kontrol altına alınmakta ve uçucu organik bileşikler elimine edilmektedir (Pain et al., 1990; Varel et al., 2012). Gübre içerisinde hayvansal ilaç kalıntılarının bulunması önemli bir çevresel sorun olarak kabul edilmektedir. Gübrenin içerisindeki ilaç kalıntıları, su ve karasal organizmalar üzerindeki antibiyotiğe direnç geliştirmekte ve bu organizmaların potansiyel gelişimini etkilemektedir. Hayvansal yem katkı maddelerinden biri olan monensin ve hayvansal antibiyotik etkin maddesi klorotetrasikline miktarlarının

anaerobik fermente gübrede ham gübreye daha az miktarda rastlandığı bildirilmektedir (Varel et al., 2012).

Sentetik ve fosil kaynaklı gübreler ile karşılaştırıldığında, anaerobik fermente gübrenin çevre dostu olduğu üzerinde durulmaktadır (Kumar et al., 2015). Anaerobik fermente gübrenin üretimi sırasında sera gazı salınımı olmamakta ve yer altı su kaynakları kirletilmemektedir (Tiwary et al., 2015). Örneğin: 1 ton sentetik gübre ve 1 ton anaerobik fermente gübre karşılaştırıldığında; 1 ton sentetik gübre üretimi için, 1 ton petrol, 108 ton su harcanmakta ve 7 ton CO₂ emisyonu ortaya çıkmaktadır (European Biogas Association, 2016). Bir diğer açıdan bakıldığında ise anaerobik fermente gübre sentetik gübreye göre çok düşük miktarda ağır metal içeriğine sahiptir ve anaerobik fermente gübrenin kimyasal gübre kullanımını %15-25'e kadar azaltabileceği düşünülmektedir (Kumar et al., 2015).

2.3.4 Anaerobik Fermente Gübre Kullanımının Riskleri

Biyogaz reaktörüne giren organik madde kaynağı, reaktörden çıkacak olan anaerobik fermente gübre içeriğini etkilediği için oldukça önemlidir. Örneğin şehir atıkları ve kanalizasyon atıkları, biyogaz sisteminde değerlendirildiğinde çıkan atığın içerisinde ağır metal ve kirletici faktörlerin (Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, As, Ba, Ni, Co, Mn, Pt, Sb) yoğun olduğu görülmüştür. Diğer yandan hayvansal ve bitkisel hammadde kullanılan biyogaz sistemlerinden çıkan anaerobik fermente gübrede de, ağır metal problemi görülebilir (Coelho et al., 2018). Çünkü yetiştiricilik sırasında kullanılan yem ve hammaddeler atığın içeriğini belirlemektedir (Ma et al., 2013). Anaerobik fermente gübrenin ağır metal içermesi durumunda tarımsal üretimde kullanılması önerilmemektedir. Çevre problemlerine ve üretimde olumsuzlukların görülmesine neden olabilir. Anaerobik fermente gübre kullanımı konusunda uzun vadede, toprak yapısı, yer altı suları ve tarımsal üretim üzerine olumsuz etkileri ile ilgili endişeler mevcuttur. Ayrıca gübrenin yüksek miktarda ve bilinçsizce kullanımında, özellikle benzer ürünlere göre zengin N ve P içeriği açısından potansiyel kirlilik kaynağı olabileceği düşünülmektedir (Nkoa, 2014).

Anaerobik fermente gübrenin kontrolsüz kullanımı sonucunda bitkisel üretimde fitotoksik etki görülebilir. Tohum ekim zamanı ile gübre uygulanacak

zamanın çakışmaması önerilmektedir. Çünkü gübre konsantrasyonu yüksek olduğunda tohum gelişimini etkileyerek, çimlenmeye negatif etki edebilmektedir (Zhao et al., 2014). Bu olumsuz etkinin EC değeri ile alakalı olduğu ve gübre konsantrasyonunda seyreltme ya da ekim zamanı kontrolü ile çözülebileceği düşünülmektedir (Coelho et al., 2018). Arazi uygulamalarında toprak üzerinden uygulandığında yüzeyde kaymak tabakası oluşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle toprak altı uygulamalar da önerilmektedir (Kocar, 2008).

Gübrenin mikrobiyal içeriği ve yoğunluğu; canlılar için risk oluşturabilecek patojen mikroorganizmalar ile çeşitli hastalık etmenlerinin bulunma olasılığı nedeni ile önemlidir (Goberna et al., 2011; Westerholm et al., 2018). Salgın hastalığın ortaya çıkmasına neden olabilir (Zhao et al., 2013; Nkoa, 2014; Coelho et al., 2018). Gübrenin reaktörde organik olarak istenen derecede ayrışması durumunda biyolojik oksijen ihtiyacı yüksek olmakta ve sera gazları salımı da gerçekleşebilmektedir. Bu durum da evre açısından sakıncalı olarak değerlendirilmektedir.

2.4 Marul Yetiştiriciliği

Marul bitkisi (*Lactuca sativa* L.), Compositae (Asteraceae) familyasının *Lactuca* cinsine bağlı, tek yıllık serin iklim sebzesidir. Yetişme süresi 2-3 ay arasındadır. Marul retimi hem örtü altında hem de açık alanda yapılabilir. Marul bitkisi gübreleme uygulamalarına karşı hassastır. Yapılan çalışmalara göre marul bitkisi N'lu gübre uygulamasının etkilerini en iyi gösteren bitkilerden biridir (Filgueira, 2008).

Marul bitkisi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde;

Polat ve ark. (2001) tarafından, farklı organik gübre uygulamalarının marulda verim, kalite ve bitki besin maddeleri alımına etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, katı tavuk gübresi ile sıvı tavuk gübresinin 300 kg/da dozda uygulanması durumunda, diğer uygulamalara göre baş boyu, kök boğazı çapı, baş ağırlığı ve verim üzerindeki etkisinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak ekonomik analiz sonuçlarına göre, kimyasal gübre ile karşılaştırıldığında maliyetin yüksek bulunduğu belirtilmektedir.

Çömlekçioğlu ve ark. (2003), marul tohumlarının belirli bir süre soğukta bekletilmesinin (vernalizasyon) çimlenme, çıkış oranları ve çıkış sürelerine olumlu etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Rakıcı ve Öztokat Kuzucu (2015) tarafından yapılan bir çalışmada marul bitkisi, tohum verimi ve kalitesi yönünden organik ve konvansiyonel yetiştiricilik açısından incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, tohum verimi açısından konvansiyonel uygulamalardan elde edilen sonuçlar üstün gelirken, çimlenme oranının en yüksek organik tohum materyallerinden elde edildiği saptanmıştır. Sonuç olarak; organik yetiştiricilik ile de konvansiyonel yetiştiricilik yöntemleriyle elde edilen verim ve kalite değerlerine ulaşılabileceği ortaya konmuştur.

Sağlam ve ark. (2015), *Lactuca sativa* L. var. crispy yetiştiriciliğinde agrimol örtü ve solucan gübresinin uygulama sayısı ve dozlarının; verim, kalite ve bitki gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, agrimol örtü uygulamasının pazarlanabilir bitki ağırlığında 200 g artış sağladığı görülmüştür. Bunun sebebi ise agrimol örtünün kış aylarında kullanımı ile bitkinin gece düşük sıcaklıklardan etkilenmesi önlenmiş olduğu olarak düşünölmektedir. Sıvı solucan gübresi uygulamasında ise bitki başına 2.0 ml'den daha yüksek dozlarda, verim artışı sabit olarak gözlemlenmiştir.

Atlas ve Sümer'in (2016) çalışmasında, topraksız ortamda yetiştirilen marul bitkisinin gelişimi üzerine farklı saksı tiplerinin etkileri incelenmiştir. Çalışmada 3 farklı saksı tipi kullanılmıştır. Bunlar, delikli, bez ve düz plastik saksılardır. Araştırma sonunda marul veriminin en yüksek olduğu uygulamanın delikli saksı olduğu görülmüştür. Özellikle Akdeniz iklim kuşağındaki yetiştiricilik faaliyetlerinde bez saksılarda yetişen bitkilerin ise hem su hem de tuz yönünden olumsuz etkilenebileceği belirtilmiştir. Havalandırma özelliği nedeni ile delikli saksının bitkiyi yeni kökçükler oluşturmaya teşvik ettiği ve böylece bitki besin elementlerinin daha iyi absorbe edildiği düşünölmektedir.

İşlek ve Kuzucu'nun (2018) yapmış olduğu çalışmada, hidrojen-perlit karışımlarının *Lactuca sativa* var. crispa yetiştiriciliğinde verim ve bazı kalite

parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, hidrofilik polimer eklenen ortamların kontrolden daha düşük sayısal değerler verdiği görülmüştür. Bunun nedenleri; polimerlerin sulama ile yıkanarak saksı hacminin azalması ve hidrofilik polimerlerin besin solüsyonu ile doyduktan sonra fazla besin solüsyonunun drenaja verilmesi olarak belirtilmiştir.

Yaşarakıncı ve Hıncal (1997) tarafından, İzmir’de örtü altı yetiştiriciliğinde zararlı ve yararlı türler üzerine yapılan bir çalışmada; marul bitkisinde, sera beyaz sineği (*T. vaporariorum*), yaprak galeri sineği (*Phytophthora horticola* Goureal), iki noktalı kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae* Koch), yaprak biti (*Uroleucon cichorii* Coch.), *Autographa gamma* Linn. ve tür tespiti yapılamayan salyangoz görülmüştür. Bu zararlıların popülasyonları düşük olduğundan, herhangi bir savaşım yapılmamıştır.

2.5 Topraksız Tarım, Bitki Besleme ve Katı Ortam Kültürü

Topraksız tarımın yaklaşık 4000 yıl kadar geçmişi olduğu düşünülmektedir. Mısır’da duvar resimlerinde topraksız tarımın yapıldığına dair tasvirler olduğu görülmüştür (Neville, 1913). 17.yüzyılda ise farklı iklimlerde yetişebilecek bitkilerin saraylara topraksız ortam ile ulaştırıldığı, yetiştirildiği ve denemelerin kurulduğu bilinmektedir (Raviv and Lieth, 2008). İlerleyen zamanlarda ise bitki besin maddesi ihtiyaçlarının belirlenmesi için kontrollü deneyler kurulmuş ve topraksız tarım ile ilgili daha geniş bilgiye sahip olunmuştur. Diğer yandan bitkisel üretim yapılan toprakların yanlış uygulamalar sonucu verimsizleşmesi, şehirlerin artarak kırsal alanlara kadar ulaşması ve insan nüfusunun artması ile gıda ihtiyacının da artması topraksız tarım faaliyetlerinin gelişmesinde oldukça etkili olmuştur. Bu kapsamda, topraksız tarım yaygınlaşmaya başlamıştır. Günümüzde birçok sebze ve meyve çeşidinin topraksız ortamda ticari olarak yetiştirilmesi mümkündür.

Bitkiler, inorganik besin maddelerini alarak bünyelerinde organik molekül bileşenlerini sentezleyebilen ototrof organizmalardır. Çoğunlukla kökler aracılığı ile alınan besin maddeleri büyüme ve gelişme için zorunludur. Besin maddelerinin bitkide; pigment, lipit, nükleik asit ve enzim kofaktörleri gibi organik maddelerin yapısına dahil olmasına besin özümlemesi adı verilmektedir. Bitkinin besin

özümlemesi için ihtiyacı olan besinler yapay koşullarda sağlanarak yetiştiricilik yapmak mümkündür. Bu şekilde yapılan yetiştiriciliğe topraksız bitki yetiştiriciliği adı verilmektedir ve iki farklı teknik ile yapılabilir. Birincisi yapay toprak koşullarının sağlanması ile oluşturulan ortam; bazı kaynaklarda katı ortam kültürü veya substrat kültürü gibi terimler kullanılmaktadır (Raviv and Lieth, 2008). İkincisi ise su kültürüdür. İki tekniğin farkı; katı ortam kültüründe kökler torf, kaya yünü, perlit vs. gibi materyallere tutunur ve bu şekilde bitki besleme solüsyonu ile beslenir. Su kültüründe (hidroponik) ise kök gövdesi için bir destek materyali vardır ve kökler ya tamamen ya da kısmen besin solüsyonu eklenmiş su ile temas halindedir. Su kültürü ise akan su kültürü, durgun su kültürü, aeroponik kültür olmak üzere 3 farklı teknik ile uygulanmaktadır.

2.6 Kimyasal Gübrelerin Zararları

Son yıllarda fosfatlı gübrelerin aşırı tüketimi, tarım alanlarında herbisitlerin ve tarım ilaçlarının kullanılması gibi antropojenik faaliyetlerin artması bitkisel üretim açısından dünya çapında kaygıya yol açmaktadır (Rizwan et al., 2017). Özellikle ağır metaller, bitki kökleri tarafından kolayca alınır ve sürgünlere taşınır (Saidi et al., 2014; Wang et al., 2019).

Şensoy ve ark. (1996), aşırı kimyasal gübreleme ile bitki bünyesinde insan sağlığına zararlı olan nitrat birikiminin oluştuğunu, kontrol ile karşılaştırıldığında, organik kökenli gübrelerin bitkilerde nitrat içeriğini önemli oranda değiştirmediklerini bildirmişlerdir.

Atılğan ve ark. (2007), Antalya bölgesindeki seralarda gübre uygulamaları ile ilgili inceleme yapılmıştır. Bu çalışmada, organik gübre ile 50 kg/da'dan fazla ($N+P_2O_5+K_2O$) kimyasal gübre kullanıldığı tespit edilmiştir. Üreticilerin %61'inin Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan gübre miktarı ile paralel düzeyde, ancak %39'unun ise, 51-75 kg/da ve bunun üzerinde gübre kullandığı belirlenmiştir. Bu miktarın, Türkiye ortalamasının 10 katından daha fazla olduğu üzerinde durulmaktadır.

2.7 Tohum Ön İşlem Uygulamaları

Bitkisel üretim ele alındığında tohum çimlenmesi, özellikle sebze yetiştiriciliği açısından ilk aşamada (Perry, 1984) verim ve kalite unsurlarına direk etki eden önemli bir faktördür (Dutta, 2018). Tohum çimlenmesi ile ilgili (çevresel, içsel) negatif durumlar söz konusu olabilmektedir. Bunun sonucu olarak ise verim ve kalite de olumsuz etkilenmektedir. Bu durumda tohumun çimlenme ve fide çıkış performansı çeşitli ön işlem uygulamaları ile arttırılabilmektedir (Kenanoğlu, 2016). Bu uygulama metotlarından bazıları; tohum ıslatma ön işlemi (Pill and Necker, 2001), ozmotik ön işlem, inorganik tuz solüsyonu ile ön işlem (Eleiwa, 1989; Sallam, 1999), kimyasal ön işlem, hormonal ön işlem, katı ortam ön işlemi, biyolojik ön işlem, besin maddesi ile ön işlem, sıcaklık ön işlemi, fiziksel ön işlem ve nano ön işlem olarak örnek verilebilir. Uygulamaları birbirinden ayıran faktör ise kullanılan uygulamadaki aracı maddelerdir (Dutta, 2018; Nawaz et al., 2013)).

Marul (*Lactuca sativa* L.) tohumlarında çimlenmeye etki eden faktörlerin; bitki büyüme düzenleyiciler, ışık, sıcaklık ve su dahil olmak üzere birçok iç ve dış etkenler olduğu bilinmektedir (Weges, 1987; Dutta ve Bradford, 1994). İç ve dış etkenlerin çimlenmeye olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu olumsuz etkiler farklı yöntemlerle minimuma indirilerek çimlenme aktivitesi yükseltilebilmektedir. Örneğin Hela et al. (2012), GA₃ uygulaması ile çimlenmenin arttığını gözlemlemişlerdir. Diğer bir örnek ise, guava tohumu ekstraktı ile marul tohumunun çimlenme ve kök büyüme parametrelerinde olumlu sonuçlar alınmıştır (Brown et al. 1983; Chapla and Campos 2010). Ayrıca Cantliffe et al. (1981) yapmış olduğu çalışmada, ön işlemin karanlık koşullarda yapılması ile en iyi sonuçların elde edildiğini bildirmişlerdir. Zhao et al. (2014) çalışmasında, anaerobik fermente gübreyi, tohum (*Vicia faba*) ön işleminde kullanılmıştır. Çalışma sonunda anaerobik fermente gübrenin mineral içeriğinin yüksek olduğu, çimlenme ve fide büyümesinde pozitif etki gösterdiği belirtilmektedir.

Amilaz, proteaz, lipaz gibi bazı enzimler tohumda embriyo gelişimi ve büyümede hayati rol üstlenirler. Bu enzimlerin aktivitesindeki artış çimlenmede artışa neden olabilmektedir. Tohum ıslatma ön işlemi, tohum metabolik

aktivitesinin teşvik edilmesi için kökçük çıkışına izin vermeden tohumun sıvı içerisinde bir süre bekletilmesi olarak tanımlanmaktadır (Heydecker and Gibbins 1978). Bu uygulama ile tohumun içerisindeki enzimlerin aktivasyonu ile çimlenmeyi arttırıcı metabolitlerin oluşması sağlanarak çimlenme için depo edilmiş besin maddeleri kullanıma hazır hale getirilmektedir (Demir et al. 1994; Basra et al. 2005). Tohum ön ıslatma işlemi, en önemli fizyolojik metotlardan biridir. Bu işlem ile daha hızlı, kaliteli ve bir örnek çimlenme elde edilebilir (Bradford, 1986). Tohum ıslatma ön işlemi ile çimlendirme süresi kısaltılarak, kuraklık stresine karşı kullanılabilir (Nawaz et al., 2013). Tohum ıslatma ön işlemi, tohum ekimi ve fide ortaya çıkışı arasındaki süreyi azaltmak ve fidelerin bir örnek çıkışını sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Parera and Cantliffe, 1994).

Anaerobik fermente gübrenin tohum çimlendirme ortamı olarak kullanımına yönelik yapılan çalışmada, çimlenme parametreleri değerlendirildiğinde anaerobik fermente gübre birtakım işlemlerden geçirilerek toplam amonyum azot miktarı düşürülmüş ve fitotoksisite testi yapılmıştır. Bunun sonucunda işlem görmüş gübrenin aynı konsantrasyonda olan işlem görmemiş anaerobik fermente gübreye göre tohum çimlenme oranını arttığı saptanmıştır. Bu demektir ki, amonyum N içeriği çimlenmeye etki etmektedir (He et al., 2017). Organik gübrelerin C/N oranının yüksek olması durumunda, tohum çimlenmesine fitotoksik etki gösterdiği bilinmektedir (Zandvakili et al., 2019). Bu kapsamda C/N oranı yüksek olan anaerobik fermente gübrenin dezavantajı ortaya çıkmaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Yeri ve Koşulları

2018-2019 yılları arasında gerçekleştirilen bu çalışma, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Merkezi'nde yürütülmüştür. Tohum çimlendirme çalışması; SI-BSD-100 inkübatörde, fide gelişimi; Binder-720 bitki yetiştirme kabininde gerçekleştirilmiştir. Fide gelişimi optimum seviyeye (4-5 yapraklı) ulaştığında ise bitkiler seraya alınmışlardır. Bitkiler hasat dönemine kadar; iklimlendirme özellikli, galvanize konstrüksiyonlu, uzunluğu 15 m ve genişliği 6 m olan 90 m²'lik, UV+IR katkılı PE ile kaplı üçgen çatılı plastik serada yetiştirilmişlerdir (38°27'48.0"N 27°14'21.7"E).

Çalışma ili olan İzmir için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1938-2017 yılları arasındaki en yüksek ve en düşük sıcaklık verileri incelenmiştir (Tablo 3.1). Bu verilere göre; yıl boyunca en düşük sıcaklık Ocak ayı içerisinde -8.2°C, en yüksek sıcaklık ise Ağustos ayında 43°C olarak belirlenmiştir. Marulun bir serin iklim bitkisi olduğu bilinmektedir ve gelişme dönemi olarak ilkbahar mevsimi seçilmiştir. Yetiştiricilik iklim kontrollü serada gerçekleştirilmiştir. Gündüz yüksek sıcaklar söz konusu olduğunda, sıcaklığın düşürülmesi için sera kapakları ve cooling pad kullanılmıştır. Gece düşük sıcaklıklar söz konusu olduğunda ise ısıtma için ise fan kullanılmıştır.

Tablo 3.1: 1938-2017 yılları arasında İzmir il ve ilçeler için sıcaklık değerleri (MGM, 2018)

İZMİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.7	9.5	11.6	15.8	20.7	25.5	28.0	27.6	23.6	18.7	14.0	10.0	17.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.3	13.5	16.1	20.8	26.0	30.6	33.1	32.9	29.1	23.9	18.4	14.0	22.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.7	6.1	7.5	11.0	15.3	19.7	22.3	22.2	18.5	14.5	10.6	4.1	13.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.2	5.1	6.4	7.9	9.8	11.5	12.2	11.9	10.1	7.5	5.5	4.1	96.2
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	27.0	30.5	32.5	37.6	41.3	42.6	43.0	40.1	36.0	30.3	25.2	43.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-8.2	-5.2	-3.8	0.6	4.3	9.5	15.4	11.5	10.0	3.6	-2.9	-4.7	-8.2

3.2 Kullanılan Materyaller ve Özellikleri

Çalışmada bitki materyali olarak Yedikule marul çeşidi (*Lactuca sativa* var. Longifolia) seçilmiştir. Marul bitkisinin seçilme nedenleri;

- Dünyada ve ülkemizde marul yetiştiriciliğinin yaygın olması, (Tarım ve Orman Bakanlığı 2017 yılı verilerine göre, toplam örtü altı bitkisel üretim miktarı 7 383 880 ton' dur. Bu değer 115 303 ton'u marul yetiştiriciliğinden elde edilmektedir.)
- Gübre uygulamasına duyarlı bir bitki olması ve sonuçların daha net alınabileceğine kanaat getirilmesidir.

Çalışmada kullanılan Yedikule-5701 çeşidine ait marul tohumları (Şekil 3.1), Bursa Tohumculuk A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Temin edilen tohumlar standart sebze tohumlarıdır ve firma tarafından asgari tohumluk şartlarına uygun olduğu belirtilmiştir. Tohumlar 2018 yılında hasat edilmiş ve paketlenmiştir.



Şekil 3.1: Marul tohumu

Fide gelişimi ve sera aşamasında, Klasman-Deilmann GmbH TS-1 marka torf (Şekil 3.2 (sol)) ve Ege Perlit firmasına ait bitki yetiştiriciliğine uygun perlit kullanılmıştır (Şekil 3.2 (sağ)). Perlit, bitki yetiştirme ortamında drenajı sağlamak için kullanılan, bitkinin kök gelişimini pozitif yönde etkileyen, volkanik kökenli camsı ve asidik bir kayadır.



Şekil 3.2: Torf (sol), Perlit (sağ)

Fide yetiştiriciliği için 20 ml hacimli 64'lü plastik viyoller kullanılmıştır. Serada yapılan yetiştiricilik için 2 lt'lik plastik saksılar seçilmiştir. Bunun nedeni; marul bitkisinin kökleri yüzeye yakındır (kök derinliği 0,3-0,5 m) (Allen et al. 1998). Ayrıca Escarabajal–Henarejos et al. (2015) yaptıkları bir araştırmada, marul kök uzunluğunun bahar dönemi yetiştiriciliğinde yaklaşık 20,2 cm, güz döneminde ise yaklaşık 28,5 cm olduğunu belirtmişlerdir.

Fermente gübrenin kimyasal gübre uygulaması ile karşılaştırılabilmesi amacıyla fide üretiminde yaygın kullanılan 15-15-15 NPK (15% N, 15% P₂O₅, 15% K₂O), kimyasal gübre tercih edilmiştir. *Gübretaş Fabrikaları A.Ş.*'den temin edilen gübrenin özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Gübre, ±20°C'de güneş görmeyen ve kuru ortam koşullarında saklanmıştır.

Tablo 3.2: 15-15-15 kimyasal gübrenin elementel içerik oranları

İçerik	Kütlece (w/w) %
Toplam N	15
N-NH ₃	5
N-NO ₃	10
Suda çözünen P ₂ O ₅	15
Suda çözünen K ₂ O	15
Suda çözünen Cu (EDTA)	0,02
Suda çözünen Fe (EDTA)	0,05
Suda çözünen Mn (EDTA)	0,02
Suda çözünen Zn (EDTA)	0,02

Not: Cu, Mn, Zn EDTA şelatlarının stabil oldukları pH aralığı=5.5-9; Fe EDTA şelatının stabil olduğu pH aralığı=4-7

Anaerobik fermente gübre, 3.7 MW elektrik üretim kapasiteli, termofilik sıcaklık aralığında çalışan Altaca (Balıkesir-Gönen) Biyogaz Tesisi'nden (40°09'08.9"N 27°38'36.1"E) temin edilmiştir. Tesiste biyogaz üretiminde kullanılan materyaller; tavuk çiftliği atıkları, büyükbaş hayvan atıkları, pirinç kavuzu ve sapları, süt fabrikası atıkları, mezbaha atıkları, maya fabrikası atıkları olarak belirtilmiştir. Biyogaz reaktöründe hidrolik bekletme süresinin ardından sistem dışına çıkarılan fermente gübrenin katı ve sıvı kısmı dekantör/seperatör yardımı ile ayrılmaktadır. Katı kısmı ayrı bir proseste değerlendirilirken, sıvı kısmı ise kojenerasyon sisteminden elde edilen ısı ile sterilize edilerek sıvı fermente gübre olarak kullanılabilir hale getirilmektedir.

3.3 Elementel ve Kimyasal Analizler

Torf ve perlit etüvde sabit tartıma gelene kadar bekletilmiş, bütün nemi uzaklaştırılmış halde, fermente gübre ise sıvı halde iken, Leco Truspec, CHN-S, USA elementel analiz cihazı kullanılarak, ASTM D-5373 ve D-4236 standardına göre C, N, H ve S analizleri yapılmıştır. Toplam katı ve uçucu katı analizleri DIN 12880-DIN 12879 German Standards'a göre her numune için 3'er tekerrür olacak şekilde yapılmıştır.

Katı ortam kültürü hazırlanmadan önce, perlit ve torf materyallerinin pH ve EC analizleri WTW Ph/Cond 3320 marka ölçüm cihazı ile, 1:5 oranında distile su ile karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Anaerobik fermente gübre ile ticari gübrenin distile su ile uygulamalara göre uygun konsantrasyonları hazırlandıktan sonra pH ve EC analizleri yapılmıştır.

3.4 Bitki Yetiştiriciliği ile İlgili Analizler

3.4.1 Çimlendirme Denemesi ile İlgili Analizler

Kontrol grubu tohumlarının canlılık testi, *ISTA* ve *Canadian Methods and Procedures for Seed Testing*'e göre yapılmıştır. Macherey-Nagel markalı 751/60 tipindeki filtre kağıtları petrilere göre kesilmiş ve ardından 1 lt'lik saf suya 0.25 g fungusit (Bayer, Pomarsol Forte, thiram aktif madde; 80 WP) eklenerek iyice karıştırılmış ve ardından filtre kağıtları hazırlanan çözelti içerisinde yarım saat

bekletilmiştir. Yarım saatin sonunda filtre kağıtları süzdürülerek hava boşluğu olmayacak şekilde her petriye 2'şer adet yerleştirilmiştir. Tohumlar petri kaplarındaki filtre kağıtlarının üzerine 4 tekerrür ve her tekerrürde 50'şer tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Çimlendirme testi, inkübatörde 7 gün sürmüştür. 2 mm kökçük çıkışı görülen tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilerek sayım yapılmıştır. Son gün sayımından sonra çimlenme yüzdesi hesaplanmıştır. Çimlenme parametreleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

1. Ortalama Çimlenme Zamanı (Soltani et al., 2015)

$$MGT = \Sigma n \cdot D / \Sigma n$$

MGT: Ortalama Çimlenme Zamanı

Σn : Finalde çimlenen tohum sayısı

D: Çimlenme testinin başladığı gün

n: Günlük Çimlenme sayısı

2. Çimlenme Oranı (Czabator, 1962)

$$GV = \text{Final Sayımı} \cdot \text{Pik Değeri}$$

GV: Çimlenme Oranı

3. T50 (Uygulamada tohumların %50'sinin çimlendiği zaman)

4. PV (Pik değeri: max çimlenmenin olduğu gün gerçekleşen çimlenme sayısı)

5. Çimlenme Yüzdesi (%)

$$\text{Çimlenme yüzdesi: } \frac{100 * \text{toplam çimlenme sayısı}}{\text{toplam tohum sayısı}}$$

3.4.2 Fide Denemesindeki Analizler

Katı ortam kültürüne ekimi gerçekleştirilen tohumların çimlenmesi ve fide hasadı arasındaki süre içerisinde incelenen parametreler;

SPAD değeri (Klorofil içeriği): SPAD-502Plus klorofilmetre (Şekil 3.3) ile belirli periyotlarda her tekrardan tesadüfi olarak seçilen 3'er bitkide 3'er tekrar olacak şekilde klorofil içeriği ölçülmüştür.



Şekil 3.3: SPAD Klorofilmetre

Hasattan önce her tekrardan tesadüfi olarak 10'ar bitki seçilmiş ve fide kalite parametreleri incelenmiştir. Bunlar;

- **Fide gövde uzunluğu (cm):** Bitki, kök ve gövdenin birleştiği noktadan bisturi yardımı ile kesilerek gövde kısmı ayrılmıştır. Ardından cetvel yardımı (± 0.01) ile uzunluğu ölçülmüştür.
- **Fide kök uzunluğu (cm):** Bitki, kök ve gövdenin birleştiği noktadan bisturi yardımı ile kesilerek kök kısmı ayrılmıştır. Ardından cetvel yardımı (± 0.01) ile uzunluğu ölçülmüştür.
- **Fide gövde yaş ağırlığı (g):** Bitki, kök ve gövdesinin birleştiği noktadan bisturi yardımı ile kesilerek gövde kısmı ayrılmıştır. Ardından hassas terazide (± 0.0001) tartılmıştır.

- **Fide kök yaş ağırlığı (g):** Bitki kök ve gövdesinin birleştiği noktadan bisturi yardımı ile kesilerek kök kısmı ayrılmıştır. Ardından kök temizlenerek hassas terazide tartılmıştır (± 0.0001).
- **Fide gövde kuru ağırlığı (g):** Bitki gövdelerinin yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra, sabit tartıma gelene kadar 75° 'de etüvde bekletilmiştir. Ardından hassas terazide (± 0.0001) tartım yapılmıştır.
- **Fide kök kuru ağırlığı (g):** Bitki köklerinin yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra sabit tartıma gelene kadar 75° 'de etüvde bekletilmiştir. Ardından hassas terazide (± 0.0001) tartım yapılmıştır.

Fidelerin içerisinde tesadüfi olarak seçilen örnekler ile WinRHIZO™ kök analiz programı kullanılarak programdaki algoritma yardımı ile bazı kök parametreleri incelenmiştir. Bunlar;

- **Kök hacmi (cm^3), yan kökler (adet) ve kök çatalları (adet) şeklindedir.**

3.4.3 Sera Denemesi ve Hasat Analizleri

Çalışmada sera aşamasında hasattan önce incelenen parametreler;

Fotosentetik CO_2 asimilasyonu değeri: Sera ortamında hasattan önce bitkinin asimilasyon değerlerinin karşılaştırılması amacı ile LI-COR 6800 (Şekil 3.4) fotosentez sistemi ile ölçümler yapılmıştır. Işık sabitleri Tablo 3.3'te görüldüğü gibi PPFD ve CO_2 parametreleri değiştirilerek 3 farklı ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

1. Sabit PPFD ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve değişken CO_2 (400, 500, 600, 800,1000, 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) koşullarında,
2. Sabit CO_2 ($100 \mu\text{mol mol}^{-1}$) ve değişken PPFD (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında,
3. Sabit CO_2 ($400 \mu\text{mol mol}^{-1}$) ve değişken PPFD (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında,

olacak şekildedir.

Tablo 3.3: LI-COR 6800 fotosentez sistemi ışık sabitleri

Işık Sabitleri ($J \mu mol m^{-1}$)						
$k_{ambient}$	k_{redLED}	$k_{greenLED}$	$k_{blueLED}$	$k_{whiteLED}$	k_{redFlr}	$k_{blueFlr}$
0.39	0.18	0.23	0.26	0.21	0.19	0.25



Şekil 3.4: LI-COR 6800 fotosentez sistemi

SPAD değeri (Klorofil içeriği): SPAD-502Plus klorofilmetre ile belirli periyotlarda her tekerrürden tesadüfi olarak seçilen 3'er bitkide 3'er tekerrür olacak şekilde klorofil içeriği ölçülmüştür.

Kök bölgesi EC ve pH ölçümü: Sera ortamında kök bölgesi pH ve EC ölçümü için sırası ile FIELDSCOUT pH 400 Meter ve FIELDSCOUT SOIL SENSOR READER+SMEC 300 (Şekil 3.7) ölçüm cihazları kullanılmıştır. Kök bölgesi pH ve EC analizi 3'er tekerrür olacak şekilde, bitkilerin kök bölgeleri su ile doyurularak gerçekleştirilmiştir.

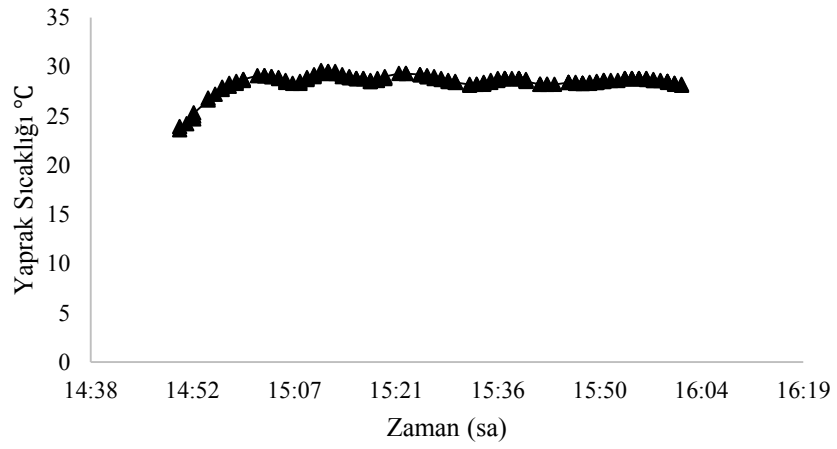
Yaprak stoma direnci: Ölçüm için Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı (Şekil 3.5) kullanılmıştır. Kalibrasyondaki hata payı, direncin birimi, RH ve basınç ayarları (ölçüm sabitleri) Tablo 3.4'te görülmektedir. Ayrıca Şekil 3.6'da ölçüm anındaki bitkilerin yaprak sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir. Ölçümler uygulamalara göre 3'er tekerrürlü olacak şekilde, her bitkiden 3 ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5: Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı

Tablo 3.4: Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı ölçüm sabitleri

RH (%)	Birim	Basınç (hPa)	Hata (%)
50	$m^2s\ mol^{-1}$	1000	4.9



Şekil 3.6: Delta-T Devices, AP4 Porometre cihazı ile ölçüm anındaki bitkilerin yaprak sıcaklıklarının zamana bağlı olarak değişimi

Hasat sonrası analizleri:

- **Bitki baş boyu (cm):** Hasat sırasında bitkinin kök boğazından tepe noktasına kadar olan mesafe,
- **Bitki baş çapı (cm):** Hasat sırasında bitkinin en geniş baş kısmının çapı,
- **Bitki kök boğazı çapı (mm):** 0.01 hassasiyetindeki elektronik kumpas ile bitkide kök ve gövdenin birleşme noktasından ölçülen değer,

- **Kök boyu (cm):** Kök boğazından kökün uç kısmına kadar olan mesafe,
- **Taze baş ağırlığı (g):** Hasat edildikten sonra kök boğazından kesilen bitkinin ağırlığı,
- **Pazarlanabilir baş ağırlığı (g):** Iskarta yapraklar çıkartıldıktan sonra bitkinin pazara sunulacak kısmının ağırlığı,
- **Bitki yaprak sayısı (adet):** Bitkinin hasattan sonra tüm yapraklarının sayısı,
- **Pazarlanabilir yaprak sayısı (adet):** Bitkinin ıskarta yapraklar çıkartıldıktan sonra kalan yaprak sayısı,
- **Iskarta yaprak sayısı (adet):** Bitkinin pazara sunulurken çıkartılan hasarlı yapraklarının sayısı,

şeklinde dir.



Şekil 3.7: Toprak EC ölçer

Serada yetiştiricilik sırasında bitkilerin bazı bölgelerinde çeşitli zararlı ve hastalık etmenlerinin etkilerinin olduğu görülmüştür. Bu bölgeler; **yaprak ucu**, **alt yapraklar** ve **göbek bölgesi** olmak üzere 3 ana bölgeye ayrılarak ifade edilmeye

çalışılmıştır. Bu analiz sonuçları niteliğindedir ve uygulanan gübrelerin bitki hastalık ve zararlıları açısından etkilerinin incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

3.5 İstatistiksel Analizler

Verim ve kalite unsurları doğada kantitatifdir; çevresel ve diğer unsurlardan etkilenirler. Bu çalışmada, verilerin istatistikleri yani parametrelerinin tahminleri, popülasyonu temsil edecek şekilde belirli sayıda bireyden oluşan örneklerden hesaplanmıştır. Örnek hacmi popülasyonu temsil edecek şekilde ve üzerine çalışılan özelliği etkileyen faktörler bakımından homojen olan belirli sayıdaki bireylerin tesadüfen seçilmesi ile oluşturulmuştur (Kocabaş ve ark. 2013). Bu kapsamda, çalışmada incelenen özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacı ile elde edilen verilere korelasyon analizi yapılmıştır. Sonuçlar arasında istatistiki farkın anlaşılabilmesi için analiz sonuçları Duncan Çoklu Aralık Post-hoc testine tabi tutulmuştur. Verim ve kalite unsurları birçok faktöre bağlıdır (Kibar, 2018). Bu faktörler; çeşit özellikleri, ekolojik parametreler, kültürel uygulamalar ve bu unsurların birbirleri ile olan ilişkileridir. Marul bitkisinde karşılıklı ilişkiler, birçok araştırmacı tarafından korelasyon analizi ile incelenmiştir. Bu çalışmada, belirtilen hesaplamalar için IBM SPSS (Versiyon 25.0) istatistik paket programı ve EXCEL kullanılmıştır.

3.6 Deneysel Çalışmaların Oluşturulması ve Yürütülmesi

Bu tez çalışmasında, anaerobik fermente gübrenin; çimlenme, fide ve fide-hasat olmak üzere 3 ayrı dönemde bitki gelişimine etkisini incelemek amacıyla, 3 deney seti oluşturulmuştur.

3.6.1 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ile Tohum Islatma Ön İşleminin Marul Bitkisi Tohumunda Çimlenme Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Marul bitkisi tohumlarında anaerobik fermente gübre, tohum ıslatma ön işleminde kullanılarak çimlenme parametreleri incelenmiştir. Anaerobik fermente gübre uygulamaları N(%) içeriği baz alınarak; %1, %5, %10 ve %15'lik fermente gübre solüsyonları hazırlanmıştır (Tablo 3.5). Anaerobik fermente gübrenin çimlenme üzerine olan etkilerinin daha net ortaya konabilmesi için hiçbir uygulamaya tabii tutulmayan tohumlardan oluşan ile kontrol grubu ile distile su uygulamaları da denemeye dahil edilmiştir.

Tohumlar, distile su ve anaerobik fermente gübre solüsyonlarında 1, 2 ve 3 saat bekletilmiştir. Ardından deney, kontrol grubu, distile su uygulamaları ve anaerobik fermente gübre uygulamalarına göre 4 tekerrürlü ve tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur.

Tablo 3.5: Uygulamaların konsantrasyonları ve N miktarları (%).

Konsantrasyon	İçerik	N miktarı (%)
-	DS	-
%1	DS+AFG	0,02
%5	DS+AFG	0,05
%10	DS+AFG	0,1
%15	DS+AFG	0,15

Not: DS: distile su, AFG: anaerobik fermente gübre

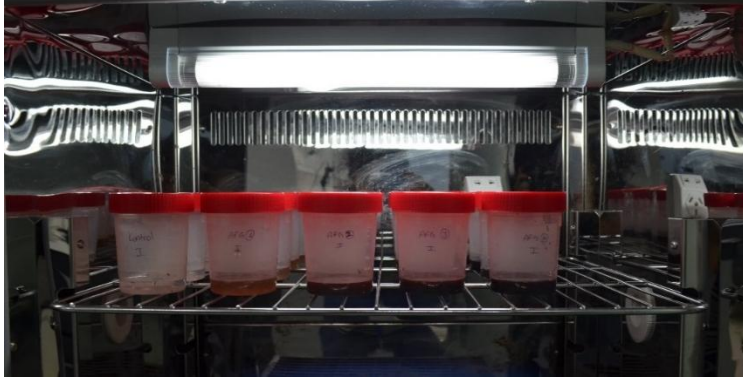
Uygulamalara göre esas alınan konsantrasyonlar fermente gübre ile yapılan benzer çalışmalar ve fermente gübrenin N oranı dikkate alınarak belirlenmiştir. Zhao et al., (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, çimlenme ve bitki büyüme parametreleri açısından en yüksek değere %75 fermente gübre konsantrasyonu ile 4-6 saatlik uygulamalarda ulaşılmıştır. Denemede kullanılan anaerobik fermente

gübrenin EC değeri yüksek olduğu için konsantrasyon, Zhao et al.'nın (2014) çalışmasına göre düşük tutularak, uygulama süreleri '1, 2 ve 3 saat' olarak belirlenmiştir.

Öncelikle solüsyonlar belirlenen konsantrasyonlara göre hazırlanmış ve plastik numune kaplarına alınmıştır (Şekil 3.8) Ardından her tekerrür için 0.24 gr tohum, hazırlanan 20'şer ml hacmindeki solüsyonların içerisine eklenmiştir. Numune kapları $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanan inkübatörde, karanlık koşulda 1, 2 ve 3 saat beklemeye alınmıştır (Şekil 3.9). İnkübatörden çıkarılan numune kaplarındaki tohumlar, 1 saat 25°C oda sıcaklığında filtre kağıtlarının üzerinde kurumaya bırakılmıştır. Ardından cam petri kaplarına her petride 50'şer tohum olacak şekilde filtre kağıtlarının üzerine ekim yapılmıştır. Ekim yapılmadan önce, 1 lt'lik distile suya 0.2021 g fungusit (Bayer, Pomarsol Forte, thiram aktif madde; 80 WP) eklenerek iyice karıştırılmış ve ardından 751/60 (Macherey-Nagel) tipindeki filtre kağıtları hazırlanan çözelti içerisinde yarım saat bekletilmiştir. Yarım saatlik süre sonunda filtre kağıtları, süzdürülerek hava boşluğu olmayacak şekilde her petriye 2'şer adet yerleştirilmiştir. Ardından her petriye 50'şer adet tohum yerleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.8: Solüsyonların belirlenen konsantrasyonlara göre hazırlanması.



Şekil 3.9: Tohumların solüsyonlarda bekletilmesi.



Şekil 3.10: Marul tohumlarının, solüsyonlardan arındırılması ve petrilere yerleştirilmesi.

Çimlendirme çalışması, *ISTA* ve *Canadian Methods and Procedures for Testing Seed*'e göre yürütülmüştür. 2 mm kökçük çıkışı görülen tohumların çimlendiği kabul edilerek günlük sayım yapılmıştır.

3.6.2 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Marul Bitkisinin Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Anaerobik fermente gübre ve kimyasal gübre uygulamalarının katı ortam kültüründe marul bitkisinin fide gelişimi üzerine etkilerinin incelenmesi için, N(%) içeriği baz alınarak belirlenen 6 ayrı uygulama (Kontrol (saf su), %1, %5, %10, %15 anaerobik fermente gübre ve %3'lük 15-15-15 NPK ticari gübre) tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak denemeye tabii tutulmuştur (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Fide uygulaması gübre konsantrasyon, içerik, karışım ve N miktarları

Konsantrasyon	İçerik	N miktarı (%)
-	DS	-
%3	DS+ 15-15-15	0,04
%1	DS+AFG	0,02
%5	DS+AFG	0,05
%10	DS+AFG	0,1
%15	DS+AFG	0,15

Not: DS: distile su, AFG: anaerobik fermente gübre

1:5 oranında perlit:torf karışımı hazırlanmıştır. Karışım hazırlanırken suya doyurulması için bir miktar saf su ile sulanarak karıştırılmış ve bu sırada homojen bir ortam yaratmak için kesekleri de kırılmıştır. Hazırlanan perlit:torf karışımı her tekerrür için 64 gözlü plastik viyollere doldurulmuştur. Ardından her viyole bir tohum olacak şekilde tohum ekimi yapılmış ve üzerleri torf ile 0.5 cm kapatılmıştır (Şekil 3.11). Saf su ile sulanan viyoller bitki yetiştirme kabinine yerleştirilmiştir (Şekil 3.12). Bitki yetiştirme kabini iklim ayarları; 10 saat aydınlık, 14 saat karanlık 18 ve 15°C olarak belirlenmiştir. Fan %100 ve nem %85 olarak ayarlanmıştır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: Bitki yetiştirme kabini iklim koşulları

	Zaman (sa)	Sıcaklık (°)	Fan (%)	Nem (%)	Işık ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Aydınlık Periyot	10	18	100	85	250
Karanlık Periyot	14	15	100	85	0



Şekil 3.11: Tohumların viyollere yerleştirilmesi.

Gübreler belirlenen oranlarda, 1'er litrelik amber şişelerin içine hazırlanmıştır (Şekil 3.13). Şişeler kuru ve serin bir ortamda güneş görmeyecek şekilde muhafaza edilmişlerdir. Gübre uygulaması, tohumların çimlenmeye başladığı tarihten itibaren gün aşırı olacak şekilde, tekerrür başına 20 ml gübre manuel sprey ile uygulanmıştır.



Şekil 3.12: Viyollerin bitki yetiştirme kabinine yerleştirilmesi.



Şekil 3.13: Gübre solüsyonlarının amber şişelerde hazırlanması

3.6.3 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Yetiştirilen Marul Bitkisinin Verim ve Gelişimi Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi

Bitki büyütme kabininde yetiştirilen fideler 2 lt'lik saksılara şaşırtılarak (Şekil 3.14); 6 ayrı uygulama (kontrol (saf su), %1, %5, %10, %15 ve %3 15-15-15 NPK)), tesadüf blokları deneme desenine göre (Tablo 3.8) 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10'ar bitki olacak şekilde deney kurulmuştur. Gübre konsantrasyonları N içeriği dikkate alınarak hazırlanmıştır. Gübreleme dozajı ise NH_4^+ -N içeriği dikkate alınarak yapılmıştır (Iocoli et al., 2019). Gübreleme, bitkiler seraya alındıktan sonra iki günde bir her bitkiye 20 ml olacak şekilde yapılmıştır.

Tablo 3.8: Uygulamaların sera içerisinde tesadüf blokları deneme desenine göre dağılımı.

Kontrol I	%5 II	%10 III
15-15-15 I	%10 II	%15 III
%1 I	%15 II	%1 III
%5 I	Kontrol II	15-15-15 III
%10 I	%1 II	%5 III
%15 I	15-15-15 II	Kontrol III

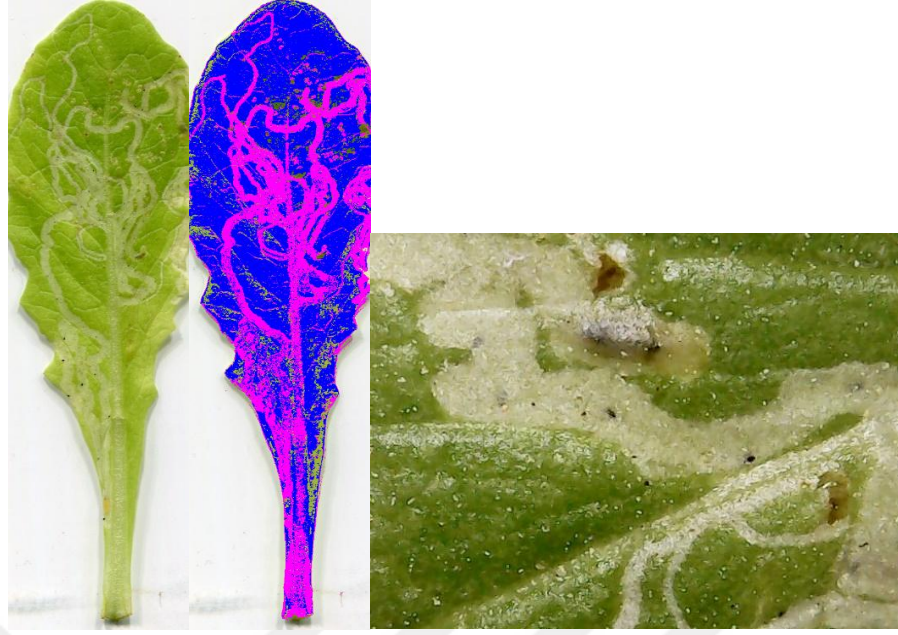
Sulama ile, seralarda verilmesi gereken su miktarı bitkilerin evapotranspirasyon yoluyla kaybettikleri su miktarıdır. Sulama miktarının saptanmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Örneğin bitkilerin su tüketimi ile radyasyon arasında yüksek korelasyonla doğrusal bir ilişkinin olduğu birçok

araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Rothwell and Jones, 1961). Bu çalışmada sulama bitki istekleri doğrultusunda günlük olarak damlama sulama ile yapılmıştır.



şekil 3.14: Fidelerin seraya geçirilmesi.

Serada retim dönemi boyunca, sera beyaz sinekleri (*Trialeurodes vaporariorum* ve *Bemisia tabaci*) ve yaprak galeri sinekleri (*Liriomyza trifolii*, *Liriomyza bryoniae* ve *Liriomyza huidobrensis*) (şekil 3.15) mücadele için sarı ve mavi yapışkan tuzak kullanılmıştır. Tuzaklar m²'ye 1 adet ve bitkilerin 10 cm üzerinde olacak şekilde asılmıştır. Zararlıların popülasyonları düşük olduğu için herhangi bir kimyasal savaşım yapılmamıştır.



Şekil 3.15: Yaprak galeri sineği zararı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Gübre ve Katı Ortam

Bu çalışmada kullanılan fermente gübrenin elementel (C, H, S, N), TK ve UK analiz sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir. Tablo 4.1’de irdelendiğinde, belirlenen C:N oranı ile Möller ve Müller’in (2012) yaptıkları çalışmada elde ettikleri değerlerin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Elementel N oranının ise Xu et al. (2013) ve He et al. (2017)’nin elde ettiği sonuçların benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.1: Anaerobik fermente gübre, torf ve perlitin elementel, TK ve UK analiz sonuçları

	%C	%H	%N	%S	C/N	%TK	%UK
Sıvı Fermente Gübre	9.11±0.05	10.37±0.08	2.21±0.02	1.22±0.05	4.13±0.06	9.14	50.97
Torf	6.39	0.42	0.53	6.86	12.18	-	-
Perlit	46.28	5.58	1.61	48.75	28.56	-	-

Not: TK: Toplam Katı, UK: Uçucu Katı

Gübre konsantrasyonlarının EC ve pH analizleri incelendiğinde; EC ve pH değerlerinin beklenen düzeyde olduğu görülmüştür (Tablo 4.2). pH değerinde önemli düzeyde farklılık gözlenmez iken, konsantrasyon arttıkça EC değerinin de arttığı saptanmıştır. Bu değerler Albuquerque et al. (2012), Pivato et al., (2016) ve He et al., (2017)’nin çalışmalarından elde ettikleri sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.2: Anaerobik fermente gübre ve distile suyun, EC ve pH analiz sonuçları

Uygulamalar	EC (mS.cm ⁻¹)	pH
%1	1.68	8.68
%5	7.18	8.74
%10	13.3	8.77
%15	19.3	8.76
Distile Su	1.81	8.32

4.2 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ile Tohum Islatma Ön İşleminin Marul Bitkisi Tohumunda Çimlenme Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Marul tohumları, farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre ile ön işleme tabi tutulmuştur. Ardından tohumlar çimlendirildikten sonra ortalama çimlenme zamanı (MGT), pik değeri, çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı ve T50 değeri incelenmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Anaerobik fermente gübre, distile su ve kontrol uygulamalarına göre tohum ön işleminin çimlenme parametrelerine etkileri

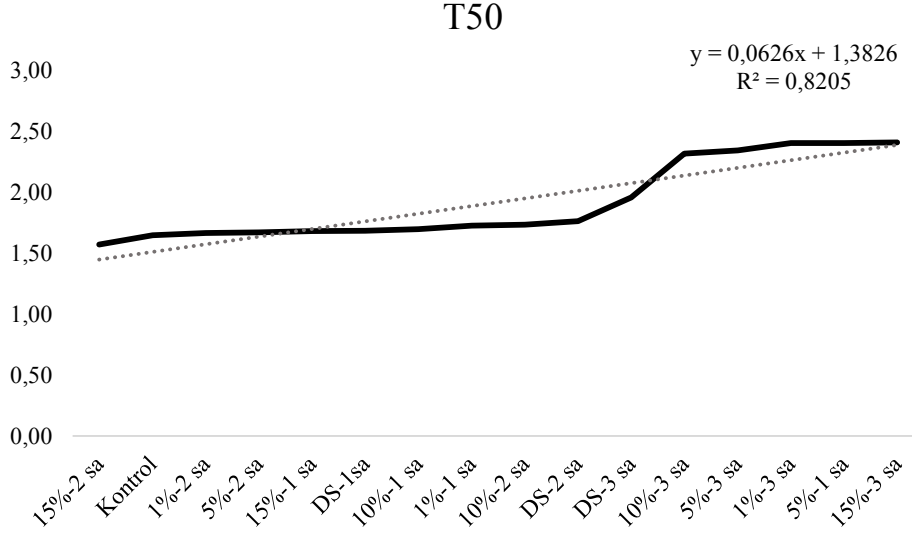
Ön İşlem	Uygulama süresi (saat)	MGT (Gün)	T50 (gün)	Pik Değeri	Çimlenme Oranı	Çimlenme Yüzdesi (%)
Kontrol	0	2.6	1.65ab	36.5c	341.4c	93.5abc
Distile Su	1	2.6	1.69ab	35bc	331.95bc	94.5bcd
	2	2.6	1.76b	31.25b	297.2bc	95cd
	3	2.6	1.95c	26.08a	216.87a	82.5a
1%	1	2.5	1.68ab	34.5bc	320.5bc	93abc
	2	2.3	1.57a	42.5d	410.45d	96.5cd
	3	3.1	2.41d	23.3a	218.07a	93.5bcd
5%	1	2.6	1.7ab	35.25bc	345.55c	98d
	2	2.5	1.73b	32.25bc	302.15bc	93.5bcd
	3	3	2.35d	24.5a	220.6a	90bc
10%	1	2.6	1.68ab	35bc	332.9bc	95cd
	2	2.4	1.67ab	32.7bc	285.6b	87.3ab
	3	3.1	2.34d	24.8a	228.13a	92abc
15%	1	2.7	1.73b	33.25bc	319.4bc	96cd
	2	2.3	1.66ab	34.7bc	319.75bc	92abc
	3	3	2.4d	24.3a	232.07a	91.5abc
	<i>Ort</i>	<i>Öd</i>	<i>1.80*</i>	<i>31.60*</i>	<i>295.31*</i>	<i>92.80*</i>

Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p<0,05$), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.

Ortalama çimlenme zamanı (MGT), çimlenme oranı ve zaman yayılımının bir ölçüsüdür. Ancak ortalama çimlenme zamanı istatistiki olarak değerlendirildiğinde anlamlı sonuçlar vermemektedir. T50 değeri, daha güvenilir sonuç vermesi nedeni ile MGT değeri yerine değerlendirme kapsamına alınmıştır (Soltani et al., 2015).

T50 değeri incelendiğinde, anaerobik fermente gübre ile tohum ön işleminin uygulama süresinin ve konsantrasyonun artmasına bağlı olarak çimlenme süresinin

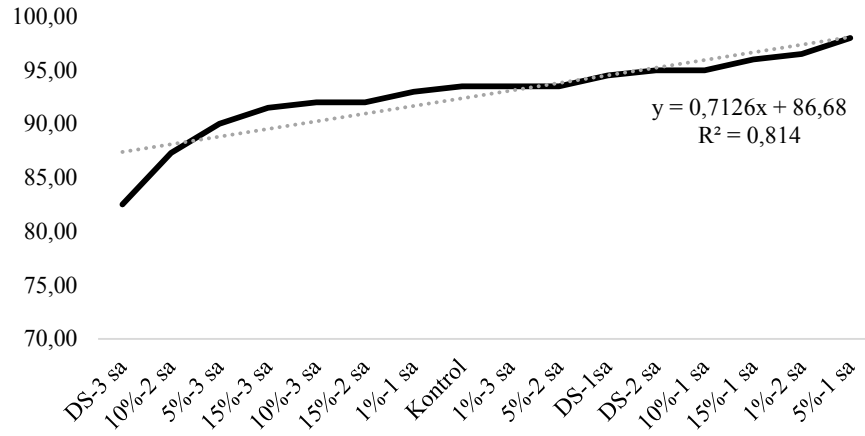
doğru orantılı bir şekilde uzadığı görölmektedir (Şekil 4.1). Çimlenme süresi incelendiğinde; **%1 (2sa)** konsantrasyonda, kontrole göre %4.8, distile su uygulamasına göre ise %7.1 oranında farklılık söz konusudur.



Şekil 4.1: Uygulamalara bağlı olarak T50 değerinin değişimi.

Çimlenme yüzdesi değerlendirildiğinde; en yüksek çimlenme yüzdesinin **%5 (2sa)** uygulamasında olduğu görünmektedir. Bunu sırasıyla; **%1 (2sa)**, **%15 (1sa)**, **%10 (1sa)** ve **DS (2sa)** uygulamaları izlemektedir. Uygulama süresi ve konsantrasyonun artması ile çimlenme yüzdesinin azaldığı gözlenmiştir. Düşük konsantrasyonlardaki anaerobik fermente gübre uygulaması, distile su uygulaması ile karşılaştırıldığında daha yüksek çimlenme yüzdesi sağladığı görölmüştür. Yüksek konsantrasyonlardaki fermente gübrenin ise uygulama süresinin kısa olması durumunda kontrole göre çimlenme yüzdesine pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2).

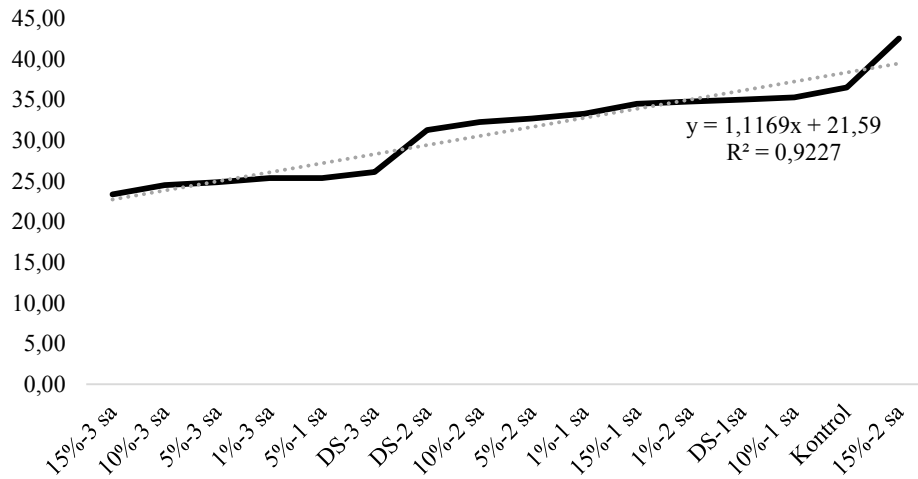
Çimlenme Yüzdesi



Şekil 4.2: Uygulamalara bağlı olarak çimlenme yüzdesi değişimi.

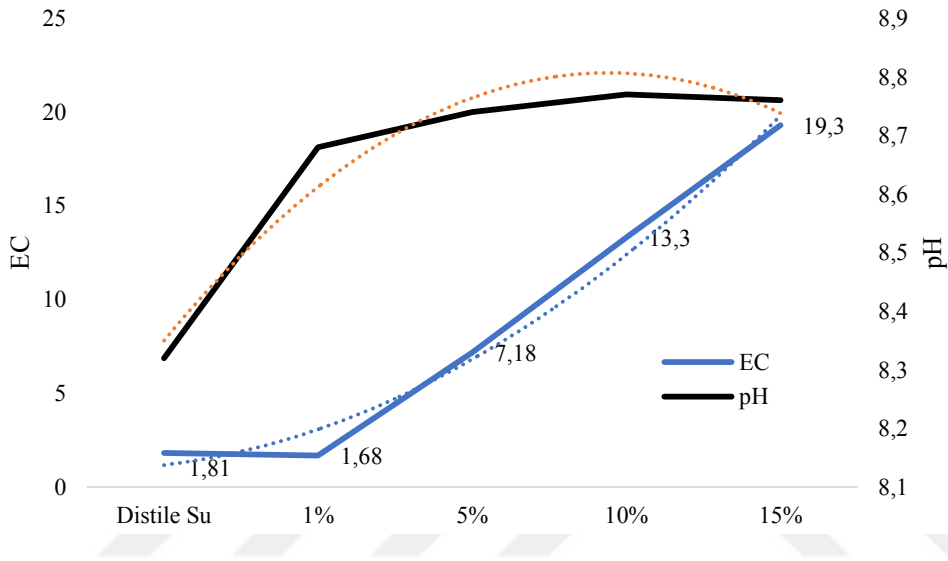
Pik değeri incelendiğinde; en yüksek değer **%1 (2sa)** uygulamasında olduğu görülmektedir. Bu değer aynı zamanda kontrol uygulamasına göre yüksek olan tek uygulamadır ve fark yaklaşık %14.12 oranındadır. Çimlenme oranı açısından ise; **%1 (2sa)** uygulamasının kontrole göre çimlenme oranını %20.3 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Kontrolden yüksek olan diğer bir uygulama **%5 (1sa)** uygulamasıdır. Diğer uygulamalar, kontrole göre daha düşük değerdedir (Şekil 4.3).

Pik Değeri



Şekil 4.3: Uygulamalara bağlı olarak pik değerinin değişimi.

Anaerobik fermente gübrenin EC ve pH değerlerinin değişimi incelendiğinde (Şekil 4.4), konsantrasyon arttıkça pH değerinde önemli bir fark gözlenmez iken EC değerinde ciddi bir artış olduğu dikkat çekmektedir. Bu durumda EC değerinin tohum çimlenmesinde önemli bir etkisinin olduğu bilinmekte ve çimlenme parametrelerinden; çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı, pik değeri, T50 değeri ve EC arasında negatif korelasyon görülmektedir. Albuquerque et al. (2012) çalışmasında da, benzer sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 4.4: Anaerobik fermente gübre konsantrasyonuna bağlı pH ve EC değerlerinin değişimi.

Yaraşır'ın (2018) çalışmasında, gübre uygulamaları ile tarla çıkış değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık görülmemesinin aksine bu çalışmada tohum çimlenmesi üzerine MGT hariç diğer tüm değerlerde istatistiki olarak önemli fark görülmüştür. Marul tohumlarının çimlenmesi üzerine uygulamaların etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmada özellikle düşük konsantrasyonlarda kısa uygulama sürelerinde maruz bırakılan tohumların çimlenme değerlerinde pozitif etki görülürken, konsantrasyonun ve uygulama süresinin artması ile bu değerlerin negatif olarak etkilendiği belirlenmiştir. Albuquerque et al. (2012) tarafından da düşük konsantrasyonlu (%1) uygulamaların çimlenme parametrelerinde başarılı bir şekilde uygulanabileceği, yüksek konsantrasyonlarda ise çimlenme değerlerinde azalma olduğu vurgulanmıştır. Pivato et al. (2016) tarafından gübre konsantrasyonunun artması ile ekotoksik etkinin de artacağı üzerinde durulmuştur.

4.3 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Marul Bitkisinin Fide Gelişimi zerine Etkilerinin İncelenmesi

Marul tohumlarının ekiminin yapıldığı gün, 0. gün olarak kabul edilmiş ve 28.gün fideler optimum olgunluğa ulaştığında seraya ortamına alınmıştır. Fidler çimlenerek 1-1.5 cm uzunluğa ulaştığında gübreleme programı başlatılmıştır (Şekil 4.5). Sera ortamına geçileceği gün tesadüfi olarak seçilen fidelerin; uygulamalara göre kök ve gövde uzunluğu, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök hacmi, yan kökler, kök çatalları ve SPAD değerleri belirlenmiştir (Tablo 4.4).



Şekil 4.5: Bitki büyütme kabininde fide gelişimi

Kök uzunluğu açısından Tablo 4.4 irdelendiğinde, %5, %10 ve %15 konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamalarının kontrole göre %19.6-25.6 arasında değişen oranlarda daha yüksek değerler elde edildiği görülmektedir. Aynı zamanda kök uzunluğunun da anaerobik fermente gübre uygulamaları ile kimyasal gübre uygulamasına göre arttırdığı gözlenmiştir. Gövde

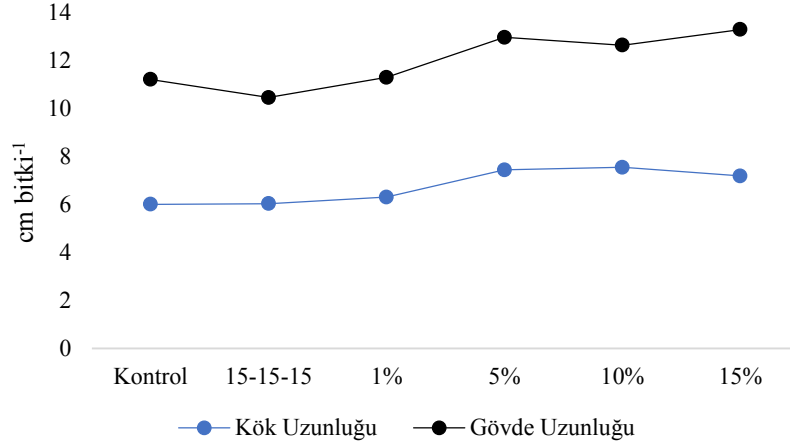
uzunluğu değerlendirildiğinde, %15 ve %5 uygulamalarının kontrole göre sırası ile %17.9 ve %8 oranında daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde kimyasal gübre uygulaması ile karşılaştırıldığında, yine anaerobik fermente gübre uygulamaları yapılan bitkilerde gövde uzunluğu değerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Uygulamalara göre fide gelişim parametreleri

Uygulamalar	Kök uzunluğu (cm bitki ⁻¹)	Gövde uzunluğu (cm bitki ⁻¹)	Kök yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Gövde yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kök kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Gövde kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹)
Kontrol	6.01a	5.1983b	0.0657a	0.4720	0.0054a	0.0211
15-15-15	6.04a	4.4167a	0.0591a	0.3549	0.0054a	0.0200
1%	6.3117ab	4.9833ab	0.0667a	0.3177	0.006a	0.0193
5%	7.4433c	5.52bc	0.1439b	0.4710	0.0157b	0.0270
10%	7.55c	5.09ab	0.0890ab	0.4095	0.008a	0.0258
15%	7.19bc	6.1c	0.0829a	0.3544	0.008a	0.0274
<i>Ort</i>	<i>6.7575</i>	<i>5.2181</i>	<i>0.0845</i>	<i>Öd</i>	<i>0.0081</i>	<i>Öd</i>

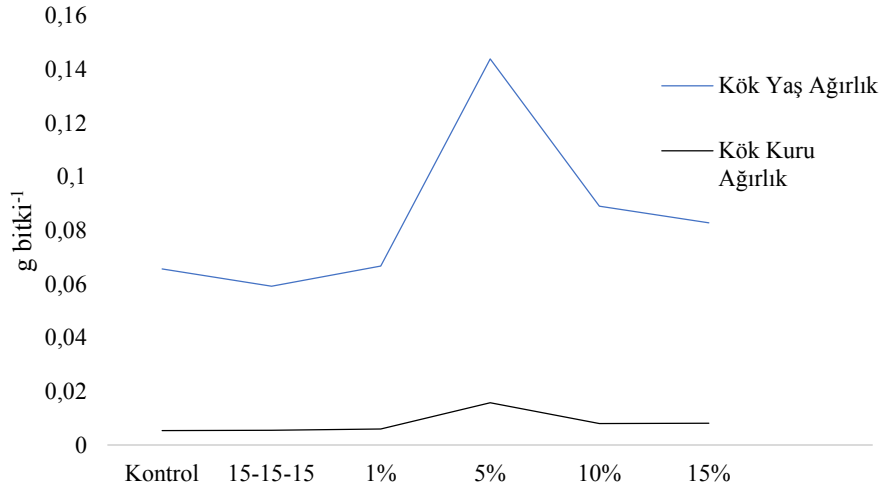
Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (p<0,05), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.

Kök uzunluğu ve gövde uzunluğu birlikte değerlendirildiğinde ise (Şekil 4.6), anaerobik fermente gübre konsantrasyonunun artması ile kök uzunluğunun arttığı görülmektedir. Zhang et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada da, en yüksek bitki uzunluğunun en yüksek oranda gübre açısından uygulamasıyla elde edildiği bildirilmektedir. Ronga et al. (2019)'na göre, bitki uzunluğu açısından standart gübre ile katı anaerobik fermente gübre uygulamalarıyla, sıvı fermente gübre uygulamasına göre daha yüksek değerler elde edilmektedir. Xu et al. (2013), uygulanan göre gübre konsantrasyonu arttıkça kök ve gövde uzunluğu değerlerinin de artış gösterdiğini, ancak %100 konsantrasyonda anaerobik fermente gübre uygulanması durumunda bu değerlerinde azaldığı üzerinde durmaktadırlar. Bu da, bu çalışmadan elde edilen bulgularla uyumlu bir sonuç olarak değerlendirilebilmektedir.



Şekil 4.6: Fide kök ve gövde uzunluğunun uygulamalara bağlı değişimi.

Anaerobik fermente gübre uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına etkileri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir fark saptanmamıştır. Kök yaş ve kuru ağırlığı değerlendirildiğinde, kontrol da dahil olmak üzere tüm uygulamalara göre en yüksek değerler %5 oranında anaerobik fermente gübre uygulamasından elde edildiği görülmektedir (Tablo 4.4). Şekil 4.7 irdelendiğinde, kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerinin, Zhang et al. (2013) tarafından elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ronga et al. (2019), kök kuru ağırlığı değerlerinin, sıvı anaerobik fermente gübre uygulaması standart gübre uygulaması ile standart gübre uygulamasına göre daha yüksek olduğu üzerinde durulmaktadır. Albuquerque et al. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise %20, %10, %1 ve %0.1 oranlarında fermente gübre uygulamaları denenmiştir. Bitki kuru ağırlığı incelendiğinde, %1 ve %0.1 uygulamalarından elde edilen değerlerin kontrol, %20 ve %10 oranındaki konsantrasyonlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Düşük konsantrasyonlardaki uygulamaların pozitif anlamda sonuç vermelerinin nedeni gübrelerin fitotoksik etkilerinin, konsantrasyonun düşürülmesi ile azaltılabileceği düşünülmektedir (Albuquerque et al., 2012). Liu et al. (2009), 1:5 (%20) oranında anaerobik fermente gübre uygulamasıyla kimyasal gübre uygulamasına göre bitki ağırlığının artırılabilirliği bildirmektedirler.



Şekil 4.7: Bitki kök yaş ve kuru ağırlığının uygulamalara bağlı değişimi.

Anaerobik fermente gübre uygulamasının kök hacmine etkisi incelendiğinde, istatistiki olarak önemli bir fark saptanmamıştır. Ancak yan kök ve çatallanma sayıları açısından, diğer uygulamalara göre önemli farklılığın olduğu görülmektedir (Tablo 4.5).

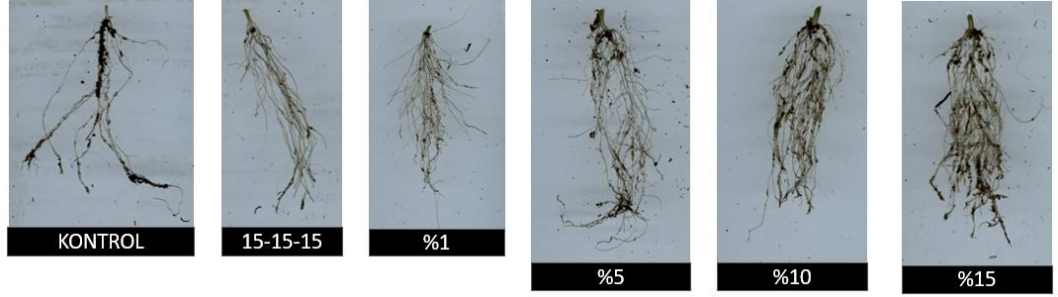
Tablo 4.5: WinRHIZO™ kök görüntüleme sistemi ile kök hacmi, yan kökler ve kök çatallarının analizi.

Uygulamalar	Kök hacmi (cm ³ bitki ⁻¹)	Yan kökler (adet bitki ⁻¹)	Kök Çatalları (adet bitki ⁻¹)
Kontrol	0.245	134	81
15-15-15	0.234	112	106
1%	0.256	137	98
5%	0.277	162	166
10%	0.213	119	87
15%	0.263	148	71
<i>Ort</i>	<i>Öd</i>	<i>135</i>	<i>101</i>

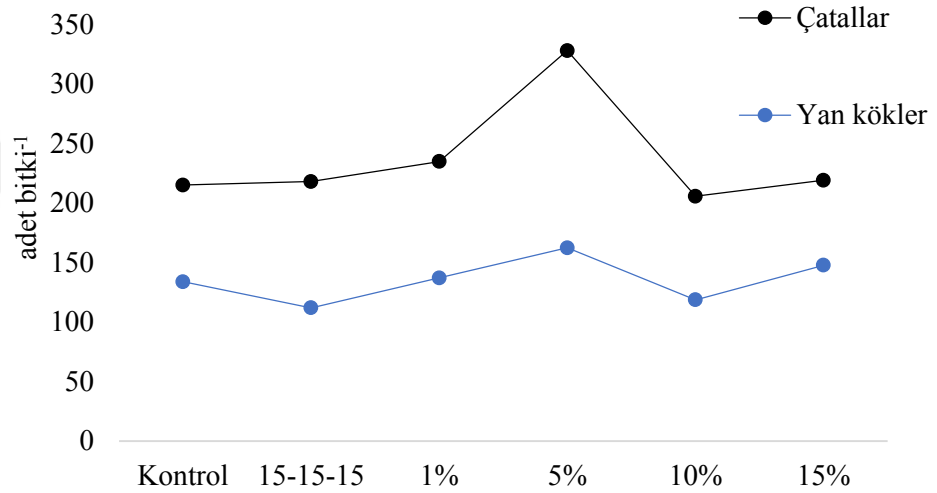
Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir (p<0,05), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.

WinRHIZO görüntülü kök analiz sisteminde (Şekil 4.8) , kök çatal ve yan kök sayıları incelendiğinde, anaerobik fermente gübrenin %5 konsantrasyonda uygulanması durumunda, kontrol, 15-15-15 kimyasal gübre uygulaması ve diğer anaerobik fermente gübre uygulamalarına göre en yüksek değerlerin elde edildiği görülmektedir. Anaerobik fermente gübre konsantrasyonunun %5 konsantrasyondan daha düşük ve daha yüksek uygulanması durumunda, kök

çatalları ve yan kök sayısında azalma olduğu saptanmıştır (Şekil 4.9). Jothi et al. (2003), bitkide kök gelişiminin anaerobik fermente gübre kullanımı ile kontrole göre arttırılabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.8: Fide kök gelişim görüntüleri (WinRHIZO™ kök analiz sistemi).



Şekil 4.9: Bitki kökünün çatal ve yan kök sayısının uygulamalara bağlı değişimi.

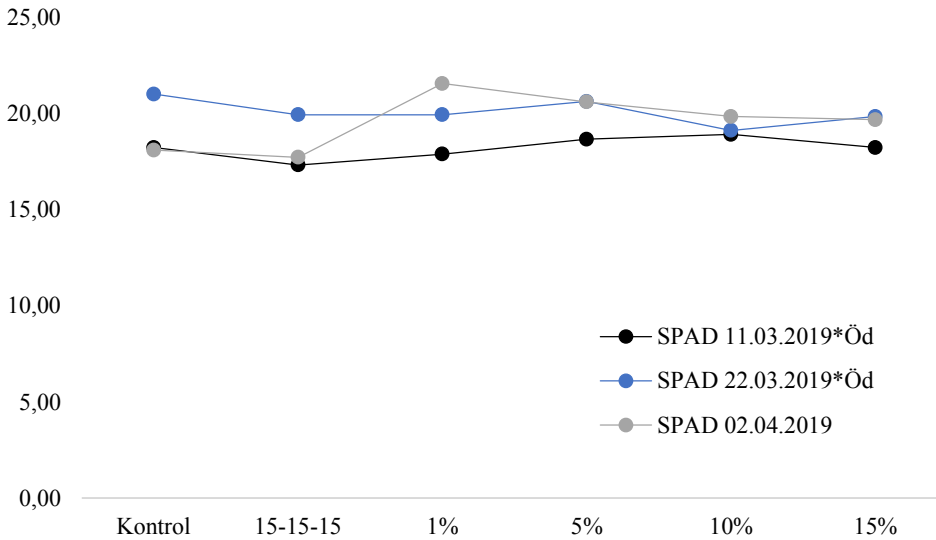
SPAD değerleri incelendiğinde; 8. ve 18.gün yapılan ölçümlerde uygulamalar arasında önemli bir farkın olmadığı, ancak 28.gün (hasat zamanı) kontrol ve kimyasal gübre uygulamalarına göre en yüksek değerler %1 ve %5 fermente gübre konsantrasyonlarından elde edildiği görülmüştür. Bunu sırasıyla %10 ve %15 uygulamaları takip etmektedir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: SPAD Klorofilmetre ölçümü 8., 18. ve 28.gün (hasat) klorofil ölçümleri.

Uygulamalar	8.gün	18.gün	28.gün
Kontrol	18.21	20.99	18.08ab
15-15-15	17.30	19.91	17.7a
1%	17.87	19.91	21.53c
5%	18.64	20.60	20.58bc
10%	18.89	19.10	19.82abc
15%	18.21	19.82	19.66abc
<i>Ort</i>	<i>ns.</i>	<i>ns.</i>	<i>19.56</i>

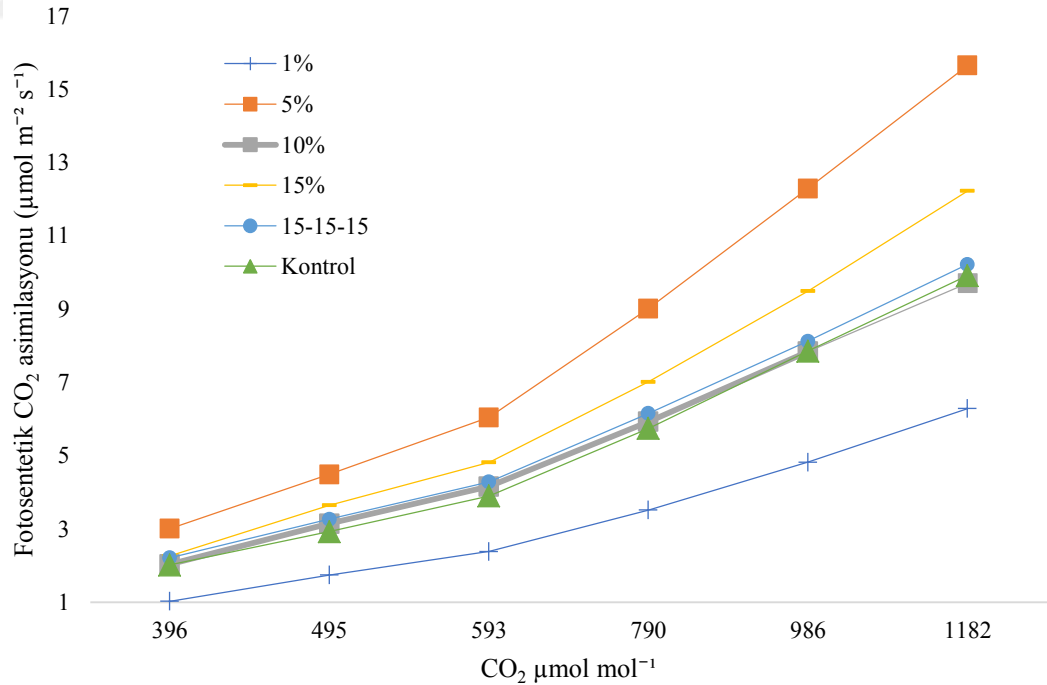
Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p<0,05$), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.

Ronga et al. (2019), SPAD değerlerinin standart solüsyon uygulamalarında daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Liu et al. (2009), kimyasal gübre uygulamasından elde edilen SPAD değerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında, SPAD değeri ile bitkinin N konsantrasyonu karşılaştırılmıştır. Sonuçlar SPAD değeri ile N konsantrasyonunun doğru orantılı olduğunu göstermiştir (Şekil 4.10). Şekil 4.10'a dikkat edilecek olursa, SPAD değerinin, gübre konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak N içeriğinin de arttığı görüşünü desteklediği görülmektedir.

**Şekil 4.10:** Farklı zamanlarda ölçülen SPAD değeri ve uygulamalara bağlı değişimi.

4.4 Farklı Konsantrasyonlardaki Anaerobik Fermente Gübre ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Katı Ortam Kültüründe Yetiştirilen Marul Bitkisinin Verim ve Gelişimi Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi

Sabit PPF (600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve değişken CO_2 (400, 500, 600, 800, 1000, 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) koşullarında asimilasyon değerleri incelendiğinde, uygulamaların tamamında CO_2 konsantrasyonunun artması ile doğru orantılı olarak fotosentetik CO_2 asimilasyonu değerinde de artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). CO_2 konsantrasyonu değişiminin fotosentetik CO_2 asimilasyonuna etkisi incelendiğinde, en yüksek değerler %5 ve %15 konsantrasyon uygulamalarında, en düşük değer ise %1 konsantrasyon uygulamasında gözlenmiştir (Tablo 4.7). Kontrol, %10, fermente gübre konsantrasyonu, kimyasal gübre uygulamalarının aynı değer aralıklarında oldukları saptanmıştır. En yüksek asimilasyonun %5 fermente gübre uygulamasından elde edilmesi beklenen bir sonuç değildir. Daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda beklenen sonuç; asimilasyonun N miktarının yüksek olduğu uygulamalarda (%15 ve %10), diğer uygulamalara göre daha yüksek olmasıdır (Dordas and Sioulas, 2008).

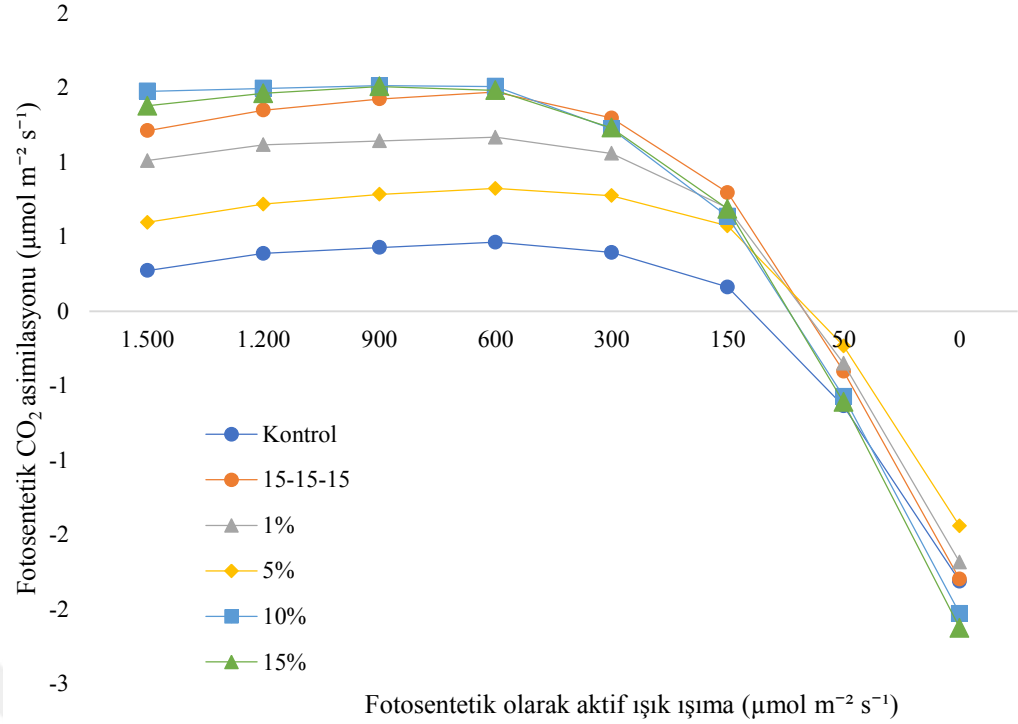


Şekil 4.11: Uygulamalara bağlı, Sabit fotosentetik olarak aktif ışık ışımaya ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve artan CO_2 (400, 500, 600, 800, 1000, 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) koşullarında, fotosentetik CO_2 asimilasyonunun değişimi.

Tablo 4.7: Sabit ışık ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ve değişken CO_2 (400, 500, 600, 800, 1000, 1100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyon değerleri ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Fotosentetik CO_2 Asimilasyonu ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)							
CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	Kontrol	15-15-15	1%	5%	10%	15%	Ort
396	1.919	2.114	0.929	2.908	1.936	2.163	<i>1.995</i>
495	2.827	3.167	1.645	4.391	3.046	3.546	<i>3.104</i>
593	3.799	4.186	2.286	5.946	4.057	4.717	<i>4.165</i>
790	5.644	6.055	3.415	8.912	5.825	6.915	<i>6.128</i>
986	7.754	8.022	4.722	12.190	7.738	9.388	<i>8.302</i>
1182	9.811	10.117	6.183	15.548	9.607	12.121	<i>10.564</i>
Ort	5.292	5.610	3.197	8.316	5.368	6.475	

Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre, kontrol ve kimyasal gübre uygulaması yapılan bitkilerin düşük CO_2 ($100 \mu\text{mol mol}^{-1}$) ve değişken PFD ($1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyonu incelendiğinde, en yüksek asimilasyon değerlerinin %15, %10 fermente gübre ve kimyasal gübre uygulamalarından elde edildiği görülmektedir (Tablo 4.8). Bunu %1 ve %5 uygulamaları takip ederken, en düşük asimilasyon değeri ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Düşük CO_2 koşullarında elde edilen fotosentetik CO_2 asimilasyonu değerlerinin, Şekil 4.11 ile uyumlu olduğu görünmektedir. 1500 ile $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ değerleri arasında fotosentetik CO_2 asimilasyonunda ciddi bir değişiklik görülmezken (Zhang et al., 2018), $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ altına düşmesi ile fotosentetik CO_2 asimilasyonunda azalma $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ değerinin altına düşmesi ile ise asimilasyonun durmaya başladığı görülmektedir ve Dordas ve Sioulas (2008)'ın çalışması ile uyumludur. PFD değerinin azalması ile fotosentetik CO_2 asimilasyonu değerinin de azaldığı hatta negatif değere kadar düştüğü görülmektedir (Şekil 4.12).



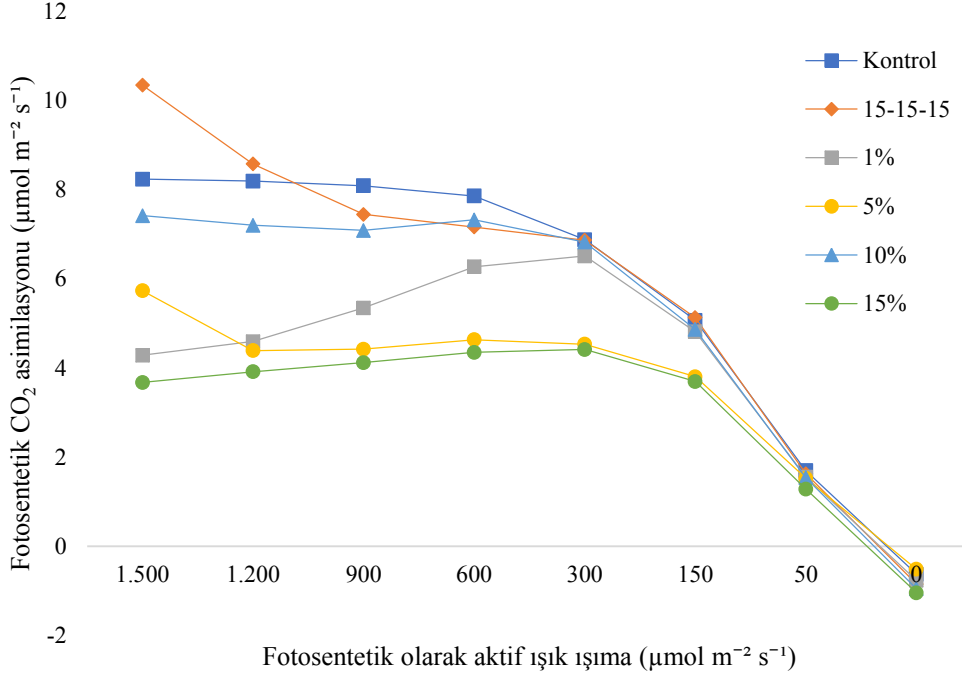
Şekil 4.12: Uygulamalara bağlı, 100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ konsantrasyonunda CO_2 ve değişken fotosentetik olarak aktif ışık ışıma (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyonunun değişimi.

Tablo 4.8: Düşük CO_2 (100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) ve değişken ışık (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında fotosentetik CO_2 asimilasyon değerleri ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Fotosentetik CO_2 Asimilasyonu ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)							
PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Kontrol	15-15-15	1%	5%	10%	15%	Ort
1500	0.273	1.213	1.011	0.596	1.476	1.379	0.992
1200	0.388	1.350	1.118	0.719	1.496	1.462	1.089
900	0.428	1.425	1.143	0.784	1.515	1.509	1.134
600	0.464	1.473	1.169	0.824	1.509	1.483	1.154
300	0.394	1.297	1.059	0.776	1.225	1.232	0.997
150	0.163	0.796	0.694	0.573	0.636	0.686	0.591
50	-0.637	-0.403	-0.351	-0.233	-0.573	-0.611	-0.468
0	-1.814	-1.799	-1.685	-1.443	-2.030	-2.127	
Ort	-0.043	0.669	0.520	0.325	0.657	0.627	

Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre, kontrol ve kimyasal gübre uygulaması yapılan bitkilerin, optimum CO_2 (400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) ve azalan PPFD (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) koşullarında asimilasyon değerleri incelendiğinde, PPFD değerinin azalması ile asimilasyon değerlerinin de azaldığı görülmektedir (Tablo 4.13). Uygulamaların PPFD

değişimi ile fotosentetik CO₂ asimilasyonu değerlerine etkisi incelendiğinde en yüksek ortalama değer 15-15-15 uygulamasından, en düşük ortalama değer ise %15 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Tablo 4.9).



Şekil 4.13: Uygulamalara bağlı, 400 µmol mol⁻¹ konsantrasyonunda CO₂ ve değişken fotosentetik olarak aktif ışık ışıma (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 µmol m⁻² s⁻¹) koşullarında fotosentetik CO₂ asimilasyonunun değişimi.

Tablo 4.9: Optimum CO₂ (400 µmol mol⁻¹) ve değişken ışık (1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 50, 0 µmol m⁻² s⁻¹) koşullarında fotosentetik CO₂ asimilasyon değerleri (µmol m⁻² s⁻¹)

Fotosentetik CO ₂ Asimilasyonu (µmol m ⁻² s ⁻¹)							
PPFD (µmol m ⁻² s ⁻¹)	Kontrol	15-15-15	1%	5%	10%	15%	Ort
1500	8.229	10.337	4.285	5.729	7.413	3.672	6.611
1200	8.187	8.571	4.592	4.386	7.195	3.916	6.141
900	8.082	7.441	5.346	4.420	7.081	4.118	6.081
600	7.854	7.158	6.269	4.631	7.318	4.348	6.263
300	6.875	6.862	6.508	4.531	6.820	4.413	6.001
150	5.064	5.127	4.811	3.802	4.863	3.697	4.561
50	1.698	1.630	1.559	1.530	1.539	1.283	1.540
0	-0.625	-0.848	-0.762	-0.513	-0.950	-1.038	-0.789
Ort	5.671	5.785	4.076	3.564	5.160	3.051	

Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre, kontrol ve kimyasal gübre uygulamasının bitki kök alanına ait pH ve EC değerleri incelendiğinde,

gübre konsantrasyonu arttıkça pH değerinde azalma görülmektedir. EC değerinde ise artış olduğu görülmektedir. Ancak uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık saptanmamıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Bitkilerin kök bölgesindeki pH ve EC değerleri

Uygulamalar	pH	EC (mS cm ⁻¹)
Kontrol	7.21	0.19
15-15-15	7.23	0.19
1%	7.28	0.19
5%	6.97	0.19
10%	6.99	0.25
15%	6.89	0.28
<i>Ort</i>	<i>7.10</i>	<i>0.22</i>

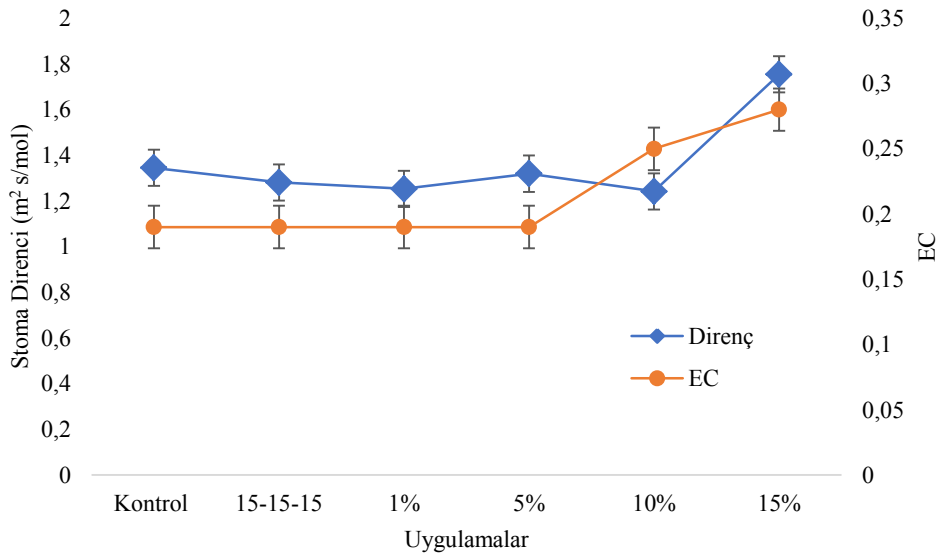
Bitki kök alanına ait pH ve EC değerlerinin uygulamalara bağlı değişimi incelendiğinde (Şekil 4.10), kimyasal gübre ve %1'lik konsantrasyonda fermente gübre uygulamalarında kök alanının pH 'sının 7.2-7.3 ve EC değerinin ise stabil olduğu görülmektedir. Ancak %5, %10 ve %15 uygulamalarının kök bölgesi pH değerini düşürürken EC değerinde artışa yol açtığı belirlenmiştir. Marul bitkisi kök pH'sının 5.5'e yakın değerde olması istenen bir durumdur (Inoue et al., 2006; Takahashi et al., 2003). EC ise %5, %10 ve %15 uygulamalarından elde edilen değerlerde olması durumunda, baş taze ağırlığı için uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bunun nedeninin belirtilen pH ve EC değerinde marul bitkisinin kök bölgesinden ihtiyaçlarını optimum düzeyde karşılayabilmesidir (Sabat et al., 2012).

Stoma direnci değerleri incelendiğinde, %15 konsantrasyon uygulamasında stoma direncinin en yüksek olduğu saptanmıştır. Bunun dışında kontrol uygulaması dahil diğer uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılık belirlenmemiştir (Tablo 4.11). Analiz sonuçları, bu konuya yönelik olarak yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında, elde edilen değerlerin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir (Günes et al., 1996; Eraslan et al., 2007). Yaprak stoma direnci, olumsuz koşullar altındaki bitkilerde stres derecesini göstermektedir (Eraslan et al., 2007; Günes et al., 1996). Şekil 4.14 incelendiğinde, %15 konsantrasyondaki stoma direncinin yüksek olmasının; gübre konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle bitkinin tuz stresinde olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.11: Yaprak stoma direnci değerleri

Yaprak Stoma Direnci ($m^2 s/mol$)	
Kontrol	1.3452a
15-15-15	1.2815a
1%	1.253a
5%	1.3196a
10%	1.2422a
15%	1.7548b
Ort	1.36605

Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p < 0,05$)



Şekil 4.14: Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamalarının bitki stoma direnci ile EC değerleri arasındaki ilişkinin değişimi.

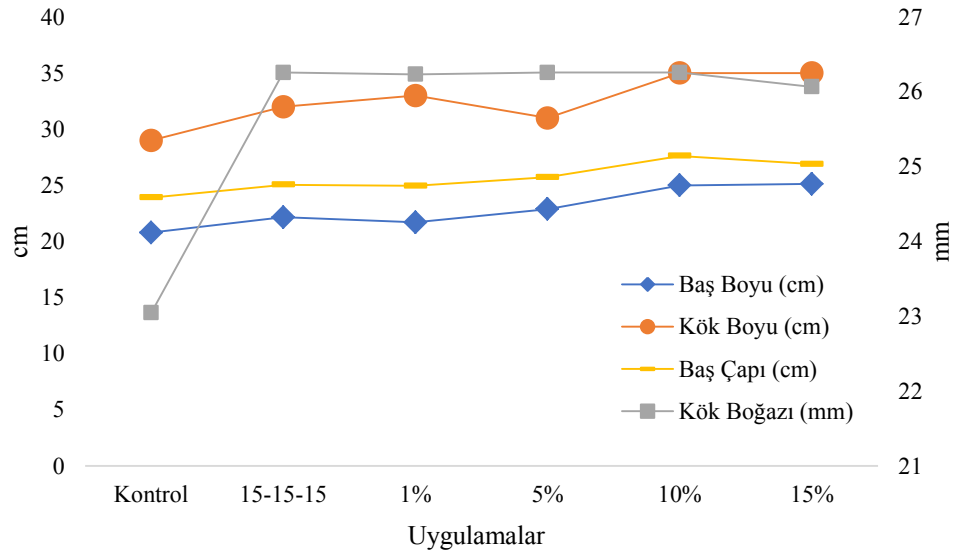
Hasat sonrası analizlerinden marul bitkisinin uygulamalara bağlı olarak baş boyu, kök boyu, kök boğazı ve baş çapı ilgili değerler Tablo 4.12' de verilmiştir. Tablo 4.12'de de görüldüğü gibi, kök boyu ve kök boğazı değerleri açısından uygulamalar arasında istatistik olarak önemli bir fark saptanmamıştır, ki bu da Sarmiento et al. (2019) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar ile uyumlu görünmektedir. Baş boyu ve baş çapı değerleri incelendiğinde ise en yüksek değerler %15 ve %10 fermente gübre uygulamalarında ulaşıldığı göze çarpmaktadır. Xu et al. (2013), bitkinin kök ve üst kısmının uzunluk değerlerinin fermente gübre konsantrasyonu arttıkça artış gösterdiğini ancak konsantrasyon

%100'e ulaştığında ise bu değerlerin azaldığını belirtmişlerdir. Bu da, bu tez çalışmasında bitkinin üst kısmı ve kök kısmının uzunluk değerleri (Şekil 4.15) ile ilgili elde edilen bulgularla uyumlu olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4.12: Hasat sonrası yapılan analizler (Baş boyu, kök boyu, kök boğazı, baş çapı)

Uygulamalar	Baş Boyu (cm)	Kök Boyu (cm)	Kök Boğazı (mm)	Baş Çapı (cm)
Kontrol	20.8a	29.0	23.0	23.9a
15-15-15	22.2ab	32.0	26.3	25.1ab
1%	21.7ab	33.0	26.2	24.9ab
5%	22.9b	31.0	26.3	25.7abc
10%	25.0c	35.0	26.3	27.6d
15%	25.1c	35.0	26.1	26.9cd
<i>Ort</i>	22.5	<i>öd</i>	<i>öd</i>	25.7

Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p < 0,05$), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.



Şekil 4.15: Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamasının bitki baş boyu, kök boyu, baş çapı ve kök boğazı kalite değerleri.

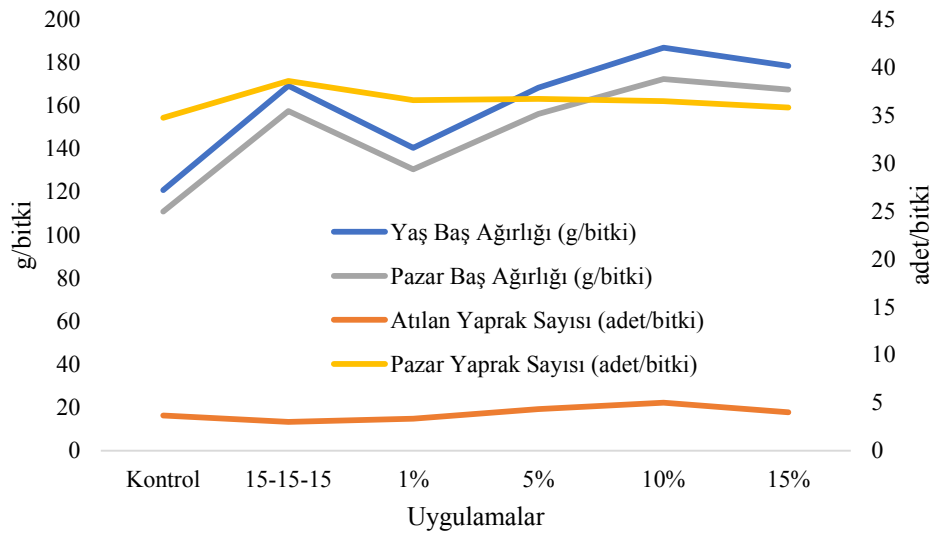
Farklı konsantrasyonlarda uygulanan anaerobik fermente gübre, kontrol ve kimyasal gübre uygulamalarının marul bitkisinin pazar değerine etkisini ortaya koymak amacıyla hasat sonrası belirlenen; bitki taze baş ağırlığı, atılan yaprak sayısı, pazarlanabilir baş ağırlığı ve pazar yaprak sayısı değerleri Tablo 4.13'te verilmiştir. Tablo 4.13 irdelendiğinde, ıskarta yaprak sayısı ve pazar yaprak sayısı açısından uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı

görülmektedir. Bitki taze baş ağırlığı ve pazarlanabilir baş ağırlığı açısından, en yüksek değerlerin %10 ve %15 konsantrasyonlarında fermente gübre uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir. Yaprak sayısına göre en iyi değerler ise, 15-15-15 kimyasal gübre uygulamasıyla ulaşıldığı saptanmıştır. Mortola et al. (2019), kimyasal gübre uygulamalarıyla taze baş ağırlığının arttırıldığını ifade etmelerine rağmen bu tez çalışmasında baş ağırlığının kimyasal gübre uygulanması durumunda daha yüksek değerde olduğu görülmüştür (Şekil 4.17).

Tablo 4.13: Hasat sonrası yapılan bitki kalite analizleri (Bitki yaş baş ağırlığı, atılan yaprak sayısı, Pazar baş ağırlığı, Pazar yaprak sayısı)

Uygulamalar	Taze Baş Ağırlığı (g/bitki)	Iskarta Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Pazarlanabilir Baş Ağırlığı (g/bitki)	Pazar Yaprak Sayısı (adet/bitki)
Kontrol	120.734a	4	110.857a	35
15-15-15	169.096bc	3	157.447bc	39
1%	140.338ab	3	130.303ab	37
5%	168.146bc	4	156.007bc	37
10%	186.686c	5	172.223c	36
15%	178.269c	4	167.363c	36
<i>Ort</i>	<i>160.5</i>	<i>öd</i>	<i>149</i>	<i>öd</i>

Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p < 0,05$), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.



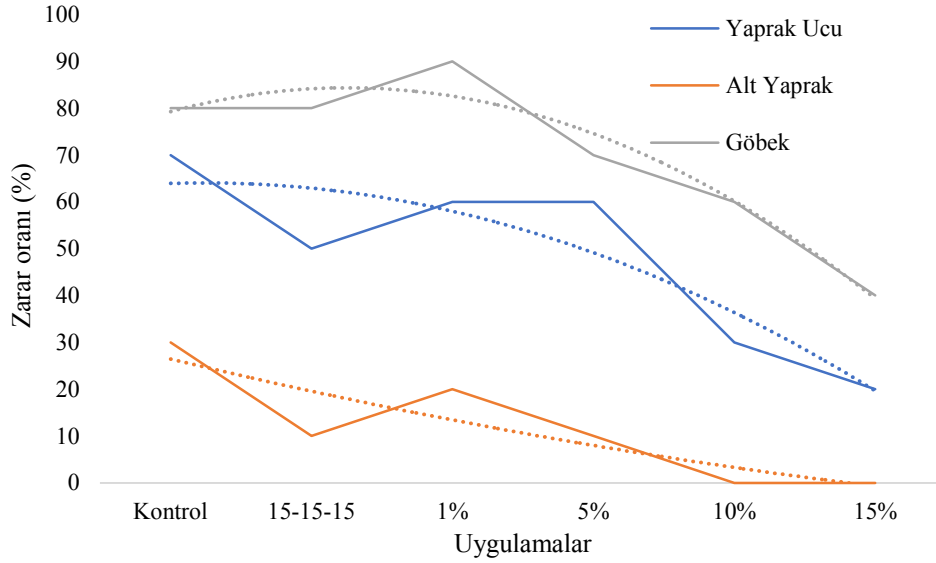
Şekil 4.16: Farklı konsantrasyondaki anaerobik fermente gübre uygulamasının bitki pazar değerleri arasındaki değişim.

Farklı konsantrasyonlarda uygulanan anaerobik fermente gübre, kontrol ve kimyasal gübre uygulamaları karşılaştırıldığında, bitkinin seçilen 3 ayrı bölgesinde (yaprak ucu, alt yaprak ve göbek) zarar oranı karşılaştırılmıştır (EK 3). Buna göre; zarar oranının anaerobik fermente gübre uygulamalarında kontrol ve kimyasal gübre uygulamalarına göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.14). Bitkilerin yaprak ucu bölgesindeki zararlı ve hastalık belirtileri incelendiğinde, en fazla belirtinin %70 oranında kontrol uygulamasında olduğu gözlenmiştir. Alt yaprak bölgesindeki belirtiler incelendiğinde yine en fazla belirtinin %30 oranında kontrol uygulamasında olduğu görülmüştür. Ancak alt yaprak bölgesine ait gözlem sonuçları arasında uygulamalar arası farkın istatistiki olarak önemli olmadığı belirtilmiştir. Göbek bölgesi incelendiğinde ise kontrol, kimyasal gübre ve %1'lik anaerobik fermente gübre uygulamalarından, %80-90 oranları arasında değişen en yüksek hastalık ve zararlı belirtisinin olduğu görülmüştür. Diğer yandan anaerobik fermente gübre konsantrasyonunun artması ile zarar oranı da azalmaktadır (Şekil 4.18). Bunun nedeninin bitkinin ihtiyacı olan besin maddesinin karşılanması ile daha sağlıklı bir yapı kazanması ve dolayısı ile zararlı popülasyonlarından daha az etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (McGuinness, 1993; Altieri and Nicholls, 2003).

Tablo 4.14: Bitki zararlılarının bitkinin farklı kısımlarına etkisinin uygulamalara bağlı olarak değişimi (zarar etkisi/bitki)

Uygulamalar	Yaprak Ucu (%)	Alt Yaprak (%)	Göbek (%)
Kontrol	70d	30	80b
15-15-15	50c	10	80b
1%	60ab	20	90b
5%	60ab	10	70ab
10%	30ab	0	60ab
15%	20a	0	40a
<i>Ort</i>	<i>50</i>	<i>Öd</i>	<i>70</i>

Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p < 0,05$), Öd: uygulamalar arasında önemli fark yoktur.



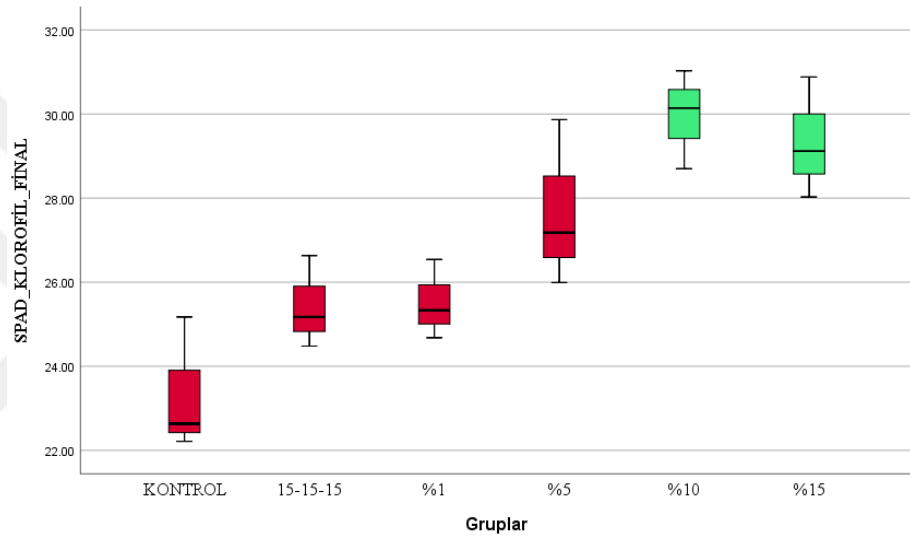
Şekil 4.17: Farklı konsantrasyonlarda anaerobik fermente gübre uygulamalara bağlı olarak bitkinin farklı bölgelerindeki zarar oranının dağılımı

Hasat tarihinde SPAD-502 klorofilmetre ile yapılan ölçümler, en yüksek klorofil içeriğine %10 ve %15 konsantrasyonlarındaki fermente gübre uygulamalarıyla ulaşıldığını göstermektedir. Bunu, %5 konsantrasyonunda fermente gübre uygulaması takip etmektedir. %10'luk konsantrasyon uygulaması kontrol ve kimyasal gübre uygulamasına göre %18.5 yüksektir. %15'lik konsantrasyon ise kontrol ve kimyasal gübre uygulamasına göre %28.4 yüksektir. Kontrol ve kimyasal gübre uygulamalarında SPAD değerinin aynı olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.15). Farklı konsantrasyonlardaki anaerobik fermente gübre uygulamasının bitkilerdeki SPAD değeri üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 4.19); Yıldız (2018)'in çalışması ile sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Bahsedilen çalışmada organik gübre uygulamasında ortalama 30.17, çiftlik gübresi uygulamasında ortalama 33.6 ve kimyasal gübre uygulamasında ortalama 33.65 SPAD değeri elde etmiştir (Yıldız, 2018). SPAD değerinin yaprak klorofil içeriği ile doğru orantılı olduğu bilinmektedir (Zhu et al., 2012). Bu kapsamda uygulamaların SPAD değeri konsantrasyon arttıkça artmakta, dolayısı ile klorofil içeriğinin de artmakta olduğu düşünülmektedir. Ancak bu sonuç Mortola et al. (2019) çalışması ile uyumlu görünmemektedir.

Tablo 4.15: SPAD-502 klorofilmetre ölçümü

Uygulamalar	SPAD değeri
Kontrol	23.34a
15-15-15	23.34a
1%	25.43b
5%	25.52b
10%	27.68c
15%	29.96d
<i>Ort</i>	26.88

Not: (Duncan Multiple Range Test), *Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir ($p < 0,05$)



Şekil 4.18: Farklı konsantrasyonlardaki anaerobik fermente gübre uygulamasının bitkilerdeki SPAD değeri üzerine etkisinin değişimi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyogaz üretimi sonucu elde edilen anaerobik fermente gübre bitki besin maddeleri açısından oldukça zengindir (Koszel and Lorencowicz, 2015; Zhang et al., 2013) ve yüksek bir potansiyel gübre değeri vardır (Albuquerque et al., 2012; Nutiu, 2014; Ronga et al., 2018; Tsachidou et al., 2019). Örneğin, N miktarı açısından bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan taze sığır gübresi ile anaerobik fermente gübre karşılaştırıldığında, taze sığır gübresi N miktarının % 1.00-1.90 arasında değiştiği görülmüştür (Gurung, 1997). Bu açıdan bakıldığında biyogaz sisteminden elde edilen fermente gübrenin azot oranının taze sığır gübresinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu kapsamda N ihtiyacının bitkisel üretim açısından anaerobik fermente gübre ile karşılanabileceği düşünülmektedir. Ancak biyogaz reaktöründen çıkan gübre içerikleri her zaman stabil değildir (Zirkler et al., 2014). Nitrit ve amonyum toksisitesi açısından incelendiğinde, anaerobik fermente gübre yüksek miktarda N içermektedir. Bu durumda yüksek N içeriği bitkide toksik semptomlara neden olabilmektedir (Hoque et al., 2008). Biyogaz sisteminden çıkan anaerobik fermente gübreden maksimum düzeyde faydalanabilmek için yetiştiricilik tekniğine göre belirlenen zaman aralıklarında analiz edilmesi ve buna göre gübreleme programının oluşturulması gerekmektedir. Aksi takdirde gübre pozitif etkiden çok negatif özellik gösterecektir.

Biyogaz reaktörüne giren hayvansal atıkların patojen içeriği düşmektedir (Goberna et al., 2011). Hayvansal atıkların hiçbir işleme tabii tutulmadan açıkta bırakılması ve/veya tarlaya uygulanması patojenlerin olumsuz etkileri ile karşılaşılmasına neden olabilir. Bu nedenle anaerobik fermente gübre tarımsal üretim için patojen içeriği azaltılmış temiz bir ürün olarak değerlendirilebilmektedir. Fermente gübrenin seperasyonu ile enerji sarfıyatı olsa da ulaşım ve depolama anlamında avantaj sağlanmaktadır (Bauer et al., 2009). Anaerobik fermente gübrenin geniş kullanım alanının maliyete olumlu katkısının olabileceği öngörülmektedir. Ancak daha bu konuda gelecek zamanda yapılacak çalışmalarda detaylı mali analizin yapılmasının gerekli olduğu kanısına varılmıştır.

Tohumlarda bazı tohum ön işlem teknikleri ile hücresel metabolizma etkilenecek fide gelişimi teşvik edilmektedir (Kenanoğlu, 2016). Anaerobik

fermente gübrenin düşük konsantrasyonlarda tohumun çimlenmesi için uyarıcı etkisinin olduğu düşünülmektedir (Alburquerque et al., 2012; Emino and Warman, 2004). Bu kapsamda anaerobik fermente gübrenin farklı konsantrasyonlarda ve sürelerde marul tohumu çimlenmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonunda en uygun, %1'lik konsantrasyonda 2 saat ve %5'lik konsantrasyonda 1 saat ön işlem uygulaması olduğuna karar verilmiştir. Tohum çimlendirme çalışmasının sonuçları, anaerobik fermente gübrenin tohum çimlenmesi üzerindeki etkisinin olumlu veya olumsuz olabileceğini göstermektedir. Bu etkinin gübrenin konsantrasyonuna göre değişebileceği gözlenmiştir. Bu nedenle, anaerobik fermente gübrenin ekim öncesi sulama amacıyla kullanırken dikkatli olunmalıdır (Ramana et al., 2002). Anaerobik fermente gübrenin kullanılması durumunda özellikle EC analizlerinin yapılması, ardından konsantrasyonun buna göre belirlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde tohumların çimlenme aktivitelerinin olumsuz etkilenebileceği düşünülmektedir.

Anaerobik fermente gübrenin fide yetiştiriciliğinde kullanılması durumunda bitki gelişimine olumlu etki edebileceği gözlenmiştir. Bu çalışmada %5 konsantrasyonda %0.05 N, 7.18 EC ve 8.74 pH değerlerine sahip olan anaerobik fermente gübrenin fide üretiminde olumlu etki göstereceği kanısına varılmıştır. Ancak olumlu etkinin görülebilmesi için gübrenin EC ve pH analizinin doğru şekilde yapılarak konsantrasyonunun ayarlanması gerektiği düşünülmektedir. Anaerobik fermente gübrenin farklı tarım faaliyetlerinde (topraksız tarım uygulamaları) kullanılması durumunda sürdürülebilir ve daha ekonomik sistem elde edilebileceği düşünülmektedir (Ronga et al., 2019). Anaerobik fermente gübre uygulamalarının bitkilerde kök gelişimini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (Jothi et al., 2003). Bu tez çalışmasında da aynı doğrultuda sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bitkinin farklı gelişme dönemlerinde gübre konsantrasyonunun değiştirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Anaerobik fermente gübrenin doğru dozlarda kullanılması durumunda tarımsal sistemlerde kullanılmasında bir sakıncası olmadığı düşünülmektedir. Bitki uygulamalarında %20'ye kadar olan konsantrasyonlarda olumlu etkisi görülmüştür (Pivato et al., 2016). Örneklendirilen çalışma ile tez çalışması uyum göstermektedir.

Örtü altı üretiminde anaerobik fermente gübre kullanılması durumunda ise %10 ve %15 konsantrasyon uygulamalarının bitki gelişim ve kalitesine olumlu etkisinin olabileceği kanısına varılmıştır. Özellikle morfolojik özellikler açısından uygulamalar arasında farklılık bulunmaktadır. (Bahsedilen morfolojik farklılıklar Ek 1’de de görsellerle desteklenmiştir) Ancak uygulamada yine EC ve pH değerleri oldukça önemlidir ve kontrollü bir şekilde bitkilere uygulanması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, marul bitkisinin 3 ayrı gelişme döneminde anaerobik fermente gübrenin etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda biyogaz sisteminden elde edilen bu ürünün; tohum ön işleme uygulamalarında, fide yetiştiriciliğinde ve katı ortam kültürü bitkisel üretim faaliyetinde kullanılmak üzere katma değerli bir ürün olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Anaerobik fermente gübrenin bitki yetiştiriciliğinde kullanılması ile ilgili daha uzun vadeli çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca çalışma sonunda, hasat sonrası tesadüfen seçilen bitkiler $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ ’de muhafaza edilmiştir. 1.gün ve 12.gün morfolojik özellikleri görsel açıdan karşılaştırılmıştır (Ek 2). Ancak detaylı analizler yapılmadığından sonuçlar üzerinde durulmamıştır. Bitki yetiştiriciliğinde hasat sonrası muhafaza işlemine, yetiştirme periyodu uygulamalarının etkisi bulunduğundan, anaerobik fermente gübre uygulamasının hasat sonrası muhafaza koşullarına etkisinin ortaya konmasına ilişkin çalışma yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Al Seadi, T., Drosch, B., Fuchs, W., Rutz, D., Janssen, R.,** 2013, Biogas digestate quality and utilization, *The Biogas Handbook: Science, Production and Applications*, <https://doi.org/10.1533/9780857097415.2.267>
- Al Seadi, T., Lukehurst, C.,** 2012, Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser, *International Energy Agency Bioenergy Task 37 Energy from Biogas*.
- Albuquerque, J.A., de la Fuente, C., Ferrer-Costa, A., Carrasco, L., Cegarra, J., Abad, M., Bernal, M.P.,** 2012, Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy* 40, 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.02.018>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M.,** 1998, *Crop Evapotranspiration—Guidelines for Computing Crop Water Requirements—FAO Irrigation and Drainage Papers 56*. FAO, Rome, Italy. pp. 328.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I.,** 2003, Soil fertility management and insect pests: Harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil Tillage Res.* 72, 203–211. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00089-8)
- Arthurson, V.,** 2009, Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land - potential benefits and drawbacks. *Energies* 2, 226–242. <https://doi.org/10.3390/en20200226>
- Atılgan A, Coşkan A, Saltuk B, Erkan M.** 2007, Antalya Yöresindeki Seralarda Kimyasal ve Organik Gübre Kullanım Düzeyleri ve Olası Çevre Etkileri. *Ekoloji*. 2007;16(62):37–47.
- Atlas, O. ve Sümer, A.** 2016, Topraksız Ortamda Yetiştirilen Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine Farklı Saksı Tiplerinin Etkileri. *ÇOMÜ J. Agric. Fac.* 2016: 4 (1):43–50.
- Balasubramanian, P.R., Kasturi Bai, R.,** 1994. Biogas-Plant Effluent as an Organic Fertiliser In Fish Polyculture. *Bioresour. Technol.* 50, 189–192.
- Basra, S.M.A., Farooq, M., Tabassum, R.,** 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Sci. Technol.* 33: 623–628

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Bauer, A., Mayr, H., Hopfner-Sixt, K., Amon, T.,** 2009. Detailed monitoring of two biogas plants and mechanical solid-liquid separation of fermentation residues. *J. Biotechnol.* 142, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2009.01.016>
- Barreto RA.,** 2018. Fossil fuels, alternative energy and economic growth. *Econ Model*;75:196–220. doi:10.1016/j.econmod.2018.06.019.
- Bayrakçı, A.G., Koçar, G.,** 2012. Utilization of renewable energies in Turkey's agriculture. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 618–633. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.027>
- Behera, S.K., Park, J.M., Kim, K.H., Park, H.S.,** 2010. Methane production from food waste leachate in laboratory-scale simulated landfill. *Waste Manag.* 30, 1502–1508. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.028>
- Bicudo, J.R., Goyal, S.M.,** 2003. Pathogens and manure management systems: A review. *Environ. Technol. (United Kingdom)* 24, 115–130. <https://doi.org/10.1080/09593330309385542>
- Bradford, KJ.** 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort. Sci.* 21 1105- 1112
- Brown RL, Tang CS, Nishimoto RK** 1983. Growth inhibition from guava roots exudates. *Hortic Sci* 18:316–318
- Cantliffe DJ, Shuler KD, Guedes AC** 1981. Overcoming seed thermos-dormancy in a heat sensitive romaine lettuce by seed priming. *HortScience* 16:196–198
- Cardelli, R., Giussani, G., Marchini, F., Saviozzi, A.,** 2018. Short-term effects on soil of biogas digestate, biochar and their combinations. *Soil Res.* 56, 623–631. <https://doi.org/10.1071/sr18017>
- Chanakya, H.N., Sreeshya, M.,** 2012. Anaerobic retting of banana and arecanut wastes in a plug flow digester for recovery of fiber, biogas and compost. *Energy Sustain. Dev.* 16, 231–235. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.01.003>
- Chapla TE, Campos JB** 2010, Allelopathic evidence in exotic guava (*Psidium guajava* L.). *Braz Arch Biol Technol* 53:1359–1362

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Coelho, J.J., Prieto, M.L., Dowling, S., Hennessy, A., Casey, I., Woodcock, T., Kennedy, N.,** 2018. Physical-chemical traits, phytotoxicity and pathogen detection in liquid anaerobic digestates. *Waste Manag.* 78, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.017>
- Colleran, E.,** 2000. Hygienic and Sanitation Requirements in Biogas Plants treating Animal Manures or Mixtures of Manures and other Organic Wastes. *Anaerob. Dig. Mak. Energy Solving Mod. Waste Probl.* 77–87.
- Comparetti, A., Febo, P., Greco, C., Orlando, S.,** 2013. Current state and future of biogas and digestate production. *Bulg. J. Agric. Sci.* 19, 1–14. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.32.101802.120435>
- Czekala, W., Dach, J., Dong, R., Janczak, D., Malińska, K., Józwiakowski, K., Smurzyńska, A., Cieślik, M.,** 2017. Composting potential of the solid fraction of digested pulp produced by a biogas plant. *Biosyst. Eng.* 160, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.05.003>
- Çömlekçioğlu, N., Pakyürek, Y.A., Söylemez, S.,** 2003. Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Gibberellik Asidin Marulda (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) Tohum Verim ve Kalitesine Etkileri. V. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildirileri. 2004, Çanakkale.
- Demir, İ., Ellialtıoğlu, Ş., Tıpırdamaz, R.,** 1994. The effect of different priming treatments on reparability of aged eggplant seeds. *Acta Horticulturae.* 362: 205-212.
- Demirbas A.** 2001. Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey. *Energy Conversion and Management*2001;42: 1239–58.
- Do, T.C. V, Scherer, H.W.,** 2012. Compost and biogas residues as basic materials for potting substrates. *Plant, Soil Environ.* 58, 459–464. <https://doi.org/10.17221/445/2012-PSE>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Dordas, C.A., Sioulas, C.,** 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Ind. Crops Prod.* 27, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.020>
- Dutta, P.** 2018, *Seed Priming: New Vistas and Contemporary Perspectives.* Rakshit, A., Bahadur, H., 2018. *Advances in Seed Priming*, (3-22). 1st ed. Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_1
- Dutta, S., Bradford, K.J.,** 1994. Water relations of lettuce seed thermoinhibition. II. Ethylene and endosperm effects on base water potential. *Seed Sci. Res.* 4, 11–18. <https://doi.org/10.1017/S096025850000194X>
- Ehmann, A., Bach, I. M., Bilbao, J., Lewandowski, I., Müller, T.** 2019, Phosphates recycled from semi-liquid manure and digestate are suitable alternative fertilizers for ornamentals. *Scientia Horticulturae*, 243(September 2018), 440–450. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.052>
- Eleiwa, ME.** 1989. Effect of prolonged seed soaking on the organic and mineral components of immature pods of soybeans. *Egypt. J. Bot.* 32 149–160.
- El-Hadidi, Y.M., Al-Turki, A.I.,** 2007. Organic fertilizer and biogas production from poultry wastes. *J. Food, Agric. Environ.* 5, 228–233.
- Emino, E.R., Warman, P.R.,** 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Sci. Util.* 12, 342–348. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702203>
- Endo, R., Yamashita, K., Shibuya T., Kitaya, Y.** 2016, Use of methane fermentation digestate for hydroponic culture analysis of potential inhibitors in digestate to cucumber seedling. *Eco-Engineering* 28(3), 67-72
- Enock, T, K., Cecil K. King’andu, Pogrebnoi, A.** 2018, “Effect of Biogas-Slurry Pyrolysis Temperature on Specific Capacitance.” *Materials Today: Proceedings* 5(4): 10611–20. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.394>.
- Enock, T.K., King’andu, C.K., Pogrebnoi, A., Jande, Y.A.C.,** 2017. Biogas-slurry derived mesoporous carbon for supercapacitor applications. *Mater. Today Energy* 5, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.mtener.2017.06.006>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Eraslan, F., Inal, A., Savasturk, O., Gunes, A., 2007.** Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. *Sci. Hort.* (Amsterdam). 114, 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.05.002>
- Erkmen J, Özdemir N.** 2012. Organik Gübre Kullanımının Yaygınlaştırılmasında Biogaz Üniteli Süt ve Besi Üretim Çiftlikleri Vasıtası ile ile Sözleşmeli Çiftçilik Modelinin Uygulanabilirliği. *Karadeniz Fen Bilim Derg / Black Sea J Sci*;2:27–38.
- Escarabajal–Henarejos, D., Molina–Martínez, J.M., Fernández–Pacheco, D.G., García–Mateos, G., 2015.** Methodology for Obtaining Prediction Models of the Root Depth of Lettuce for Its Application in Irrigation Automation. *Agricultural Water Management*. 151: 167–173
- European Biogas Association, 2016.** Digestate Factsheet : a value of organic fertiliser for Europe’s economy, society and environment.
- Fagerström, A., Al Seadi, T., Rasi, S., Briseid, T., 2018.** The Role Of Anaerobic Digestion And Biogas Green Gas In The Circular Economy.
- Fang-Bo, Y., Xi-Ping, L., Cheng-Fang, S., Miao-Xian Z., Sheng-Dao, S. 2010,** Concentrated biogas slurry enhanced soil fertility and tomato quality, *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 60:3, 262-268, DOI: 10.1080/09064710902893385
- Feng, H., Qu, G.F., Ning, P., Xiong, X.F., Jia, L.J., Shi, Y.K., Zhang, J., 2011.** The resource utilization of anaerobic fermentation residue. *Procedia Environ. Sci.* 11, 1092–1099. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.12.165>
- Ferdous, Z., Ullah, H., Datta, A., Anwar, M., Ali, A. 2018,** Yield and Profitability of Tomato as Influenced by Integrated Application of Synthetic Fertilizer and Biogas Slurry, *International Journal of Vegetable Science*, DOI: 10.1080/19315260.2018.1434585
- Field, C.B., Campbell, J.E., Lobell, D.B., 2008.** Biomass energy: the scale of the potential resource. *Trends Ecol. Evol.* 23, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.12.001>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Filgueira, F. A. R.**, 2008, Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 412p.
- Garg HP, Datta G.** 1998. Global status on renewable energy. In: Solar Energy Heating and Cooling Methods in Building, International Workshop. Iran University of Science & Technology; 1998.
- Garg, R.N., Pathak, H., Das, D.K., Tomar, R.K.** 2005, Use of Flyash and Biogas Slurry for Improving Wheat Yield and Physical Properties of Soil, Environmental Monitoring and Assessment 107: 1-9 , DOI:10.1007/s10661-005-2021-x
- Global Energy Statistical Yearbook 2018** <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (Erişim Tarihi: 26.11.2018)
- Goberna, M., Podmirseg, S.M., Waldhuber, S., Knapp, B.A., García, C., Insam, H.**, 2011. Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. Appl. Soil Ecol. 49, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.07.007>
- Gurung, J.B.**, 1997. Review of Literature on Effects of Slurry Use on Crop production. Biogas Support Progr. 109.
- Günes, A., Inal, A., Alpaslan, M.**, 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. J. Plant Nutr. 19, 389–396. <https://doi.org/10.1080/01904169609365129>
- Haghighi, M., Kafi, M., Khoshgoftarmanesh, A.**, 2013. Effect of humic acid application on cadmium accumulation by lettuce leaves. J. Plant Nutr. 36, 1521–1532. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.799182>
- He, Q., Yu, G., Tu, T., Yan, S., Zhang, Y., Zhao, S.**, 2017. Closing CO2 Loop in Biogas Production: Recycling Ammonia As Fertilizer. Environ. Sci. Technol. 51, 8841–8850. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00751>
- Hela M, Zargouni H, Tarchoune I, Baatour O, Nasri N, Ben Massoud R.**, 2012 Combined effect of hormonal priming and salt treatments on germination percentage and antioxidant activities in lettuce seedlings. Afr J Biotechnol 11:10373–10380

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Heydecker, W., Gibbins, B.,** 1978. The priming of seeds, *Acta Horticulturae*. 83:213-215.
- Hjorth, M., Nielsen, A.M., Nyord, T., Hansen, M.N., Nissen, P., Sommer, S.G.,** 2008. Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 329–338. <https://doi.org/10.1051/agro:2008047>
- Hoque, M.M., Ajwa, H.A., Smith, R.,** 2008. Nitrite and ammonium toxicity on lettuce grown under hydroponics. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 39, 207–216. <https://doi.org/10.1080/00103620701759194>
- Inoue, Y., Yamaoka, K., Kimura, K., Sawai, K., Arai, T.,** 2006. Effects of Low pH on the Induction of Root Hair Formation in Young Lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids) Seedlings. *J. Plant Res.* 113, 39–44. <https://doi.org/10.1007/pl00013909>
- International Renewable Energy Agency (IRENA),** 2018. Renewable capacity statistics 2018 Statistiques de capacité renouvelable 2018 Estadísticas de capacidad renovable 2018. [https://doi.org/10.1016/S2255-4971\(15\)30126-9](https://doi.org/10.1016/S2255-4971(15)30126-9)
- Iocoli, G.A., Zabaloy, M.C., Pasdevicelli, G., Gómez, M.A.,** 2019. Use of biogas digestates obtained by anaerobic digestion and co-digestion as fertilizers: Characterization, soil biological activity and growth dynamic of *Lactuca sativa* L. *Sci. Total Environ.* 647, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.444>
- Islam, M.R., S.M.E. Rahman, M.M. Rahman, D.H. Oh, and C.S. Ra.** 2010. The effects of biogas slurry on the production and quality of maize fodder. *Turk. J. Agric. For.* 34:91–99.
- İşlek, M. ve Kuzucu, Ö. C.** 2018, Hidrojen-Perlit Karışımlarının Salata (*Lactuca sativa* var.crispa) Yetiştiriciliğinde Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 2018: 6 (Özel Sayı) 1-7 ISSN:2147-8384/ e-ISSN: 2564-6826

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Jeong, E., Kim, H.W., Nam, J.Y., Shin, H.S.,** 2010. Enhancement of bioenergy production and effluent quality by integrating optimized acidification with submerged anaerobic membrane bioreactor. *Bioresour. Technol.* 101, S7–S12. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.064>
- Jothi, G., Pugalendhi, S., Poornima, K., Rajendran, G.,** 2003. Management of root-knot nematode in tomato *Lycopersicon esculentum*, Mill., with biogas slurry. *Bioresour. Technol.* 89, 169–170. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00047-6](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00047-6)
- Kaparaju, P.L.N., Rintala, J.A.,** 2008. Effects of solid-liquid separation on recovering residual methane and nitrogen from digested dairy cow manure. *Bioresour. Technol.* 99, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.046>
- Kenanoğlu, B.B.,** 2016. Tohumların çimlendirilmesinde farklı organik ön çimlendirme (Ozmotik Koşullandırma) uygulamalarının kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.* 21, 124–134.
- Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T., Dawson, L.,** 2011. The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Manag.* 31, 1737–1744. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.021>
- Kibar, B.,** 2018. Marulda Bitkisel Özellikler, Bazı Kalite Özellikleri ve Besin Elementleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilim. Derg.* 4, 149–160. <https://doi.org/10.24180/ijaws.486571>
- Kocabaş, Z., Özkan, M., Başpınar, E.,** 2013 *Temel Biyometri.* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. ISBN:978-605-136-077-5
- Kocar, G.,** 2008. Anaerobic digesters: From waste to energy crops as an alternative energy source. *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.* 30, 660–669. <https://doi.org/10.1080/00908310600628404>
- Koçar, G.** 2012, The use of anaerobically digested slurry combined with natural zeolite for rapeseed production. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research Volume: 30 Issue 1 ISSN: 1308-772X*

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Koçar, G., Baştıbak, B. and Gündoğan, Y. B.** 2018. Research of the Usability of Dried Biogas Fermented Fertilizer in *Solanum lycopersicon* L. Seedling Production, *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences*, ICAE 2018 Special Issue. ISSN: 2587-1897
- Koçar, G., Civaş, N.,** 2013. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 28, 900–916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022>
- Koçar, G., Eryaşar, A., Ersöz, Ö., Arıcı, Ş., Durmuş, A.** 2010. *Biyogaz Teknolojileri*. Ege Üniversitesi Basımevi. İzmir. ISBN 978-605-61108-0-1
- Koszel, M., Lorencowicz, E.,** 2015. Agricultural Use of Biogas Digestate as a Replacement Fertilizers. *Agric. Agric. Sci. Procedia* 7, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.12.004>
- Kumar, S., Malav, L.C., Malav, M.K., Khan, S.A.,** 2015. Biogas Slurry : Source of Nutrients for Eco- friendly Agriculture Biogas Slurry : Source of Nutrients for Eco-friendly Agriculture. *Int. J Ext Res.* 2, 42–46.
- Kupper, K.C., Bettiol, W., Goes, A., Souza, P.S., Bellotte, J.A.M.** 2006, Biofertilizer for control of *Guignardia citricarpa*, the casual agent of citrus black spot. *Crop protection* 25 569-573. Doi:10.1016/j.cropro.2005.09.002
- Liu WK, Yang QC, du Lian F, Cheng RF, Zhou WL.** 2011, Nutrient supplementation increased growth and nitrate concentration of lettuce cultivated hydroponically with biogas slurry. *Acta Agric Scand Sect B Soil Plant Sci.* 2011;61(5):391-394. doi:10.1080/09064710.2010.482539
- Ma, J., Zhu, H., Fan, M.,** 2013. Distribution of heavy metals in pig farm biogas residues and the safety and feasibility assessment of fertilization. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 6, 35–43. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20130604.005>
- McGuinness, H.,** 1993. *Living Soils: Sustainable Alternatives to Chemical Fertilizers or Developing Countries*. Consumers Policy Institute, New York.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Min, Y.Y., Toyota, K., Sato, E., Takada, A.,** 2011. Effects of Anaerobically Digested Slurry on *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus penetrans* in Tomato and Radish Production. *Appl. Environ. Soil Sci.* 2011, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2011/528712>
- Mortola, N., Romaniuk, R., Cosentino, V., Eiza, M., Carfagno, P., Rizzo, P., Bres, P., Riera, N., Roba, M., Butti, M., Sainz, D., Brutti, L.,** 2019. Potential Use of a Poultry Manure Digestate as a Biofertiliser: Evaluation of Soil Properties and *Lactuca sativa* Growth. *Pedosphere* 29, 60–69. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60057-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60057-8)
- Möller, K., Müller, T.,** 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Eng. Life Sci.* 12, 242–257. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>
- Naville, É.,** 1913. The Temple of Deir el-Bahari (Parts I–III), Vol. 16. London: Memoirs of the Egypt Exploration Fund., Le Globe. *Revue genevoise de géographie.* LONDON. <https://doi.org/10.3406/globe.1894.1942>
- Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Nadeem, G.A., Sajid, M., Subtain, M., Shabbir, I.,** 2013. Seed Priming A Technique. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 6, 1373–1381.
- Nicoletto, C., Santagata, S., Zanin, G., Sambo, P.,** 2014. Effect of the anaerobic digestion residues use on lettuce yield and quality. *Sci. Hort.* (Amsterdam). 180, 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.028>
- Nkoa, R.,** 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 473–492. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0196-z>
- Nutiu, E.,** 2014. Anaerobic Purification Installation with Production of Biogas and Liquid Fertilizers. *Procedia Technol.* 12, 632–636. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.541>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Orzi, V., Cadena, E., Dimporzano, G., Artola, A., Davoli, E., Crivelli, M., Adani, F.,** 2010. Potential odour emission measurement in organic fraction of municipal solid waste during anaerobic digestion: Relationship with process and biological stability parameters. *Bioresour. Technol.* 101, 7330–7337. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.04.098>
- Pain, B.F., Misselbrook, T.H., Clarkson, C.R., Rees, Y.J.,** 1990. Odour and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland. *Biol. Wastes* 34, 259–267. [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(90\)90027-P](https://doi.org/10.1016/0269-7483(90)90027-P)
- Parera AC, Cantliffe DJ.** 1994. Pre-sowing seed priming. *Hortic. Rev.* 16:109-148.
- Perry, D.A.** 1984, Factors influencing the establishment of cereal crops. *Aspects Applied Biol.* 7 65-83.
- Pill WG, Necker AD.** 2001. The effects of seed treatments on germination and establishment of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Seed Sci. Technol.* 29: 65-72.
- Pivato, A., Vanin, S., Raga, R., Lavagnolo, M.C., Barausse, A., Rieple, A., Laurent, A., Cossu, R.,** 2016. Use of digestate from a decentralized on-farm biogas plant as fertilizer in soils: An ecotoxicological study for future indicators in risk and life cycle assessment. *Waste Manag.* 49, 378–389. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.009>
- Polat, E., Sönmez, S., Demir, H., Kaplan, M.,** 2001. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Marulda Verim, Kalite ve Bitki Besin Maddeleri Alımına Etkileri, Türkiye 2.Ekolojik Tarım Sempozyumu, 14-16 Kasım, 2001, Antalya. Sayfa, 69-77. pp. 1–241.
- Rakıcı, S., Öztokat Kuzucu, C.,** 2015. Organik ve Konvansiyonel Olarak Yetiştirilen Salata – Marul (*Lactuca sativa* L . var . *crispa*) Çeşitlerinin Tohum Verimi ve Kalitesi Yönünden Karşılaştırılması. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J Agric. Fac.)* 3, 143–149.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Ramana, S., Biswas, A.K., Kundu, S., Saha, J.K., Yadava, R.B.R.,** 2002. Effect of distillery effluent on seed germination in some vegetable crops. *Bioresour. Technol.* 82, 273–275. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00184-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00184-5)
- Raviv, M., Lieth, H.,** 2008. *Soilless Culture: Theory and Practice*. Elsevier.
- REN21,** 2018. Ren21: Renewables 2018 global status report. <https://doi.org/978-3-9818911-3-3>
- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Ibrahim, M., Tsang, D.C.W., Zia-ur-Rehman, M., Zahir, Z.A., Rinklebe, J., Tack, F.M.G., Ok, Y.S.,** 2017. A critical review on effects, tolerance mechanisms and management of cadmium in vegetables. *Chemosphere* 182, 90–105. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.013>
- Ronga, D., Pellati, F., Brighenti, V., Laudicella, K., Laviano, L., Fedailaine, M., Benvenuti, S., Pecchioni, N., Francia, E.,** 2018. Testing the influence of digestate from biogas on growth and volatile compounds of basil (*Ocimum basilicum* L.) and peppermint (*Mentha x piperita* L.) in hydroponics. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 11, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.08.001>
- Ronga, D., Setti, L., Salvarani, C., De Leo, R., Bedin, E., Pulvirenti, A., Milc, J., Pecchioni, N., Francia, E.,** 2019. Effects of solid and liquid digestate for hydroponic baby leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 244, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.037>
- Rosińska, A., Karwowska, B.,** 2017. Dynamics of changes in coplanar and indicator PCB in sewage sludge during mesophilic methane digestion. *J. Hazard. Mater.* 323, 341–349. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.016>
- Rothwell, J.B., Jones D.A.G.,** 1961. The Water Requirements of Tomatoes In Relation to Solar Radiation, *Exp. Horticulture*, 5, 25-30, 1961.
- Sabat, T., Dyśko, J., Kaniszewski, S., Sabat, T.,** 2012. Effect of flood fertigation on yield of greenhouse lettuce grown in different substrates. *J. Elemntology* 20, 407–416. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.1.626>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Sağlam, N., Doksöz, S., Naif, G., Şahin, S., Yılmaz, E.,** 2015. Agrimol Örtü ve Sıvı Solucan Gübresinin Farklı Uygulama Sayısı ve Dozlarının Kıvırcık Yapraklı Salatada Verim , Kalite ve Bitki Gelişimine Etkileri. Tarım Bilim. Araştırma Derg. 8, 59–61. ISSN: 1308-3945; E-ISSN: 1308-027X
- Saidi, I., Chtourou, Y., Djebali, W.,** 2014. Selenium alleviates cadmium toxicity by preventing oxidative stress in sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. J. Plant Physiol. 171, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.09.024>
- Sallam, HA.** 1999. Effect of some seed-soaking treatments on growth and chemical components on faba bean plants under saline conditions. Ann. Agric. Sci.44: 159–171.
- Sarmiento, J.J.A., Santos, J.J.F., Costa, C.C., Bomfim, M.P.,** 2019, Agronomic performance of lettuce subjected to green manure with different leguminous species. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient. 23, 114–118. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n2p114-118> Agronomic
- Shen, Y., Linville, J.L., Urgun-Demirtas, M., Schoene, R.P., Snyder, S.W.,** 2015. Producing Pipeline-Quality Biomethane via Anaerobic Digestion of Sludge Amended With Corn Stover Biochar With In-Situ CO₂ Removal. Appl. Energy 158, 300–309. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.016>
- Siddique, M.N.I., Wahid, Z.A.,** 2018. Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A review. J. Clean. Prod. 194, 359–371. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.155>
- Soltani, E., Ghaderi-Far, F., Baskin, C.C., Baskin, J.M.,** 2015. Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. Aust. J. Bot. 63, 631. <https://doi.org/10.1071/bt15133>
- Świątczak, P., Cydzik-Kwiatkowska, A., Zielińska, M.,** 2018. Treatment of the liquid phase of digestate from a biogas plant for water reuse. Bioresour. Technol.276, 226–235. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2018.12.077>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Syafrudin; Winardi Dwi Nugraha, Abdul, M.H.H., Budiyono, 2017.** The effect of enzymatic pretreatment and c/n ratio to biogas production from rice husk waste during solid state anaerobic digestion (SS-AD). MATEC Web Conf. Sci. 02016, 02016. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710102016>
- Şartlan, H.** 2013, Yüksek Lisans Tezi, Hayvansal Kompost ve Biyogaz Atıklarının Toprak Enzim Aktivitesine Etkisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
- Şensoy, S., Abak, K., Daşgan, H.Y., 1996.** Eşdeğer Miktarda Mineral ve Organik Gübre Uygulamalarının Marulda Nitrat Birikimi, Verim ve Kaliteye Etkileri. GAP I. Sebze Tarımı Sempozyumu. 7–10 Mayıs 1996, Şanlıurfa.
- Takahashi, H., Kawahara, A., Inoue, Y., 2003.** Ethylene Promotes the Induction by Auxin of the Cortical Microtubule Randomization Required for Low-pH-Induced Root Hair Initiation in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Seedlings. Plant Cell Physiol. 44, 932–940. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcg119>
- Themelis, N.J., Ulloa, P.A., 2007.** Methane generation in landfills. Renew. Energy 32, 1243–1257. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.04.020>
- Theuerl, S., Herrmann, C., Heiermann, M., Grundmann, P., Landwehr, N., Kreidenweis, U., Prochnow, A., 2019.** The future agricultural biogas plant in Germany: A vision, Energies. <https://doi.org/10.3390/en12030396>
- Tiwary, A., Williams, I.D., Pant, D.C., Kishore, V.V.N., 2015.** Emerging perspectives on environmental burden minimisation initiatives from anaerobic digestion technologies for community scale biomass valorisation. Renew. Sustain. Energy Rev. 42, 883–901. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.052>
- Törnwall, E., Pettersson, H., Thorin, E., Schwede, S., 2017.** Post-treatment of biogas digestate-An evaluation of ammonium recovery, energy use and sanitation. Energy Procedia 142, 957–963. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.153>
- TUİK.** <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim tarihi: 05.04.2019)

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Tsachidou, B., Scheuren, M., Gennen, J., Debbaut, V., Toussaint, B., Hissler, C., George, I., Delfosse, P.,** 2019. Biogas residues in substitution for chemical fertilizers: A comparative study on a grassland in the Walloon Region. *Sci. Total Environ.* 666, 212–225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.238>
- Van, D.T.C.,** 2012. Compost and residues from biogas plant as potting substrates for salt-tolerant and salt-sensitive plants.
- Vaneckhaute, C., Styles, D., Prade, T., Adams, P., Thelin, G., Rodhe, L., Gunnarsson, I., D’Hertefeldt, T.,** 2018. Closing nutrient loops through decentralized anaerobic digestion of organic residues in agricultural regions: A multi-dimensional sustainability assessment. *Resour. Conserv. Recycl.* 136, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.027>
- Varel, V.H., Wells, J.E., Shelver, W.L., Rice, C.P., Armstrong, D.L., Parker, D.B.,** 2012. Effect of anaerobic digestion temperature on odour, coliforms and chlortetracycline in swine manure or monensin in cattle manure. *J. Appl. Microbiol.* 112, 705–715. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05250.x>
- Wang, L., Guo, S., Wang, Y., Yi, D., Wang, J.,** 2018. Poultry biogas slurry can partially substitute for mineral fertilizers in hydroponic lettuce production. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26:659–671, 659–671. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-018-3538-1>
- Wang, Y., Yang, R., Zheng, J., Shen, Z., Xu, X.,** 2019. Exogenous foliar application of fulvic acid alleviate cadmium toxicity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 167, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.064>
- Warnars, L. M., Hivos, E.** 2014. “Bioslurry: A Supreme Fertiliser Positive Effects of Bioslurry on Crops.” Practitioners’ Track, IFOAM Organic World Congress 2014, ‘Building Organic Bridges: 13–15.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Watcharasukarn, M., Kaparaju, P., Steyer, J., Karen, A., Watcharasukarn, M., Kaparaju, P.,** 2019. Organisms in Evaluating Pathogen-Reducing Capacity in Biogas Plants Linked references are available on JSTOR for this article : Screening *Escherichia coli* , *Enterococcus faecalis* ^ and *Clostridium perfringens* as Indicator Organisms in Evaluating Pathogen- 58, 221–230.
- Weges, R.,** 1987. Physiological analysis of methods to relieve dormancy of lettuce seeds. Wageningen University.
- Westerholm, M., Isaksson, S., Karlsson Lindsjö, O., Schnürer, A.,** 2018. Microbial community adaptability to altered temperature conditions determines the potential for process optimisation in biogas production. *Appl. Energy* 226, 838–848. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.045>
- Wojnowska-Baryła, I., Bernat, K., Sartowska, S.,** 2018. Biological stability of multi-component agri-food digestates and post-digestates. *Waste Manag.* 77, 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.016>
- Xu, C., Tian, Y., Sun, Y., Dong, L.,** 2013. Effects of Biogas Slurry Irrigation on Growth, Photosynthesis, and Nutrient Status of *Perilla frutescens* Seedlings. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 44, 3381–3390. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.847447>
- Yadav, A., and V.K. Garg.** 2016. Vermiconversion of biogas plant slurry and parthenium weed mixture to manure. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 5:301–309.
- Yaraşır, N.** (2018) Yüksek Lisan Tezi, Farklı Dozlarda Sıvı Biyogaz Atıklarının Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkisinde Verim ve Kalite Üzerine Etkisi, Adnan Menderes Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
- Yaşarakıncı, N., Hıncal, P.,** 1997. İzmir’de Örtü Altında Yetiştirilen Domates, Hıyar, Biber ve Marulda Bulunan Zararlı ve Yararlı Türler ile Bunların Popülasyon Yoğunlukları Üzerinde Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni* 37 (1-2), 79–89.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Yazan, D.M., Cafagna, D., Fraccascia, L., Mes, M., Pontrandolfo, P., Zjim, H.,** 2013. Economic sustainability of biogas production from animal manure: a regional circular economy model. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216>
- Yıldız, T.,** 2018. Kıvırcık Marulda (*Lactuca Sativa* L. Var. Crispa) Farklı Gübrelerin Bitki Gelişimi Ve Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zandvakili, O.R., Barker, A. V., Hashemi, M., Etemadi, F.,** 2019. Biomass and nutrient concentration of lettuce grown with organic fertilizers. *J. Plant Nutr.* 42, 444–457. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1567778>
- Zhang, X.Q., Wu, S.B., Qu, Y.H., Dong, R.J., Pang, Le C.,** 2013. Use of Solid Digestate as a Growing Medium for Tomato Seedlings. *Adv. Mater. Res.* 726–731, 3001–3006. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.726-731.3001>
- Zhang, Yuqi, Kaiser, E., Zhang, Yating, Yang, Q., Li, T.,** 2018. Short-term salt stress strongly affects dynamic photosynthesis, but not steady-state photosynthesis, in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Environ. Exp. Bot.* 149, 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.02.014>
- Zhao, H.Y., Li, J., Liu, J.J., Lü, Y.C., Wang, X.F., Cui, Z.J.,** 2013. Microbial Community Dynamics During Biogas Slurry and Cow Manure Compost. *J. Integr. Agric.* 12, 1087–1097. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60488](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60488)
- Zhao, Y., Yang, Q.S., Yang, S., Zhao, H.M., Duan, Q.S., Yang, Y.X., Qin, X.D.,** 2014. Effects of Biogas Slurry Pretreatment on Germination and Seedling Growth of *Vicia faba* L. *Adv. Mater. Res.* 955–959, 208–212. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.955-959.208>
- Zhu, J., Tremblay, N., Liang, Y.,** 2012. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. *Can. J. Soil Sci.* 92, 645–648. <https://doi.org/10.4141/cjss2011-100>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Zirkler, D., Peters, A., Kaupenjohann, M., 2014. Elemental composition of biogas residues: Variability and alteration during anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy* 67, 89–98.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.04.021>

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IZMIR> (Erişim tarihi: Mayıs 2019)



TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecimde desteğini esirgemeyen ve birikiminden yararlandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Günnur KOÇAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bilgilerinden faydalandığım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ERYAŞAR, Öğr. Gör. Dr. A. Gül BAYRAKÇI ÖZDİNGİŞ ve Ar. Gör. Şefik ARICI'ya teşekkür ederim. Tez jürimde bulunan Sayın Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma süresince yanımda olan; Beril Gündoğan Yağbasan, Banu Aslan, Elif Gödekmerdan, Gözde Şen Şimşir, Kaniye Güneş, Ali Arvallı, Galip Turan, Bahadır Han Sabanlı, Sevim Özgül, Burcu Begüm Kenanoğlu, Görkem Yüksek'e verdikleri desteklerden ötürü binlerce kez teşekkür ediyorum. Tez denemelerimde kullandığım tohumları temin eden Ziraat Mühendisi Okan beye teşekkürlerimi sunuyorum.

Memleketini, ailesini ve arkadaşlarını bırakıp benimle İzmir'e taşınan annem Hacer ve kardeşim Betül'e, Ankara'dan haset kokan seslerini her duyduğumda bu hasretin hakkını verebilmek için daha çok çalışmam gerektiğini hatırladığım ve varlıklarına binlerce kez şükrettiğim ananem ve dedeme, Ankara'da kalan ismini burada sayamadığım tüm sevdiğime teşekkür ediyorum ve hayatımda olduğunuz için şükrediyorum.

17 / 07 / 2019

Benginur Baştabak

ÖZGEÇMİŞ

Benginur Baştabak 3 Nisan 1992 tarihinde Ankara'da dñnyaya gelmiştir. İlköğrenimini Sokullu Mehmet Pařa İlköğretim Okulu'nda tamamlamıştır. Daha sonra Kırkkonaklar Anadolu Lisesi'nde fen bilimleri bölümünde öğrenim hayatına devam etmiştir. 2010 yılında mezun olduktan sonra Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda öğrenim görmüştür. 2017 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde yüksek lisansına başlamıştır.



EKLER**Ek 1: Denemeden gorseller.**

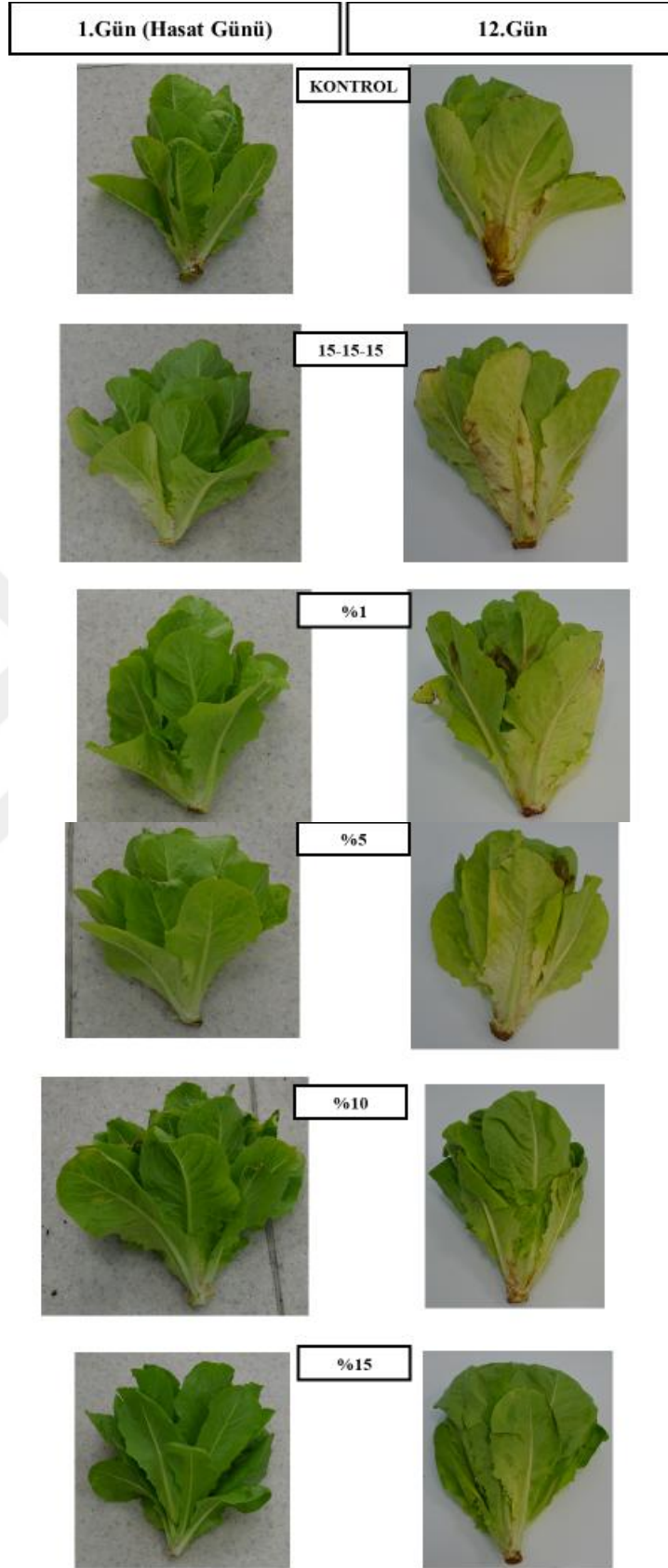
Not: Hasat öncesi farklı gübre uygulamaları ve kontrol uygulamasının görsel ile karşılaştırılması.



Not: 19 Nisan



Not: 12 Mayıs

Ek 2: Hasattan sonra $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen örneklerin fotoğrafları.

Ek 3: Çalışmada Karşılaşılan Zararlı ve Hastalıklar (Belirtiler)

İlk görülme tarihi: 26.04.2019 (Alt yapraklarda)



Yaprak Biti



Yaprak Ucu Zararı



Yaprak Piresi



Alt Yapraklarda Görülen Zararlar



Göbek Kısımında Görülen Zararlar

