

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BİYOĞAZ FERMENTE SIVI ATIKLARININ SERADA YETİŞTİRİLEN
HIYAR (*Cucumis sativus*) BİTKİSİNİN VERİM VE MİNERAL
BESLENMESİNE ETKİLERİ**

Buşra ÇALIK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BİYOĞAZ FERMENTE SIVI ATIKLARININ SERADA YETİŞTİRİLEN
HIYAR (*Cucumis sativus*) BİTKİSİNİN VERİM VE MİNERAL
BESLENMESİNE ETKİLERİ**

Buşra ÇALIK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOĞAZ FERMENTE SIVI ATIKLARININ SERADA YETİŞTİRİLEN
HIYAR (*Cucumis sativus*) BİTKİSİNİN VERİM VE MİNERAL
BESLENMESİNE ETKİLERİ**

**Buşra ÇALIK
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz üniversitesi BAP birimi tarafından FYL-2022-5995 nolu proje ile
desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOĞAZ FERMENTE SIVI ATIKLARININ SERADA YETİŞTİRİLEN
HIYAR (*Cucumis sativus*) BİTKİSİNİN VERİM VE MİNERAL
BESLENMESİNE ETKİLERİ**

Buşra ÇALIK
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 18/07/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. İlker SÖNMEZ (Danışman)

Prof.Dr. İbrahim ERDAL

Prof.Dr. Şule ORMAN

ÖZET

BİYOGAZ FERMENTE SIVI ATIKLARININ SERADA YETİŞTİRİLEN HIYAR (*Cucumis sativus*) BİTKİSİNİN VERİM VE MİNERAL BESLENMESİNE ETKİLERİ

Buşra ÇALIK

Yüksek Lisans, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Temmuz 2023; 46 sayfa

Biyogaz tesisleri tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de elektrik üretimi için tercih edilmektedir. Biyogaz üretiminde organik atıklar kullanılmaktadır. Doğal olarak biyogaz üretimi sonucu ortaya çıkan atıkların organik materyal olarak kullanılması mümkündür. Birçok tesiste işlem sonucu ortaya çıkan bulamaç, ayırıcılarla katı ve sıvı şeklinde ayrılmaktadır. Bu atıkların gübre olarak kullanılmasının, toprağa geri dönmesinin ekolojik dengeye ve tarımdaki ekonomiye katkı sağlayacak olması amacıyla çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada iki farklı biyogaz tesisinden elde edilmiş olan biyogaz fermente sıvı atıkları, 5 farklı dozda (0, 2, 4, 6 ve 8 ton da⁻¹) serada yetiştiriciliği yapılan hıyar bitkilerine uygulanmıştır. Bitkilerin ihtiyacı olan kimyasal gübreleme yapılmaya devam edilerek, biyogaz fermente sıvı atık dozları arasındaki farklar incelenmiştir. Dozlar arasında verim ve kalite farkları istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre A materyali (sıvı fermente ürün: SFÜ) uygulama dozlarının bitki boyu ve yaş ağırlık parametrelerini en yüksek dozda arttırdığı, N içeriğinin ise artan dozlarla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Yaprakların Ca konsantrasyonu 8 ton da⁻¹ dozunda en yüksek değeri gösterirken, Zn ve Cu için en yüksek değerler 2 ton da⁻¹ uygulamasında görülmüştür. Meyve veriminde 8 ton da⁻¹ dozunda en yüksek değer görülmüştür. Toprak örneklerinde ise EC değerlerinde küçük artışlar olmasına rağmen, bitki büyümesinin olumsuz etkilenmediği belirlenmiştir. Topraklarda P ve K içeriklerinde maksimum uygulama dozu (8 ton da⁻¹) en yüksek değerleri sağlamıştır.

B materyali (sıvı fermente ürün: SFÜ) uygulama dozlarının bitki boyu ve yaş ağırlık parametrelerinin en yüksek değerleri 4 ton da⁻¹ uygulamasında görülmüştür. Yaprakların Zn içeriklerinde ise 2, 4 ve 6 ton da⁻¹ uygulamalarında maksimum Zn birikimi sağladığı belirlenmiştir. Meyvelerde verim, N, Zn ve Mn içeriklerinde 4 ton da⁻¹ uygulamasının en etkili doz olduğu ortaya çıkmıştır.

Biyogaz tesislerinde ortaya çıkan fermente sıvı atıkların farklı dozlarının etkilerinin gözlemlendiği araştırmada doz artışlarının incelenen parametrelerde doğrusal bir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Yetiştiricilik süresince bitkilere sadece N-P-K gübrelemesi yapılmış ve diğer besin elementleri atık materyalin performansını ortaya koyması için uygulanmamıştır. Bu koşullarda özellikle mikro elementlerden Zn

içeriklerinde genel bir artışın olduğu ortaya çıkmış ve bu düzeyler toksisite düzeylerine ulaşmamıştır. Biyogaz tesislerinde ortaya çıkan fermente sıvı ürünün tarım alanlarında bazı gelişme parametrelerine olumlu etkilerde bulunduğu, bu atıkların bertarafında tarımsal uygulamaların esas alınabileceği, sıvı fermente atıkların bazı işlemlerden geçirilerek topraklarda kullanımının önemli avantajlar sağlayabileceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Biyogaz, Biyogaz Fermente Sıvı Atık, Hıyar, Verim

JÜRİ: Doç.Dr. İlker SÖNMEZ

Prof.Dr. İbrahim ERDAL

Prof.Dr. Şule ORMAN



ABSTRACT

THE EFFECTS OF BIOGAS FERMENTED LIQUID WASTE ON THE PRODUCTION AND MINERAL NUTRITION CUCUMBER (*Cucumis sativus*) PLANT GROWN IN GREENHOUSE

Buşra ÇALIK

MSc Thesis in Soil Science and Plant Nutrition Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker SÖNMEZ

July 2023; 46 pages

Biogas plants are preferred for electricity generation in Turkey as well as all over the world. Organic wastes are used in biogas production. It is possible to use the wastes that arise naturally as a result of biogas production as organic material. In many plants, the slurry resulting from the process is separated into solid and liquid form by separators. Various studies are carried out in order to use these wastes as fertilizers and return them to the soil to contribute to the ecological balance and the economy in agriculture.

In this study, biogas fermented liquid wastes obtained from two different biogas plants were applied to cucumber plants grown in greenhouses at 5 different doses (0, 2, 4, 6 and 8 tons da⁻¹). The chemical fertilization needed by the plants was continued and the differences between the biogas fermented liquid waste doses were examined. Yield and quality differences between doses were evaluated by statistical analysis.

According to the results of the research, it was determined that the application doses of material A (liquid fermented product: SFU) increased the plant height and wet weight parameters at the highest dose, and the N content increased in direct proportion with the increasing doses. While the Ca concentration of the leaves showed the highest value at 8 ton da⁻¹ dose, the highest values for Zn and Cu were observed at 2 ton da⁻¹ application. The highest value was observed in fruit yield at 8 ton da⁻¹ dose. Although there were small increases in EC values in soil samples, it was determined that plant growth was not adversely affected. The maximum application dose (8 tons da⁻¹) provided the highest values for P and K contents in the soils.

The highest values of plant height and wet weight parameters of material B (liquid fermented product: SFU) application doses were observed in the 4 ton da⁻¹ application. In the Zn content of the leaves, it was determined that the maximum Zn accumulation was achieved in 2, 4 and 6 tons da⁻¹ applications. It has been revealed that 4 tons da⁻¹ application is the most effective dose for yield, N, Zn and Mn contents in fruits.

In the study in which the effects of different doses of fermented liquid wastes generated in biogas plants were observed, it was observed that dose increases did not have a linear effect on the investigated parameters. During the cultivation, only N-P-K fertilization was applied to the plants and other nutrients were not applied to reveal the performance of the waste material. In these conditions, it was revealed that there was a general increase in Zn contents, which is one of the microelements, and these levels did

not reach toxicity levels. It is thought that the fermented liquid product produced in biogas plants has positive effects on some development parameters in agricultural areas, that agricultural practices can be taken as a basis in the disposal of these wastes, and that the use of liquid fermented wastes in soils after some processes can provide significant advantages.

KEYWORDS: Biogas, Biogas Fermented Liquid Waste, Cucumber, Yield

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. İlker SÖNMEZ

Prof.Dr. İbrahim ERDAL

Prof.Dr. Şule ORMAN



ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızlıca artması, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması genel olarak enerji ihtiyacını arttırmaktadır ve tükenmesi muhtemel olan fosil kaynakların yenilenebilir enerji kaynakları ile değiştirilmesi oldukça önemlidir. Tarımda kullanılan kimyasal gübrelerin toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozması, aynı zamanda bu kimyasal gübrelerin ekonomik olarak yükünün gün geçtikçe artması, çiftçilerin toprak için iyileştirici ve ekonomik olarak daha az maliyetli tercihlere yönelmesini teşvik etmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük kısmını oluşturan biyoyakıtlardan en önemlilerinden biri olan biyogaz oluşumu sonucu açığa çıkan organik bulamaç birçok biyogaz tesisinde fermente sıvı ve katı atıklar olarak ayrışmaktadır.

Bu çalışmada biyogaz oluşumu sonucu fermantörden çıktıktan sonra ayrılmış olan biyogaz fermente sıvı atıkları, temel düzeyde kimyasal gübreleme yapılmış olan hıyar bitkilerine uygulanarak, hıyar bitkisinin verim ve mineral beslenmesi parametreleri incelenmiştir.

Bana bu konuda çalışma şansı sunan, çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen ve destek olan değerli danışmanım Doç.Dr. İlker SÖNMEZ'e (AÜ Ziraat Fak.) en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini her daim benimle paylaşan Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nün saygıdeğer tüm öğretim üyelerine de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın başından sonuna kadar benden yardımlarını esirgemeyen laboratuvar sorumlumuz Yük.Zir.Müh. Aylin ZAMBAK ÖZGÜR'e, Yük.Zir.Müh. Raziye YILDIZ'a ve Yük.Zir.Müh. Elif YANIK ALKAN'a, özellikle serada yetiştirme süreci boyunca desteklerini esirgemeyen son sınıf öğrencilerimize teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hayatımın her evresinde bana destek olan, hayallerimi gerçekleştirebilmem için ellerinden gelenden çok daha fazlasını yapan sevgili babam Burhanettin ÇALIK ve sevgili annem İnci Ahsen ÇALIK'a, biricik kardeşim Ata ÇALIK'a ve hayattaki şans tilsimim olduğuna inandığım anneannem Leman YARAMIŞ'a, kısacası değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Buşra ÇALIK

Antalya, Temmuz 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Atıklarının Kullanılması	3
2.2. Hıyar Bitkisinin Yetiştirilmesi ve Farklı Organik Gübreleme Uygulamaları	9
3. MATERYAL VE METOT.....	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Denemenin kurulduğu alan ve toprak özellikleri	12
3.2.2. Denemede kullanılan biyogaz fermente sıvı atıklarının özellikleri.....	13
3.2.3. Denemede kullanılan bitki ve özellikleri.....	14
3.2. Metot.....	15
3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi.....	15
3.2.1. Biyogaz Fermente Sıvı Atıkları İçin Yapılan Laboratuvar Analizleri	19
3.2.2. Bitki ve Meyve Örnekleri için Yapılan Laboratuvar Analizleri.....	19
3.3.3. Toprak Örnekleri için Yapılan Laboratuvar Analizleri	20
3.3. İstatistiksel analiz yöntemleri	21
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	22
4.1. Bitki Örneklerinin Analiz Sonucu Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi	22
4.1.1. A Materyali SFÜ Uygulaması Bitki Analiz Sonuçları	22
4.1.2. B Materyali SFÜ Uygulaması Bitki Analiz Sonuçları	25
4.2. Meyve Örneklerinin Analiz Sonucu Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi	27
4.2.1. A Materyali SFÜ Uygulaması Meyve Analiz Sonuçları	27
4.2.2. B Materyali SFÜ Uygulaması Meyve Analiz Sonuçları	30
4.3. Toprak Örneklerinin Analiz Sonucu Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi	33
4.3.1. A Materyali SFÜ Uygulaması Toprak Analiz Sonuçları	33
4.3.2. B Materyali SFÜ Uygulaması Toprak Analiz Sonuçları.....	36
5. SONUÇLAR	38

6. KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Biyogaz Fermente Sıvı Atıklarının Serada Yetiştirilen Hıyar (*Cucumis sativus*) Bitkisinde Verim ve Mineral Beslenmesine Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/07/2023

Buşra ÇALIK



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

‰: Yüzde

μ: Mikro

Ca: Kalsiyum

CaCO₃: Kalsiyum Karbonat

Cu: Bakır

da: Dekar

dS: Desi simens

Fe: Demir

g: Gram

K: Potasyum

kg: Kilogram

m²: Metrekare

Mg: Magnezyum

mm: Milimetre

Mn: Mangan

N: Azot

P: Fosfor

Zn: Çinko

Kısaltmalar

SFÜ: Biyogaz Fermente Sıvı Atık

DTPA: Dietilentriamin Pentaasetik Asit

EC: Elektriksel Kondaktivite (Tuzluluk)

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Biyogaz Üretim Tesisi Şeması (Anonim, 2016).....	3
Şekil 2.2. Biyogaz üretiminde genel uygulama süreci (Anonim, 2016).....	4
Şekil 3.1. Deneme alanı görüntüsü	13
Şekil 3.2. Fidelerin toprağa şaşırtıldıktan sonra tesadüf parsellerine göre görünümü....	15
Şekil 3.3. Serada gübrelenen hıyarların farklı gelişim dönemleri	16
Şekil 3.4. Hıyar bitkilerinde kırmızı örümcek zararı	17
Şekil 3.5. Yetiştirme dönemi boyunca araştırma serasında sıcaklık değişimi	17
Şekil 3.6. Hıyar bitkilerinin meyve oluşum ve hasat dönemleri.....	18
Şekil 3.7. Hasat edilen meyvelerin kurutulması	18
Şekil 3.8. Bitki örneklerinde gerçekleştirilen bazı kimyasal analiz aşamaları	21

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. İki farklı özel biyogaz üretim tesisine ait olan fermente sıvı atıklarının içerikleri	14
Çizelge 3.3. Deneme desenine göre gruplar ve uygulama miktarları	15
Çizelge 4.1. A materyali SFÜ uygulama dozlarının bitki örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri.....	24
Çizelge 4.2. B materyali SFÜ uygulama dozlarının bitki örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri.....	26
Çizelge 4.3. A materyali SFÜ uygulama dozlarının meyve örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri	29
Çizelge 4.4. B materyali SFÜ uygulama dozlarının meyve örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri	32
Çizelge 4.5. A materyali SFÜ uygulama dozlarının toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri	35
Çizelge 4.6. B materyali SFÜ uygulama dozlarının toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri	37

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlıca artması, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması genel olarak enerji ihtiyacını arttırmaktadır. Enerji, ekonomik ve sosyal gelişim için vazgeçilmez bir gösterge olarak gösterilebilir. Fosil kaynaklardan enerji üretimi hem kaynakların tükenmesi hem de artan maliyetler sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimine yönelim başlamıştır (Yadvika vd. 2004). Bu kaynaklardan biyokütle kökenli en önemli alternatif biyoyakıtlar olarak belirtilebilir. Canlı olarak yaşamını tamamlamış organizmalar ya da bu organizmaların metabolik çıktıları kullanılarak üretilen, biyolojik olarak geri dönüştürülebilir katı, sıvı veya gaz yakıt kaynaklarıdır. Bu kaynaklar biyoetanol, biyogaz, biyometanol, biyoyağ vb. şekilde örneklendirilebilir. Bunlar, özellikle elektrik üretimi ve ulaştırma sektörlerinin yoğun fosil yakıt kullanımı nedeni ile yaşam alanlarına verdiği zararların azaltılmasına yönelik bir kaynak olarak gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından çevreye katkı sağlayabileceklerden önemli olanlarından biri de biyogazdır (White vd. 2011).

Biyogaz, organik kökenli atık ve artıkların anaerobik ortamda çeşitli bakteriler tarafından parçalanması sırasında son ürün olarak açığa çıkan, renksiz, kokusuz, havadan hafif ve bileşimi, organik maddeleri oluşturan bileşiklere göre değişen, yanıcı bir gaz karışımıdır (Weiland 2010). Bileşiminde %40-70 metan, %0,3 hidrojen sülfür, %30-60 karbondioksit ve eser miktarda hidrojen ve azot bulunmaktadır. Türkiye’de yılda 50-65 MTEP (milyon ton eş-değer petrol) tarımsal atık ve 11.05 MTEP hayvansal atık üretilmesine rağmen, üretilen bu atıkların sadece % 60’ı enerji üretimi için kullanılabilir niteliktedir. Bu tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerjinin Türkiye’nin yıllık enerji tüketiminin % 22-27’sine eşit olduğu bilinmektedir (Koçer N. vd. 2006). Biyogaz, üretiminden sonra açığa çıkan atıklar çevreyi kirletmek yerine çok daha değerli ve organik tarım içinde gerekli olan bir gübre haline dönüşebilmektedir. Bu dönüşüm özellikle kırsal kesimde çevre sağlığını olumlu etkilemektedir (Chang vd. 2011).

Fosil yakıtların tükenme tehlikesi ve artan maliyetleri sonucunda biyoatıklardan enerji elde edilmesi tüm dünyada desteklenmektedir. Biyoatıklardan enerji elde sürecinde en çok tercih edilen ve ekonomik olarak uygulanabilen biyogaz tesisleriyle elektrik üretimidir. Biyogaz üretimi aşamasında ortalama büyüklükteki bir tesisin günlük olarak açığa çıkan katı ve sıvı atık miktarı yaklaşık 1500 m³’tür. Bu atığın yaklaşık %95’ini sıvı atıklar oluşturmaktadır. Ortaya çıkan bu kadar fazla sıvı atığı bertaraf etmek oldukça zorlaşmaktadır. Genellikle lagünlerde biriktirilen bu fermente sıvı atıkların miktarı arttıkça sinek ve kötü koku gibi sorunları yaratması çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu atıklar topraktan sızarak taban suyuna karışabilir ve yeraltı su kaynaklarını kirletebilir. Bu gibi sebeplerle bu atıkları biriktirmek uzun süreli devam ettirilememektedir.

Antalya ilinde, iklim koşullarının uygun olması, sulanabilen verimli arazilerin bulunması nedeniyle erken veya geç dönemde örtü altı sebze tarımı yoğun şekilde yapılmaktadır. Toplam tarım arazisi miktarının içerisinde örtü altı sebze yetiştiriciliği 240.996 dekadır.

Hıyar bitkisi, Antalya koşullarında seralarda sıklıkla yetiştirilen bir sebzedir. Türkiye örtü altı sebze yetiştiriciliğinde üretilen hıyarın %40'ı Antalya ili tarafından karşılanmaktadır. 2021 yılında örtü altında Anyalya ilinde toplam olarak yaklaşık 672 bin ton hıyar üretimi gerçekleşmiştir (Anonim 2021). Domat esten sonra yetiştiricilikte ikinci sırada yer alan hıyar bitkisinin yaklaşık olarak %96'sı sudur. Su içeriğinin fazla, kalori değerinin düşük olmasından dolayı son yıllarda sağlıklı beslenme açısından tüketimi, buna bağlı olarak da üretimi artmıştır. TUİK (2022) verilerine baktığımızda hıyar üretimi bir önceki yıla göre yaklaşık %2.6 artış göstererek 1.938.545 ton kadar üretilmiştir. Hıyar çeşitleri ihtiyaca göre; turşuluk, taze tüketim gibi sebeplerle üretilir. Taze tüketim için tercih edilen çeşitler kalın kabuklu veya ince kabuklu olmasına, meyve boyuna göre alttırlere ayrılır. Silor çeşidi; son yıllarda üretilmiş bir hibrit hıyar çeşididir ve taze tüketim türü olarak tüketilen bu çeşit, diğer çeşitlere kıyasla daha kısa boylu (10-12 cm), ince kabuklu ve oldukça lezzetli bir varyetedir.

Hıyar yetiştiriciliğinde dekardan alınan 3 ton ürün ile topraktan, 5 kg N, 4 kg P, 8 kg K ve 3 kg Ca kaldırdığı saptanmıştır. Kimyasal gübre ihtiyacının ise yaklaşık olarak dekara saf 5-10 kg N, 4-10 kg P, 6-10 kg K ve 4-6 kg Ca olduğu ortaya konmuştur (Günay 1981). Ward (1967), sera koşullarında yetiştirilen hıyarın adsorbe ettiği besin maddesi miktarının hektarda 408 kg azot, 92 kg fosfor, 550 kg potasyum, 237 kg kalsiyum ve 57 kg magnezyum olarak saptamıştır. 100 gram taze hıyar yaklaşık 15 kalori, 3.4 gram karbonhidrat, 0.9 gram protein, 0.1 gram yağ, %0 kolesterol; 0.5 gram lif, 27 mg fosfor, 25 mg kalsiyum, 1.1 mg demir, 6 mg sodyum, 160 mg sodyum, 11 mg magnezyum, 250 IU A vitamini, 0.03 mg B1-0.04 mg B2 0,2 mg B3-0.042 mg B6 vitamini, 67 µg folik asit ve 11 mg C vitamini içerir (Anonim 2019).

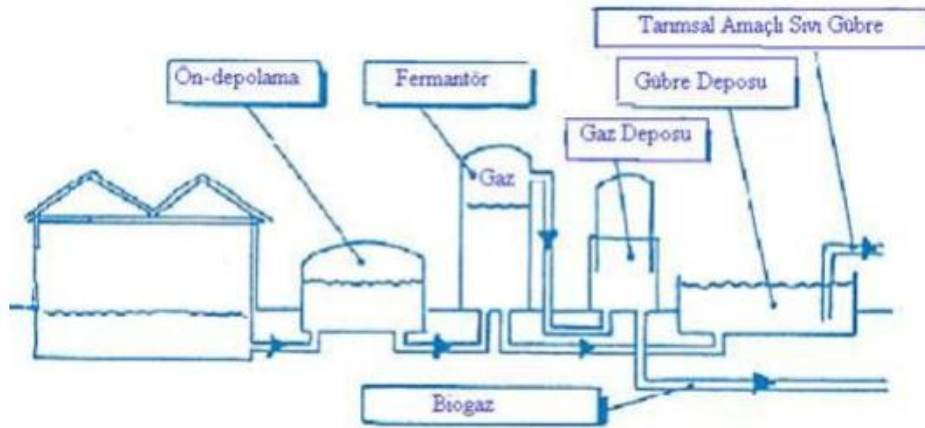
Bu tez çalışmasında hedef; sera koşullarında yetiştirilen hıyar bitkisinde çevresel sorunlara sebep olan ve henüz nasıl değerlendirileceği net olarak belli olmayan biyogaz fermente sıvı atıklarını tarımda değerlendirilerek, bitkisel üretimde toprağa katkı sağlayan organik materyal olarak kullanılabilmesinin incelenmesidir. Bu kapsamda önerilen kimyasal gübrelemenin yanı sıra bitkilere belirlenen farklı dozlarda (0, 2, 4, 6, 8 t/da⁻¹) 2 farklı işletmeden temin edilen biyogaz fermente sıvı atık uygulanmıştır. Uygulama sonunda toprak, bitki ve meyvede fiziksel, kimyasal analizler ve bazı morfolojik ölçümler yapılmıştır. Yapılan literatür taramalarında planlanan çalışmaya benzer çalışmaların nadir olduğu ve serada kurulan farklı bir çalışma bulunmadığı görülmüştür. Bu durumun literatüre, ekonomik olarak yetiştiriciye ve toprak yönetime fayda sağlaması amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

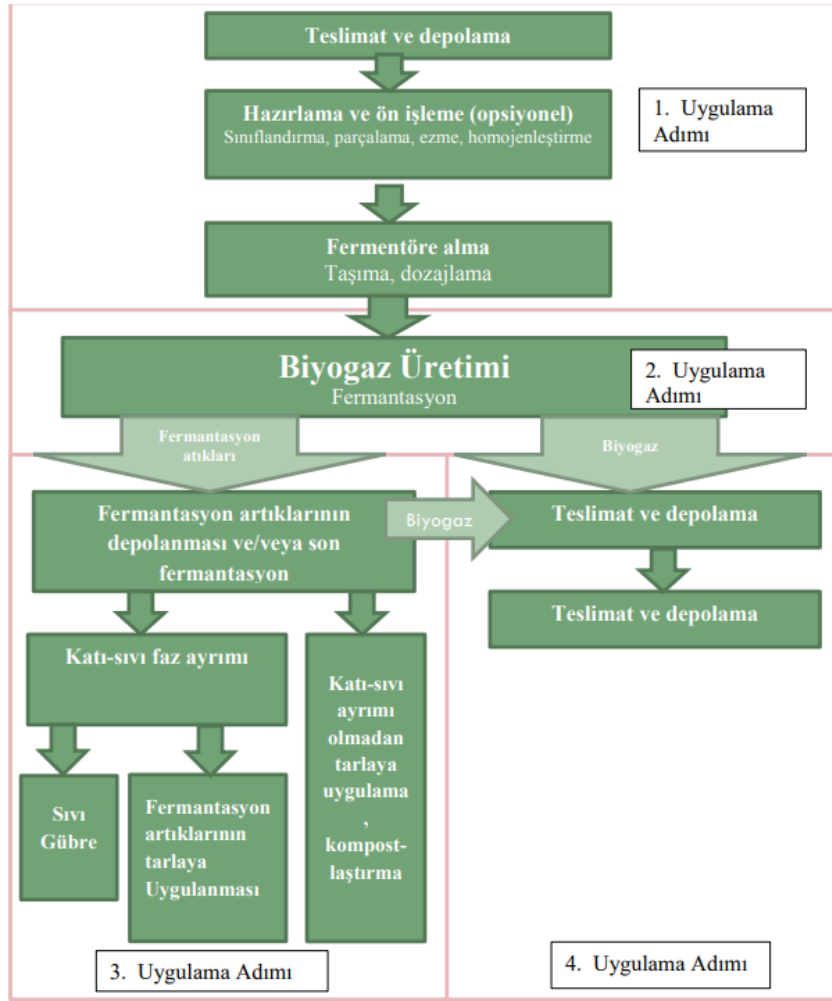
2.1. Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Atıklarının Kullanılması

Biyogaz, diğer gazlardan farklı olarak sadece biyokütlenin oksijensiz ortamda çürümesi ile işlenmesi sonucunda elde edilen yanıcı bir gazdır. Bir metreküp biyogazın sağladığı ısı miktarı yaklaşık 4700 ile 5700 kilokalori arasında değişmektedir. Bu enerji, yaklaşık 4.70 kWh elektrik enerjisine denk gelmektedir. Biyogaz üretimi sonucu açığa çıkan atıkların organik gübre değeri bulunmaktadır. Bu atıkların en önemli noktalarından biri anaerobik fermentasyon sonucunda elde edildiği için patojen mikroorganizmaların büyük bölümünü içermemesidir.

Biyogaz üretim tesisleri 3 ana organdan oluşur. Bunlar fermentör, gaz deposu ve gübre deposudur. Biyogaz üretimi farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Genel olarak biyogaz tesislerinin üretim şeması Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Bu şemaya göre depolanan atıklar fermentöre girerek fermentasyona uğrar ve oluşan gaz ayrılır. Geride kalan bulamaç ayırıcılarla katı ve sıvı formlarına ayrılabilir veya bulamaç olarak bertaraf edilebilir. Biyogaz üretiminde genel olarak uygulama süreci ise Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Tesiste 4 farklı uygulama adımı vardır. 1. adımda materyalin yönetimi, yani tedarik, depolama, hazırlama, nakliyat ve fermentöre alınmasıdır. 2. adımda hazır olan atıklardan biyogaz elde edilmesidir. 3. adım fermentasyon sonucu açığa çıkan atıkların depolanması ve tanktan çıkarılmasıdır. 4. adım ise elde edilen biyogazın depolanması, hazırlanması ve değerlendirilmesidir (Anonim 2016).



Şekil 2.1. Biyogaz Üretim Tesisi Şeması (Anonim, 2016)



Şekil 2.2. Biyogaz üretiminde genel uygulama süreci (Anonim, 2016)

Gurung (1997)'de N miktarı açısından taze sığır gübresinin azot oranının, biyogaz bulamacından düşük olduğunu bildirmiştir. Zirkler vd. (2014) bu açıdan değerlendirildiğinde biyogaz bulamacının N miktarının taze sığır gübresinden yüksek olması N ihtiyacı için bitkisel üretimde biyogaz bulamacı kullanılabileceğini, ancak biyogaz reaktörlerinden çıkan bulamacın besin içerikleri her zaman sabit olmadığını ifade etmiştir.

Garg ve ark. (2005), kömürle çalışan elektrik tesislerinden elde edilen uçucu külü ve biyogaz tesislerinden elde edilen biyogaz bulamacını tarla denemesinde buğday bitkisine uygulamışlardır. Uygulama sonucunda iki materyalin birlikte kullanıldığında buğdayda dane veriminin, kök uzunluğu yoğunluğunun ve yaprak alanı indeksinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Arthurson (2009), organik atıkların biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi ve oluşan bulamacın gübre olarak kullanılmasının mahsul verimini arttıracaklarını bildirmiştir. Artan verimliliğin besin döngülerini güçlendireceğini, dolayısıyla inorganik gübrelere olan ihtiyacın azalabileceği vurgulanmaktadır.

Yu vd. (2010) domates bitkisi yetiştiriciliğinde biyogaz bulamacı uygulanan bir çalışma sonucunda biyogaz bulamacı uygulamanın toprakta N-P-K miktarını arttırdığı, bitkide protein, çözünür şeker, b-karoten gibi parametreleri olumlu etkilediği ve bunun yanında topraktaki kültür edilebilir bakteri ve aktinomisetlerin artışında önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. Biyogaz bulamacı uygulamanın domates yetiştiriciliği yapılan bölgede kullanıldığında iyi sonuçlar verebileceği kanaatine varılmıştır.

Kılıç Ç. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, enerjinin, sosyal ve ekonomik gelişmişliğin bir belirtisi olarak insanoğlunun vazgeçilmez bir ihtiyacı olduğunu ve yaşam kalitesinin artırılmasında etken olduğu gibi, teknolojik üretim ve gelişim için yaşamsal derecede önemli olduğunu bildirmiştir. Enerji tanımı içinde var olan fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerjilerin kaynağı güneştir. Fosil yakıtlardan oluşan enerji kaynaklarına alternatif olarak günümüzde önem kazanan, yenilenebilir enerji kaynakları hidroelektrik enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi, gel-git enerjisi, okyanus ısısı enerjisi, hidrojen enerjisi, biyokütle ve biyogaz enerjisi şeklinde listelenebilir.

Ekonomik olarak üretim maliyetini azaltmak ve buna bağlı olarak süt ve et fiyatlarını düşürebilmek amacıyla kırsal bölgelerdeki çiftçilerin, biyogaz çiftliği sahipleriyle bir araya gelerek çevre köylerdeki çiftçiler ile iş birliği yapmasını ve tarımsal atıklarını biyogaza dönüştürmeleri hedeflenen bir çalışmada, sözleşme kurallarına uygun yapılan bu birlikteliğin sonucunda biyogaz ile elektrik ve ısı üretiminde ekonomik kazanç sağlandığı, üretim sonucu çıkan katı atıkların gübre olarak kullanılabileceği, sıvı atıkların ise araziye enjeksiyon veya yüzeyden püskürtülerek verilebileceği bildirilmiştir. Bu çalışma biyogaz üretim sistemlerinin yaygınlaşarak, yenilenebilir enerji üretimine katkı sağlanacağını ve çevresel açıdan problem olabilen organik atıkların bertarafının da mümkün olduğunu göstermektedir (Erkmen ve Özdemir 2012).

Biyogaz üretiminde kullanılan materyallerin tamamının organik atıklardan oluştuğu bir çalışmada, bu atıkları; hayvansal üretim sonucu oluşanlar, bitkisel üretim sonucu oluşanlar, gıda endüstrisi atıkları, kentsel-endüstriyel atıklar ve kanalizasyon atıkları olarak sınıflandırmışlardır. Kentsel-endüstriyel ve kanalizasyon atıklarının ağır metal içeriği ve kirletici varlığı bulundurma durumundan kaynaklı biyogaz üretimine kullanılmasının uygun bulunmadığı bildirilmiştir. Bu kapsamda, atık kaynaklarının bitki besin elementi içeriklerinin bilinmesinin biyogaz sonucu oluşan fermente gübrelerin kalitesinde önemli rol oynadığı tespit edilmiştir (Al Seadi ve Lukehurst 2012).

Abubaker vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada farklı 4 organik atıkla elde edilmiş 4 farklı biyogaz bulamacı değerlendirilmiştir. Deneme buğday bitkisi ile kurulmuş ve hektara 35, 70 ve 140 kg gelecek oranlarda hesaplanarak saksılara verilmiştir. Bitkilerin yaş ağırlıklarının artan gübre oranıyla arttığını ama biyogaz bulamacı ağırlıklarının NPK uygulamasından düşük olduğu tespit edilmiştir.

Do (2013), biyogaz tesisinden gelen kompost ve biyogaz bulamacını tuza dayanıklı bitki yetiştirmeye uygunluğunu test etmek amacıyla yaptığı araştırmada ayçiçeği, kolza ve çavdar otu bitkilerinde kompost ve bulamaca perlit, kokopit gibi katkı maddeleri olarak eklemiştir. Sonuç olarak kokopitin biyogaz bulamacına karıştırılmasının bitki büyümesini desteklediğini ve besin alımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Çin’de yapılan bir çalışmada *Perilla frutescens* isimli nanegillerden bir bitkiye biyogaz bulamacı sulandırılarak sulama yapılmıştır. Bu şekilde yapılan sulamanın bitkinin boyunu, kök uzunluğunu, klorofil içeriğini, stoma iletkenliğini ve su kullanımını arttırdığı belirlenmiştir (Xu vd. 2013).

Nkoa (2014) biyogaz atıklarının uygun şekilde işlenip yönetildiğinde ağır metal kirliliği riskinin engellenebileceğini, buna rağmen fazla miktarda uygulanmasıyla toprak azot ve fosfor kirliliğine sebep olabileceğini belirtmiştir.

Warnars (2014), biyogaz sonucu oluşan biyolojik bulamacı, sulu tarım yapılan arazilere 10-20 ton ha⁻¹, kuru tarım yapılan arazilere ise 5 ton ha⁻¹ uygulamış ve uygulama sonucunda verimin %25 arttığı gözlemlemiştir. Biyolojik bulamaç kullanmanın çiftlik gübresinden daha iyi olduğunu ve kimyasal gübre kullanma oranını azaltabileceğini bildirmiştir.

Coelho vd. (2018) biyogaz reaktörüne giren organik atıklarının, reaktörden çıkacak olan biyogaz bulamacının içeriğini doğrudan etkilediğini ifade etmiştir. Kanalizasyon ve şehir atıkları, bulamaç içerisinde kirletici faktörleri ve ağır metallerin yoğun olduğu görülmüştür, sadece bu atıklar değil farklı hayvansal ve bitkisel atıklarında ağır metal sorunu yaratabileceği belirtilmiştir.

Ferdous vd. (2018), tarafından yapılan çalışmada domates bitkilerine kimyasal gübre, biyogaz bulamacı, ahır gübresi ve bunların kombinasyonlarını uygulamış ve kimyasal gübre+kümes hayvanı biyogaz bulamacı uygulamasının en yüksek meyve verimini gösterdiğini bildirmiştir.

Koçar ve ark., (2018) biyogaz bulamacının kurutulmasıyla elde edilen gübreyi domates bitkisinin tohumlarını çimlendirmek için farklı ortamlar hazırlamakta kullanmışlar ve zeolit:torf:fermente gübre kullanılan ortamın çimlendirme oranını %8 arttırdığını belirtmişlerdir.

Yaraşır vd. (2018), buğday üretim sezonunda kurdukları bir denemede 3 farklı mineral azot gübre dozu ile 5 farklı biyogaz fermente sıvı atık dozu uygulaması gerçekleştirmiş ve verim ve kalite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Deneme sonunda SFÜ uygulamasının metrekarede başak sayısı, bin tane ağırlığı, başakta tane sayısı, bayrak yaprak alan miktarı ve tane verimini olumlu ölçüde etkilediği görülmüş ve 3t da⁻¹ SFÜ + 18 kg da⁻¹ N kombinasyonunun en iyi sonuçları verdiğini bildirmiştir.

Ronga vd. (2019), biyogaz fermente sıvı atığının hidroponik tarımda uygulandığı bir çalışma yürütmüş ve bebek marul yetiştiriciliği yapmışlardır. İncelenen parametreler sonucunda fermente sıvı atığın hidroponik sistemde sürdürülebilir ve alternatif bir yetiştirme ortamı olabileceği bildirilmiştir.

Emre vd. (2019), yapıkları çalışmada biyogaz bulamacının ayrıştırıcılarla katı ve sıvı olarak ayrıştırılmasından sonra elde edilen katı biyogaz atığının, sorgum ve Sorgum x Sudan otu melezi bitkilerinde yem verimi ve kalite üzerine etkilerini incelemiştir. 5 farklı dozda kimyasal gübre olmadan katı biyogaz atığı uygulandığında ölçülen parametrelerin bazılarında iyileştirme görülmesine rağmen, belirli bir doz önerisinde bulunamayacağını bildirmişlerdir.

İbil (2019), mısır bitkisine 2 farklı mineral azot dozu, üç farklı SFÜ dozu ve üç farklı biyogaz katı atık dozu uygulamıştır. Özellikle verim parametresine bakıldığında, mineral azot ve biyogaz katı atık uygulamalarının biyogaz fermente sıvı atık uygulamasına göre daha etkili olduğu hem katı hem sıvı biyogaz atıklarının mısır üretiminde alternatif bir organik gübre olabileceği bildirilmiştir.

Biyogaz sistemlerinden elde edilen biyogaz bulamacının (katı ve sıvı olarak ayrıştırılmadan önceki hali) marul yetiştiriciliğinde bitki gelişimine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, biyogaz bulamacının, tohum ön işleme, fide gelişimi ve bitki yetiştirme dönemi sürelerinde uygulanarak etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar bitkinin morfolojik özellikleri incelenerek uygulamalar arasında karşılaştırılmıştır. Parametreler dönemlere göre farklı dozlarda etki varlığını göstermiş ve biyogaz bulamacı uygulamasının, bitkinin gelişim dönemlerine göre konsantrasyonlarının değiştirilerek kullanılması önerilmiştir. Ayrıca konsantrasyon belirlemedeki en önemli parametrelerin pH, EC ve N içeriği olduğu belirtilmiştir (Baştabak ve Koçar 2020).

Koniuszewska vd. (2020), biyogaz üretimi için farklı reaktör tipleri seçmenin, fermentasyon tankının sıcaklık derecesinin ve farklı biyokütle kaynaklarının kullanımının biyogaz sonucu oluşan atığın ve biyogazın kendi kalitesinin değiştiğini bildirmişlerdir. Özellikle farklı biyokütle kaynaklarının tercih edilmesi oluşan gaz miktarını büyük oranda değiştirmektedir.

Sebök ve Hanelt (2020) biyogaz fermente sıvı atıklarının besin kaynağı ve yaşam ortamı olarak kullanılarak deniz makroalgi yetiştirmişlerdir. Çalışma için SFÜ'lar çeşitli filtrelerden geçirilmiş ve yapay deniz suyu ile farklı oranlarda karışımlar oluşturulmuştur. Sonuç olarak incelendiğinde SFÜ dozlarının algin büyüme oranını arttırdığı, ancak biyogaz tesislerin çıkan her fermente sıvı atıkla aynı etkileri göremeyeceklerini bildirmişlerdir.

Zicker vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada biyogaz tesislerinde kullanılan organik atıktan ve biyogaz oluşumu sonrasında ortaya çıkan bulamaçtan örnekler alınarak arazide mısır bitkisine uygulanmıştır. Sonuç olarak biyogaz bulamaçlarının P gübresi etkisine

sahip olduğu, ama toprak altındaki yüksek P konsantrasyonları nedeniyle P kaybı riski taşıdıklarını göstermektedir.

Yaylacı (2020), farklı sürelerde inkübasyona bırakılmış biyogaz fermente katı atığı, tam gübreli ve yarı gübreli koşullar altında buğday bitkisi üzerinde uyguladıkları araştırmada biyogaz fermente katı atıklarının toprağın EC değerini arttırdığı, besin elementi içeriği ve bitki gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir.

Koç vd. (2021) tarafından Tekirdağ'da yürütölen çalışmada asma bitkisi üzerinde Vermikompost, 15-15-15 kompoze gübresi ve 6 farklı kombinasyonları uygulanmış, fidanların sulanması içinse biyogaz fermente sıvı atığı ve sulama suyu kullanılmıştır. Sonuç olarak hemen hemen tüm uygulama gruplarında SFÜ ile yapılan sulamanın sulama suyu ile yapılan sulamaya göre %11.2 - %34.1 aralığında daha yüksek oranda bitki besin elementi miktarı içerdiği tespit edilmiştir.

Karaman ve Türkay (2022) tarafından Isparta'da gerçekleşen bir çalışmada tarla koşullarında biyogaz bulamacı 5 farklı dozda uygulanarak arpa yetiştirilmiştir. Sonuç olarak özellikle dekara 3 ton biyogaz bulamacı uygulamanın bin tane ağırlığını, hektolitreye ağırlığını, kül ve protein içeriklerini istatistiksel olarak önemli oranlarda arttırdığı tespit edilmiştir.

2.2. Hıyar Bitkisinin Yetiştirilmesi ve Farklı Organik Gübreleme Uygulamaları

Günay (1981) yaptığı çalışmada, hıyar yetiştiriciliğinde dekardan alınan 3 ton ürün ile topraktan, 5 kg N, 4 kg P, 8 kg K ve 3 kg Ca kaldırdığı saptamıştır. Kimyasal gübre ihtiyacının ise yaklaşık olarak dekara saf 5-10 kg N, 4-10 kg P, 6-10 kg K ve 4-6 kg Ca olduğu bildirmiştir. Ward (1967) ise, sera koşullarında yetiştirilen hıyarın absorbe ettiği besin maddesi miktarının hektarda 408 kg azot, 92 kg fosfor, 550 kg potasyum, 237 kg kalsiyum ve 57 kg magnezyum olarak saptamıştır.

Tuzel vd. (2005) tarafından İzmir’de yapılan bir çalışmada hıyar yetiştiriciliğinde iki sulama seviyesi ve 4 organik gübre uygulaması yapılmıştır. Bu organik gübreler bakteri veya alg bazlı iki gübre ve iki farklı oranda ahır gübresi+tavuk gübresidir. Farklı sulama uygulamaları sonucunda gruplar arasında hıyar veriminde önemli bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Ancak, 50 ton/ha organik gübre uygulamasının verim miktarı ile 30 ton/ha ahır gübresi+tavuk gübresi uygulamasının verim miktarının aynı olduğuna dikkat çekilmiştir.

Hıyar yetiştiriciliğinde arıtma çamurunun organik gübre olarak kullanıldığı bir çalışmada, toprağın özellikleri, bitki büyümesi, verim ve besin içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. 5 farklı dozda arıtma çamuru dikimden 2 ay öncesinde toprakta 30 cm derinliğe uygulanmış ve inkübasyona bırakılmıştır. Deneme sonunda toprak EC’si, değişebilir katyonlar ve alınabilir fosfor ve mikro element miktarlarında artış gözlenmiştir. Aynı zamanda en yüksek arıtma çamuru dozunda bitkide en yüksek verim değeri de görülmüştür. Tüm bunların yanında ağır metal içeriklerinin de arıtma çamuru ile artmış olması, bu organik gübrenin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır (Hussein 2009).

Mahmoud vd. (2009) bitki kalıntılarından, hayvan kalıntılarından ve ikisinin karışımından elde edilen 3 farklı kompost türünün mineral azotlu gübrelerle karıştırılarak hıyar yetiştiriciliğinde bitkiler ve toprak üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sadece bitki atıklarından oluşan kompost uygulamasının C/N oranı, pH, EC ve kütle yoğunluğu diğer kompostlara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Verim incelemesi doz farklılıklarına göre bakıldığında, organik atıkların kompost haline getirilerek uygulanmasıyla, kimyasal azotlu gübrelerin %25’ini ikame edebileceğini bildirmişlerdir.

Karaçancı (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada hıyar yetiştiriciliğinde bitkilere farklı dozlarda ahır gübresi ve tavuk gübresi uygulanmış ve 2 yıl boyunca tekrar edilmiştir. İlk yıl sonunda uygulamalar arasında toplam verim değerlerinde bir farklılık bulunamamış ama ikinci yılda tavuk gübresi uygulanan gruplarda verimin arttığı bildirilmiştir. Aynı zamanda organik gübre uygulaması yapılan bitkilerde dalların daha kalın ve daha dar açılar ile bağlandığı tespit edilmiştir.

Asri ve ark. (2011) organik ve kimyasal gübre uygulamalarının hıyar bitkisinde verim ve kalite üzerine etkileri incelenmiş ve uygulamalar arasında tam doz kimyasal gübre+organik gübre uygulamasının verim, titre edilebilir asitlik, meyve suyu EC’si ve K içeriğini arttırdığı gözlenmiştir. Organik gübre+kimyasal gübre uygulamalarının

sadece kimyasal gübre uygulamasından daha yüksek verim ve diğer parametrelerde önemli artış gösterdiği belirlenmiştir.

Ghehsareh ve Kalbasi (2012) organik gübre olarak hurma atığı kullanılan bir çalışmada, hurma atığı, toprak ve perlitin farklı kombinasyonları ile uygulamalar yapılmıştır. Deneme sonucunda hurma atıklarının kullanıldığı uygulamalarda hıyar verim miktarı, biyokütle ağırlığı, meyve sayısı, bitkinin boyu ve gövde çapı diğer uygulamalara göre daha yüksek değerler göstermiştir.

Tavakoli ve Khoshkam (2013) organik koşullarda serada hıyar üretiminde organik gübrelerin araştırıldığı çalışmada, kompost, ahır gübresi, kanatlı gübresi, kümes hayvanı gübresi ve biyolojik nitroksin gübresinin farklı kombinasyonları uygulanmıştır. Kompost-kümes hayvanı gübresi-ahır gübresi ve biyolojik gübreden oluşan karışık yatağın hıyar veriminde önemli bir artış yaptığı bildirilmiştir.

Farklı organik gübrelerin hıyar yetiştiriciliğinde etkilerinin incelendiği bir çalışmada, bitkilere ahır gübresi, vermikompost, kentsel atık kompostu, kimyasal gübreleme, marian yosunu farklı dozlarda uygulanmıştır. Sonuçlar bu gübreler arasında vermikompost uygulamasının diğerlerine göre daha yüksek, yaklaşık %24 oranında hıyar verimi gösterdiğini bildirmişlerdir (Ghasem vd. 2014).

Kompostun hıyar verimliliği ve toprak üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, farklı dozlarda kompost serada hıyar bitkilerine uygulanmıştır. Sonuçlar kompost uygulamasının toprak özelliklerini iyileştirdiğini, toprak verimliliğini ve organik madde içeriğini arttırdığını göstermiştir (Natsheh ve Mousa 2014).

Kırbay ve Özer (2015) çiftlik gübresini sulandırarak damlama sulama yaptıkları çalışmada %50 gölge durumunda yetiştirilen hıyarların veriminin tam gölge ve gölgesiz duruma göre daha fazla verim, en yüksek meyve ağırlığı ve yaprak klorofil içeriği içerdiğini saptamışlardır.

Sera koşullarında hıyar yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada, sıvı formda potasyum sülfat ve magnezyum sülfat uygulanmış ve verim üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda dekara 1 litre $MgSO_4$ uygulamasının verimi %37 arttırdığı tespit edilmiştir (Dursun vd. 2017).

Serada yetiştirilen hıyar bitkisinde sürekli kırpma yapılmasının toprak pH'sını düşürdüğünü bildiren bir çalışmada, gübrelemede vermikompost uygulanmasının toprak özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği ve rizosfer bölgesinde bakteriyal faunanın genişlemesine sebep olmuştur (Zhao vd. 2017).

Mohammed (2017) sera koşullarında yetiştirilen hıyar bitkisinde biyo-organik gübreleme ile organik gübreleme arasındaki farkı belirlemeye yönelik çalışmada, biyo-organik gübre var olan ve olmayan 2 grupta 3 uygulama dozu organik gübre uygulanmıştır. Uygulama sonucunda biyo-organik gübrelemenin organik gübrelemeye eklendiği uygulamalarda

başta verim olmak üzere, bitki boyunu, meyve nem yüzdesini ve yaprak klorofil içeriğini arttırdığını göstermiştir.

Sera koşullarında yetiştirilen hıyarın topraksız ortamlara göre kalite, verim ve büyümesinin değerlendirildiği bir çalışmada torf+talaş ve torf+talaş+perlit gruplarında çekirdeksiz ve körpe hıyar olmak üzere iki çeşit yetiştirilmiştir. Sonuç olarak körpe çeşidin parametrik ölçümlerinin daha iyi olmasına rağmen, toprak ortamına göre gelişme ve verim her iki çeşit içinde yetersiz bulunmuştur (Al-Far vd. 2019).

Adekiya vd. (2022) tarafından topraksız kültürde domates ve hıyar yetiştiriciliğinde organik ve inorganik gübre denemesi yapılmıştır. Hem inorganik hem organik gübre uygulamaları kontrole göre daha yüksek mineral element içeriği göstermiştir. Özellikle yaprak örneklerinde organik gübre uygulamalarında her iki bitki içinde gerekli olan tüm elementlerin yeterli aralıklarda olduğu görülmüştür. Bu durum daha ucuz olan organik gübrenin inorganik gübreye bir alternatif olduğunu düşündürmektedir.

Chen vd. (2022), hıyar yetiştiriciliği yapılan bir toprakta biyo-organik gübre ve azaltılmış kimyasal gübre uygulamanın sonuçlarının incelendiği bir çalışmada, toprağın fiziksel ve hidrolik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak biyo-organik gübre uygulamanın suya dayanıklı agregat içeriğini, gözenekliliğini arttırdığı, toprak kütle yoğunluğunu ise azalttığı belirlenmiştir. Azaltılmış kimyasal gübre ile biyo-organik gübre uygulanmasının fiziksel ve hidrolik toprak özelliklerini iyileştirebileceği bildirilmiştir.

Al-Najjar (2022) tarafından yosun özleri ile kimyasal gübreyi kombinasyon uygulamaları halinde uygulayarak hıyar yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada Spirulina algi kullanılmıştır. Kimyasal gübrelemenin yanında Spirulina uygulanan gruplarda özellikle kullanılabilir formda NPK aktivitesi, klorofil içeriği ve bitki büyümesi artarken, alg konsantrasyonu arttıkça verimin düştüğü bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde denemenin kurulduğu araştırma alanının ve deneme toprağın özellikleri, denemede kullanılan materyaller ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemlerle ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Denemenin kurulduğu alan ve toprak özellikleri

Araştırma kapsamında yapılan saksı denemesi, Akdeniz Üniversitesi kampüsü içerisindeki Ziraat Fakültesine ait cam sera (Şekil 3.1) koşullarında gerçekleştirilmiştir. Denemede Çizelge 3.1’de özellikleri belirtilen Akdeniz Üniversitesi Aksu Çiftliği’nden taşınan topraklar kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametre	Toprak	Sınıflandırma	Kaynak
pH	6.99	Nötr	Jackson 1967
EC	309 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Hafif tuzlu	-
%CaCO ₃	27.12	Aşırı kireçli	Çağlar 1949
%Organik Madde	0.87	Çok düşük	Black 1957, Thun vd. 1995
Tekstür	%26 Kil, %46 Silt, %28 Kum	Tınlı	Bouyoucos 1955, Black 1957
N (%)	0.30	Yetersiz	Kacar 2009, Loue 1968
P (%)	38.23	Yeterli	Olsen ve Sommers 1982
K (me100 g ⁻¹)	0.18	Çok düşük	Kacar 2009, Pizer 1967
Ca (me100 g ⁻¹)	33.19	İyi	Kacar 2009, Kacar 1962
Mg (me100 g ⁻¹)	7.06	İyi	Kacar 2009, Kacar 1962
Zn (mg kg ⁻¹)	0.38	Yeterli	Lindsay ve Norvell 1978
Mn (mg kg ⁻¹)	4.53	Yeterli	
Cu (mg kg ⁻¹)	1.48	Yeterli	
Fe (mg kg ⁻¹)	6.76	İyi	



Şekil 3.1. Deneme alanı görüntüsü

3.2.2. Denemede kullanılan biyogaz fermente sıvı atıklarının özellikleri

Çalışmanın amacı biyogaz tesislerinde fermentasyon sonucu açığa çıkan sıvı atıkların organik gübre potansiyellerinin hıyar bitkisinde saksı denemesiyle belirlemektir.

Biyogaz fermente sıvı atıkları (SFÜ), farklı 2 tesisten temin edilmiştir. A materyalinin ait olduğu tesis Aksaray merkezli, yakın çevredeki tüm tarımsal atıkları ve büyükbaş hayvan gübresini tedarik ederek 1.067 MW gücünde bir biyogaz üretim tesisidir. B materyalinin ait olduğu tesis ise Malatya merkezli, yumurta-tavuk gübresi, etli tavuk gübresi, katı besi gübresi ile biyogaz üretimini 3.12 MW güç ile elde etmektedir. Çizelge 3.2’de görüldüğü üzere iki SFÜ’nün element içeriklerinin farklılığı kullanılan hammaddeyle doğrudan ilişkilidir.

Çizelge 3.2. İki farklı özel biyogaz üretim tesisine ait olan fermente sıvı atıklarının içerikleri

	A	B
pH	9.17	8.58
EC (mS m ⁻¹)	22.2	14.53
% Organik madde	1.46	3.7
N (%)	1.47	2.48
P (%)	0.022	0.019
K (me100 g ⁻¹)	11.46	8.69
Ca (me100 g ⁻¹)	4.86	3.01
Mg (me100 g ⁻¹)	1.93	0.48
Na (me100 g ⁻¹)	7.39	2,97
Zn (mg kg ⁻¹)	2.630	2.957
Mn (mg kg ⁻¹)	3.881	1.630
Cu (mg kg ⁻¹)	0.796	2.202
Fe (mg kg ⁻¹)	38.975	15.407

3.2.3. Denemede kullanılan bitki ve özellikleri

Çalışmada, deneme bitkisi olarak ticari bir baş hıyar çeşidi olan taze tüketime uygun, ince kabuklu ve meyve yüzeyi pürüzsüz özellikleriyle tercih edilen Silor hıyar, Yüksel Tohum firmasından YT-195 çeşidi tohumun fidelerinden yetiştirilmiştir. Tohumlar firmanın fideliğinde çimlendirildikten sonra 7 günlük fide halinde temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Deneme 15 Eylül – 13 Aralık 2023 tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Saksılara Akdeniz Üniversitesi Aksu Çiftliği'nden taşınan topraklar 10 kg olmak üzere tartılmış, taban gübresi uygulanmış ve bitki fideleri bu toprağa şaşırtılmıştır. Deneme toplamda 40 saksıdan oluşmaktadır. Saksılar tesadüf parselleri deneme desenine (Çizelge 3.3) göre tesadüfi 4 tekerrürlü olarak deneme serasına yerleştirilmiştir.

Bitkilere fide döneminden itibaren Çizelge 3.2'de pH, EC ve içerik değerleri belirtilmiş olan 2 farklı biyogaz fermenter sıvı atığı (SFÜ) uygulanmıştır. Uygulama, fideler toprağa şaşırtıldıktan 1 hafta sonra başlamış ve her 14 günde bir olmak üzere toplamda 4 defa olacak şekilde yapılmıştır.

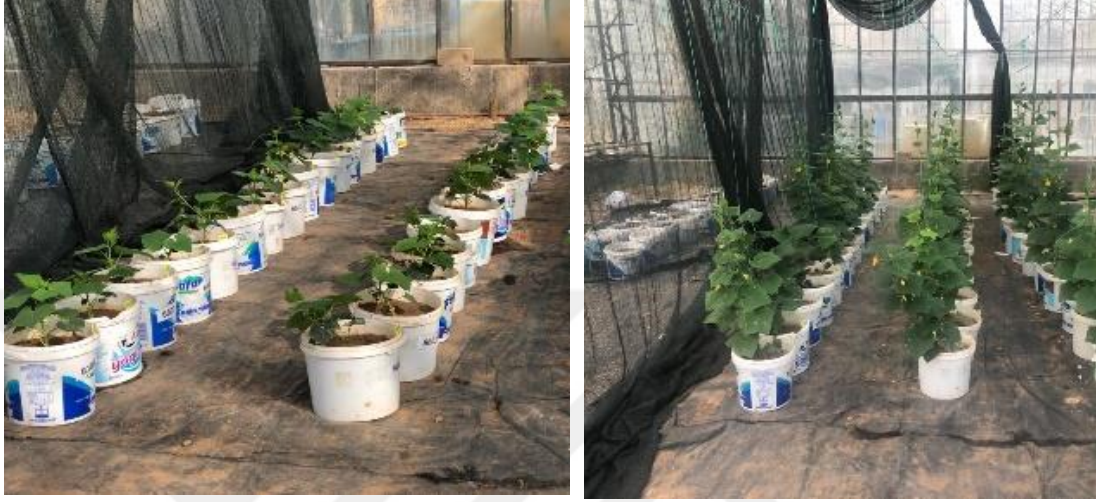
Çizelge 3.3. Deneme desenine göre gruplar ve uygulama miktarları

Uygulama Adı	Uygulama dozu	Uygulama Adı	Uygulama dozu
A1	0 t/da SFÜ+NPK	B1	0 t/da SFÜ+NPK
A2	2 t/da SFÜ+NPK	B2	2 t/da SFÜ+NPK
A3	4 t/da SFÜ+NPK	B3	4 t/da SFÜ+NPK
A4	6 t/da SFÜ+NPK	B4	6 t/da SFÜ+NPK
A5	8 t/da SFÜ+NPK	B5	8 t/da SFÜ+NPK



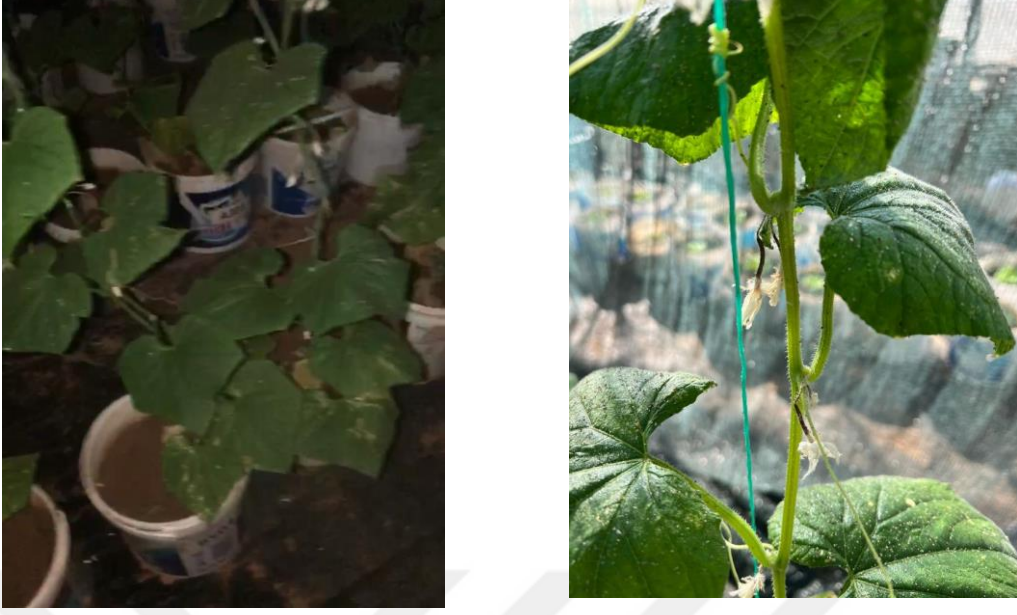
Şekil 3.2. Fidelerin toprağa şaşırtıldıktan sonra tesadüf parsellerine göre görünümü

Yapılan SFÜ uygulamasının yanında tüm gruplara önerilen dozda NPK gübrelemesi yapılmıştır. Bu gübreleme; ilk ay dekara 5 kg N, 11 kg P_2O_5 ve 7 kg K_2O şeklinde fosfor ağırlıklı olarak, ikinci ay dekara 3.5 kg N, 1 kg P_2O_5 ve 4.5 kg K_2O şeklinde potasyum ağırlıklı besleme şeklinde uygulanmıştır. Her ay gerekli miktar için MAP, potasyum sülfat ve amonyum sülfat gübreleri, haftalık dozları hesaplanarak haftada 1 gün, SFÜ dozlarından farklı bir güne denk gelecek şekilde uygulanmıştır.

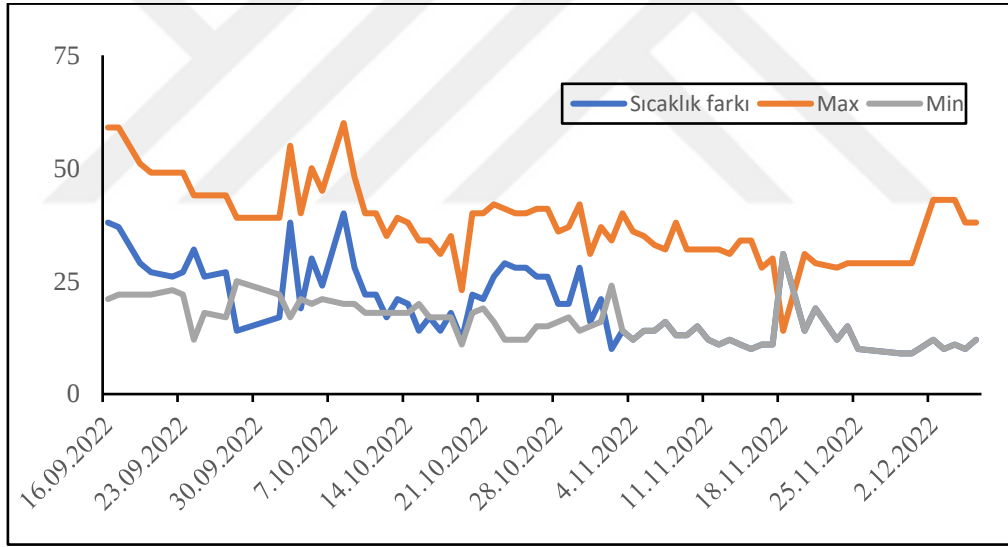


Şekil 3.3. Serada gübrelenen hıyarların farklı gelişim dönemleri

Bitkilerin gelişim aşaması boyunca sulama, çapalama, bitki koruma gibi kültürel işlemler özenli bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Sera koşullarından dolayı özellikle mevsime göre sıcaklıkların yüksek gitmesi sebebiyle (Şekil 3.5) kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae*) zararlısı tüm yetiştirme dönemi boyunca bitkilerde (Şekil 3.4) görülmüştür. Bunun için önerilen dozlarda bitki koruma mücadelesi yapılmış ve yetiştirmeye devam edilmiştir.



Şekil 3.4. Hıyar bitkilerinde kırmızı örümcek zararı



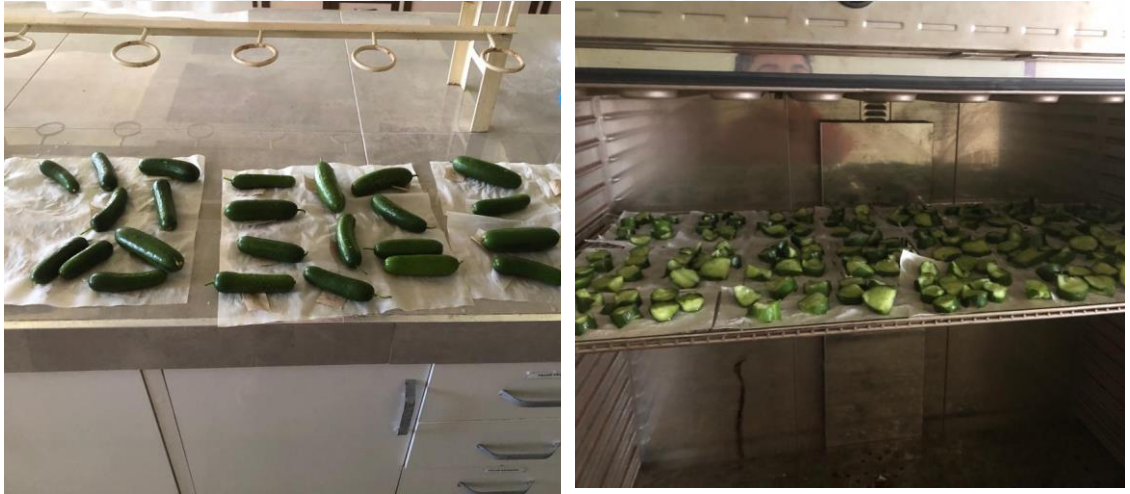
Şekil 3.5. Yetiştirme dönemi boyunca araştırma serasında sıcaklık değişimi

Yetiştiricilik sonunda bitkiler hasat edilmiştir. Bitkilerin yaprak örneklenmesi serada toplam çiçeklenme %10 civarında iken erişkinliğe ulaşmış orta yapraklardan yapılmıştır. Meyve örnekleme ise, hasat edilebilecek boya gelen her meyvenin günlük olarak hasat edilmesiyle gerçekleşmiştir. Hasatta tüm bitkilerde hasadı bekleyen meyvelerin hepsi toplanmış, bitki ve meyvelerde gerekli ölçümler (Şekil 3.7) alınmıştır.



Şekil 3.6. Hıyar bitkilerinin meyve oluşum ve hasat dönemleri

Ara dönemde ve hasatta alınan örnekler ilk önce laboratuvar getirilerek yıkanmış, yaş ağırlıkları alınmış ve kurumaları için 70 °C'ye ayarlanan bitki kurutma kabiniinde kurutulmuştur. Kuruduktan sonra tüm örneklerin kuru ağırlıkları alınmış ve bitki besin elementi analizleri için öğütülmüştür. Öğütülen örnekler bitki besin elementi analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Hasat edilen meyvelerin kurutulması

3.2.1. Biyogaz Fermente Sıvı Atıkları İçin Yapılan Laboratuvar Analizleri

Deneme materyali olarak kullanılan biyogaz fermente sıvı atıklarının her ikisinde de belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir.

Organik madde: Organik karbon hesabından organik madde yüzdesi hesaplanarak belirlenmiştir.

pH: pH değeri direk biyogaz fermente sıvı atığından pH-metre ile okunarak belirlenmiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC): EC değeri direk biyogaz fermente sıvı atığından EC-metre ile okunarak belirlenmiştir.

Toplam azot (N): Azot tayini modifiye edilmiş Devarda toplam azot metoduna göre yapılmıştır (Liao, 1981).

Toplam fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu): Biyogaz fermente sıvı atık örneğinden 25 ml 250 ml'lik balon jojeye koyulur, üzerine 3 ml HNO₃ eklenir ve saf su ile 250 ml'ye tamamlanır. Daha sonra hazırlanan karışım doğrudan ICP-OES (Perkin Elmer 7000DV) cihazında okunmuştur (Kacar ve Kütük 2010).

3.2.2. Bitki ve Meyve Örnekleri için Yapılan Laboratuvar Analizleri

Alınan yaprak örnekleri ve hasat büyüklüğüne geldiğinde toplanarak ölçüm alınan ve kurutulan, daha sonrasında hepsi beraber öğütülen meyve örneklerinde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

Azot (N) : Azot tayini Modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Kacar ve İnal 2008).

Toplam makro (P, K, Ca, Mg) ve mikro (Zn, Mn, Cu) bitki besin elementleri: Örneklerden 0.5 g alınarak üzerlerine 3 ml HCl (%37), 9 ml HNO₃ (%65) ilave edildikten sonra digiblok (Labtech ED 36S) yakma ünitesinde yaş yakma işlemi yapılmıştır (EPA 3051a). Daha sonra elde edilen süzükten bu elementlerin toplam konsantrasyonları ICP-OES (PE-Optima 7000 DV) cihazında belirlenmiştir.

Yaş ağırlık: Her saksıdaki bitkiden hasat edilen yaprak ve meyve örnekleri yıkama ve kurutma işleminden önce tartılmış ve bir dekar alana göre yaş ağırlıkları hesaplanmıştır (kg bitki⁻¹).

Kuru madde verimi: Her saksıdaki bitkiden hasat edilen yaprak ve meyve örnekleri yıkanmış ve 65 °C'de kurutma işleminden sonra tartılır ve bir dekar alana göre kuru madde ağırlıkları hesaplanmıştır (g bitki⁻¹).

3.3.3. Toprak Örnekleri için Yapılan Laboratuvar Analizleri

Deneme sonunda bitkiler söküldükten sonra tüm saksılardan örnekler alınmıştır. Alınan örnekler kuruması için Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü toprak odalarına serilmiştir. Kuruyan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten elenerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Analize hazır toprak örnekleriyle aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

Toprak bünyesi: Bouyoucos (1955) hidrometre yöntemiyle yapılmış ve tekstür sınıfı tekstür üçgeni kullanılarak sınıflandırılmıştır (Black 1957).

Kireç (%CaCO₃): Kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiş ve sonuçlar % CaCO₃ olarak hesaplanmıştır (Çağlar 1949).

pH değeri: pH değeri 1:2.5 oranında toprak-saf su karışımı 30 dakika süreyle 150 devirde çalkalanmış, filtre kağıdı ile süzme işlemi gerçekleştirildikten sonra pH-metre ile okunarak belirlenmiştir (Jackson 1967).

Elektriksel iletkenlik (EC): EC değeri 1:2.5 oranında toprak-saf su karışımında 30 dakika süreyle 150 devirde çalkalanmış, filtre kağıdı ile süzme işlemi gerçekleştirildikten sonra EC-metre ile okunarak belirlenmiştir.

Organik madde: Modifiye Walkley-Black metoduna göre yapılmış, sonuçlar % olarak hesaplandıktan sonra Thun vd. (1995)'ne göre sınıflandırılmıştır.

Toplam Azot (N): Modifiye Kjeldahl metoduna göre (Kacar 2009) tayin edilmiş ve sonuçlar % olarak hesaplandıktan sonra Loue (1968)'ya göre sınıflandırılır.

Alınabilir Fosfor (P): Olsen metoduna göre tayin edilerek spektrofotometre cihazında 880 nm dalga boyunda okuma yapılarak örneklerin konsantrasyonları belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır (Olsen ve Sommers 1982).

Değişebilir Katyonlar (K, Ca ve Mg): Örneklerin ekstraksiyonunda 1 N Amonyum Asetat (pH=7) metodu Kacar (2009)'ın bildirdiği gibi uygulanmış ve konsantrasyonlar ICP-OES (PE-Optima 7000 DV) cihazında belirlenmiştir. Potasyum sonuçları Pizer (1967)'e, kalsiyum ve magnezyum sonuçları Loue (1968)'ya göre sınıflandırılmıştır.

Alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu: Örnekler 0.005M DTPA ile muamele edilmiş, elde edilen süzüklerdeki konsantrasyonlar (Lindsay ve Norvell 1978) ICP-OES (PE-Optima 7000 DV) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Bitki örneklerinde gerçekleştirilen bazı kimyasal analiz aşamaları

3.3. İstatistiksel analiz yöntemleri

Araştırma sonuçları SPSS ile paket programları kullanılarak varyans ve tekrarlı ölçüm analizi ile birlikte %5 önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bitki Örneklerinin Analiz Sonucu Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde farklı biyogaz fermente sıvı atıklarının (A materyali SFÜ ve B materyali SFÜ) farklı dozlarının hıyar bitkisi üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

4.1.1. A Materyali SFÜ Uygulaması Bitki Analiz Sonuçları

A materyal SFÜ uygulamasının hıyar bitkisinin bazı gelişim, verim ve mineral element konsantrasyonları üzerine olan etkileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Uygulamaların bitki boy uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyu değerleri 1. ve 4. uygulamalardan elde edilmiş ve A materyal SFÜ uygulamasının bitki boy uzunluğuna 6 ton da^{-1} dozunda etki gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol uygulaması da bitki boy uzunluğu bakımından en yüksek değeri sağlamıştır. Benzer olarak Abubaker vd. (2012), yaptıkları çalışmada biyogaz bulamacı uygulamasının NPK uygulamasından daha az bitki boyu gösterdiğini bildirmişlerdir.

A materyali SFÜ uygulamalarının bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkilerde A materyali SFÜ uygulaması için yaş ağırlık verileri incelendiğinde en yüksek değer 5.uygulama olan 8 ton da^{-1} dozundan elde edilmiştir. Bu veriler incelendiğinde artan dozlar arasında doğrusal bir ilişki bulunmamakla birlikte en yüksek doz olan 8 ton da^{-1} atık uygulamasında yaş ağırlığının artmasının SFÜ sebebiyle olduğu düşünülebilir. Benzer olarak domates bitkisine organik gübre olarak deniz yosunu uygulanan bir çalışmada gübre dozu arttıkça yaş ağırlığının arttığı bildirilmiştir (Şen 2015). Kuru ağırlık verileri incelendiğinde uygulamada kullanılan farklı dozların istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Bitki yaprak örneklerinde yapılan makro ve mikro besin elementleri analizleri değerlendirildiğinde Çizelge 4.1’de Mg ve Mn elementleri hariç diğer besin elementlerinin uygulamalardan etkilendiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli bulunduğu ortaya çıkmıştır. Hıyar bitki yaprak örneklerinde azot içeriklerinde 2 ton da^{-1} uygulaması hariç tüm uygulamaların yaprak azot değerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Kontrol dahil tüm uygulamalara eşit NPK gübrelemesi yapılması nedeniyle yaprak örneklerinin azot konsantrasyonlarındaki artışının A materyali SFÜ uygulamasından dolayı gerçekleştiği düşünülmektedir. Yu vd. (2010), domates bitkisine uyguladıkları biyogaz bulamacı çalışmasında bulamacın N miktarını arttırdığını bildirmektedir.

Bitki örneklerinin fosfor ve potasyum konsantrasyonları incelendiğinde, A materyali SFÜ uygulamasının tüm uygulama dozlarında kontrol dozuna göre daha düşük olduğu, % P ve K içeriklerinin azalmasına neden olduğu görülmektedir. Bu durum Abubaker vd. (2012) yaptıkları benzer bir çalışmayla doğru orantılıdır. Yapılan her iki çalışmada da P ve K içerikleri kimyasal gübre uygulamasından daha düşük tespit edilmektedir.

Bitki örneklerinin kalsiyum konsantrasyonları incelendiğinde; A materyali SFÜ uygulama dozlarının %Ca değeri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunduğu ve artan dozlarla bitki Ca konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. Bitki örneklerinde en yüksek Ca konsantrasyonu 8 ton da uygulamasından elde edilirken en düşük değer kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla 2 ton atık dozunun %9.3, 4 ton atık dozunun %1.3, 6 ton dozunun %15 ve 8 ton dozunun %21.7 oranında %Ca konsantrasyonunda artışa neden olduğu görülmektedir. Bu durum biyoçar uygulanan mısır bitkisinde biyoçar dozu arttıkça Ca içeriğinin azaldığını gösteren bir çalışma ile ters orantı göstermektedir (Mahmoud vd. 2019). Çizelge 3.2.'de belirtildiği gibi Biyogaz A materyalinin besin içerikleri incelendiğinde Ca artışı gözlenmesinin yüksek Ca içeriğinden ($4.86 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1}$) kaynaklı olduğu kanaatine varılabilmektedir. Örneklerde magnezyum değerleri incelendiğinde, uygulamalar arasında doza bağlı olarak istatistiksel önemli bir fark bulunmamaktadır.

Bitkilerin mikro besin elementi içerikleri incelendiğinde, A materyali SFÜ dozu arttıkça, bitkinin Zn ve Cu içeriğinin azaldığı görülmektedir. Bitki yaprak örneklerinde Zn konsantrasyonu 1. ve 2. uygulamalarda en yüksek değerlerde iken Cu içeriklerinde 2.uygulama en yüksek değeri sağlamıştır. Bu verilere karşı turp bitkisine organik gübre olarak tavuk gübresinin uygulandığı bir çalışmada, gübre dozu arttıkça bakır ve çinko içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Zhou vd. 2005). Mikro element içeriklerinde 2 ton da^{-1} uygulama dozunun en etkili doz olduğu belirlenmiştir. Örneklerin mangan içerikleri incelendiğinde, doza bağlı olarak uygulamalar arasında % Mn içeriklerinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır.

Çizelge 4.1. A materyali SFÜ uygulama dozlarının bitki örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri

Uygulama	Boy (cm)	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	151.50 a	229.31 b	9.26	2.55 ab	0.30 a	2.58 a	2.26 c	1.18	6.72 a	33.27	2.14 b
2	122.25 b	166.96 c	6.05	2.32 b	0.24 b	2.23 b	2.47 abc	1.17	6.26 a	29.31	4.61 a
3	129.25 b	233.85 b	7.65	2.66 a	0.24 b	2.12 b	2.29 bc	1.16	4.67 b	29.42	1.73 b
4	144.25 a	163.94 c	5.89	2.67 a	0.24 b	2.26 b	2.60 ab	1.01	4.89 b	25.73	2.42 b
5	123.25 b	271.03 a	8.62	2.85 a	0.25 b	2.22 b	2.75 a	0.99	4.70 b	27.99	1.85 b
f	7.718***	44.692***	1.030öd	4.129**	7.677***	8.807***	4.211**	0.804öd	5.379***	0.561öd	8.782***

öd: Önemli değil, **: p<0.01, ***:p<0.001

4.1.2. B Materyali SFÜ Uygulaması Bitki Analiz Sonuçları

B materyal SFÜ uygulamasının hıyar bitkisinin bazı gelişim, verim ve mineral element konsantrasyonları üzerine olan etkileri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Uygulamaların bitki boy uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak ($p<0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyu değeri 3. uygulamadan elde edilmiş ve B materyal SFÜ uygulamasının bitki boy uzunluğuna 4 ton da^{-1} dozunda etki gösterdiği belirlenmiştir. Hıyar bitkisinin boyunun kontrol uygulamasına kıyasla 4 ton atık dozunda yaklaşık olarak %15.2 oranında arttığı belirlenmiştir. Buna benzer olarak hidroponik ortamda yetiştirilen bebek marullarda, biyogaz fermente sıvı atığının besin solüsyonuna eklenmesiyle yapılan bir denemede ve toprak katı ortamında büyüyen bitkilerin en yüksek bitki boyunu gösterdiği bildirilmiştir (Ronga vd. 2019).

B materyali SFÜ uygulamalarının bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak ($p<0.001$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkilerde B materyali SFÜ uygulaması için yaş ağırlık verileri incelendiğinde en yüksek değer 3.uygulama olan 4 ton da^{-1} dozundan elde edilmiştir. Benzer olarak lignoselülozik atıklardan elde edilen sıvı hümik asidin mısır tohumlarına uygulandığı bir çalışmada, humik asit uygulamasının yaş ağırlığı arttırdığı bildirilmektedir (Eyheraguibel vd. 2008). Kuru ağırlık verileri incelendiğinde uygulamada kullanılan farklı dozların istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Bitki yaprak örneklerinde yapılan makro ve mikro besin elementleri analizleri değerlendirildiğinde Çizelge 4.2’de N ve Zn elementleri konsantrasyonları uygulamalardan etkilenmiş ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunduğu ortaya çıkmıştır. Hıyar bitki yaprak örneklerinde azot içeriklerinde 4. ve 5. uygulamalar hariç diğer uygulamaların yaprak azot değerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda 3. uygulama en yüksek N konsantrasyonu ile öne çıkmıştır. Emre vd. (2019) tarafından yapılan araştırmada biyogaz bulamacı uygulaması fiziksel olarak bitkileri iyi etkilemiş olmasına rağmen bitki besin elementleri açısından istatistiksel olarak önemli farklar göstermemektedir. Bitkilerin çinko konsantrasyonlarında 2, 3 4. uygulamalar en yüksek değerleri sağlamış bitkilerin Zn konsantrasyonlarını artıran uygulamalar olarak belirlenmiştir. Organik bir atık olarak arıtma çamuru kullanılan bir çalışmada arıtma çamuru dozu arttıkça bitkilerde Zn içeriğinin de arttığı bildirilmiştir (Özgür 2019).

Çizelge 4.2. B materyali SFÜ uygulama dozlarının bitki örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri

Uygulama	Boy (cm)	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	147.75 b	198.57 c	7.87	4.09 a	0.22	2.65	2.48	0.95	5.49 b	22.62	2.73
2	156.50 ab	241.78 b	7.85	4.16 a	0.21	2.47	2.56	1.10	8.17 a	26.24	2.33
3	170.25 a	279.78 a	7.61	4.60 a	0.26	2.51	3.12	0.92	8.45 a	27.55	1.95
4	151.00 b	150.50 d	5.83	2.80 b	0.27	2.61	3.10	1.03	8.34 a	28.54	2.24
5	145.50 b	214.35 c	8.45	2.71 b	0.21	2.54	2.64	0.91	5.62 b	25.83	1.66
f	3.911*	66.276***	0.392öd	24.90**	2.104öd	0.254öd	1.542öd	0.402öd	6.876**	0.675öd	1.792öd

öd: Önemli değil, *:p<0,05, **: p<0.01, ***:p<0.001

4.2. Meyve Örneklerinin Analiz Sonucu Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde farklı biyogaz fermente sıvı atıklarının (A materyali SFÜ ve B materyali SFÜ) farklı dozlarının hıyar bitkisi meyve örnekleri üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

4.2.1. A Materyali SFÜ Uygulaması Meyve Analiz Sonuçları

A materyal SFÜ uygulamasının hıyar bitkisi meyvelerinde meyve boyu, meyve çapı, verim, kuru ağırlık ve mineral element konsantrasyonları üzerine olan etkileri Çizelge 4.3’de verilmiştir. A materyali SFÜ uygulamasının meyvelerde meyve boyu, meyve çapı ve kuru ağırlık parametrelerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Meyve boyu değerleri 11.66-13.53 cm, meyve çapı 28.84-33.29 mm ve kuru ağırlık değerleri 3.57-4.11 gr bitki⁻¹ aralığında belirlenmiştir.

Verim değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5.uygulama olan 8 ton da⁻¹ biyogaz uygulamasından elde edilmiş ve bu artış kontrole göre %32.6 olarak gerçekleşmiştir. Diğer biyogaz uygulama dozlarına göre değerlendirildiğinde maksimum dozun verime etkisi önemli katkı sağlamıştır. Warnars (2014) buğday bitkisiyle yaptığı bir çalışmada, tarlada biyogaz bulamaç uygulamasıyla (sulu tarım yapılan arazilere 10-20 ton ha⁻¹, kuru tarım yapılan arazilere ise 5 ton ha⁻¹) verimde yaklaşık %25 artış belirlemiştir. Verim artışının istatistiksel olarak önemli bir fark göstermesine kıyasla kuru madde miktarının SFÜ dozunun artmasıyla istatistiksel olarak bir fark göstermediği ifade edilebilmektedir (Çizelge 4.3).

Hıyar bitkisi meyve analizlerinde makro besin elementleri analizleri incelendiğinde A materyali SFÜ’nün dozlarının makro element konsantrasyonları üzerine istatistiksel olarak önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Azot elementi içeriğinde en yüksek değer 2. uygulama olan 2 ton da⁻¹ uygulamasından elde edilirken en düşük azot konsantrasyonları 3. ve 4. uygulamalardan elde edilmiştir (p<0.05). Meyvelerin fosfor içeriği değerlendirildiğinde, 2. ve 5. uygulamalar en yüksek fosfor konsantrasyonuna sahip uygulamalar olarak belirlenmiştir. En düşük P konsantrasyonları ise 1. ve 3. uygulama dozlarında saptanmıştır (p<0.05). Bu durum A materyali SFÜ’nün artan dozlarında meyvede fosfor içeriğinin arttığını göstermiştir. Biyogaz bulamacı uygulamasının P miktarında artışa neden olabileceği Zicker vd. (2020) tarafından bildirilmiştir.

Meyve örneklerinin potasyum içerikleri incelendiğinde, en yüksek K konsantrasyonunun 2, 4 ve 5. uygulamalardan elde edildiği belirlenmiştir (p<0.01). Kontrol uygulaması ile kıyaslandığında en düşük uygulama dozu olan 2 ton da⁻¹ atık dozu uygulaması diğer uygulamalardan daha yüksek oranda %31.9 daha fazla potasyum içeriği göstermektedir. Meyvelerin K konsantrasyonları üzerine SFÜ’nün önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde *Camelia oleifera* bitkisine artan dozlarda biyogaz bulamacı uygulandığında, meyvelerde potasyum içeriğinin önemli ölçüde arttığı bildirilmektedir

(You vd. 2019). Meyve örneklerinin Ca konsantrasyonları değerlendirildiğinde, en yüksek değerin 4.uygulama olan 6 ton da^{-1} uygulamasından elde edildiği ve özellikle yüksek SFÜ dozlarında Ca konsantrasyonunda artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. 4 ton atık dozu dışında tüm uygulama gruplarında meyvede kalsiyum içeriği artmıştır. Özellikle önerilen doz olan 4 ton da^{-1} atık dozunda en yüksek %Ca belirlenmiştir. Bitki örneklerinde ve meyve örneklerinde gerçekleşen bu durumun A materyali biyogaz içeriğinde Ca miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hıyar bitkisi meyvelerinde magnezyum içerikleri incelendiğinde, A materyali SFÜ uygulamasının 2 ton da^{-1} uygulama dozunda en yüksek Mg konsantrasyonu elde edilmiştir. En düşük Mg konsantrasyonuna göre %28.1'lik bir artış sağlanmıştır. Mısır bitkisine verilen vermikompost gübresinin de benzer şekilde düşük doz olan uygulamada meyve Mg konsantrasyonunu arttırdığı bildirilmiştir (Durukan vd. 2020).

Hıyar bitkisi meyve analizlerinde mikro besin elementleri analizleri incelendiğinde A materyali SFÜ'nün dozlarının mikro element konsantrasyonları üzerine istatistiksel olarak önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Mikro besin elementi içerikleri incelendiğinde, meyve örneklerinin çinko içerikleri A materyali SFÜ dozu ile doğrusal olarak artmaktadır. En yüksek Zn konsantrasyonu maksimum doz olan 5.uygulamadan (8 ton da^{-1}), en düşük değer ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. 8 ton da^{-1} atık dozunda kontrole göre %237.8 oranında meyvelerin Zn içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum A materyali SFÜ'nün meyvelerde Zn içeriğini arttırdığını doğrudan gösterir bir durumdur. Bu verileri destekleyen bir çalışmada sıvı ve katı vermikompost uygulanan domates bitkilerinde en yüksek doz uygulamasında Zn içeriği en yüksek tespit edilmiştir (Durukan vd. 2019). Hıyar meyvelerinde mangan konsantrasyonunda 4 ton da^{-1} dozundan itibaren Mn miktarı doğrusal bir artış göstermiş ve en yüksek değerler bu uygulamalardan elde edilmiştir. Çim bitkisine arıtma çamuru ve ahır gübresi karışımlarının uygulandığı bir çalışmada arıtma çamurunun mangan içeriğini azalttığı tespit edilmiştir (Küçükhemek vd. 2008). Bu durum verilerle ters orantı göstermektedir. Meyvelerde bakır konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek değerler 4. ve 5.uygulamalardan elde edilmiş ve kontrole göre Cu konsantrasyonları %482.4 ve %506.6 oranında artış göstermiştir. Bu durum A materyali SFÜ dozunun artışıyla bakır içeriğinin arttığını göstermektedir. Benzer olarak vermikompost uygulanan domates bitkilerinde en yüksek iki doz vermikompostun da bakır içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Teke vd. 2019). A materyali SFÜ uygulamasının dozlarıyla doğru orantılı olarak mikro besin elementi içeriklerinin arttığı ve istatistiksel olarak önemli farklar oluşturduğu görülmektedir. A materyali SFÜ'nün içerik analizlerinde görüldüğü üzere (Çizelge 3.2) A materyali SFÜ'nün mikro besin elementleri içerikleri (Zn: 2.63 ppm, Mn:3.88 ppm ve Cu:0.79 ppm) yüksektir. Uygulanan SFÜ'daki mikro element içerikleri toprakta alınabilir mikro elementleri arttırmış ve meyveye taşınmasına sebep olmuş olabilir.

Çizelge 4.3. A materyali SFÜ uygulama dozlarının meyve örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri

Uygulama	Meyve Boyu (cm)	Meyve Çapı(mm)	Verim (gr bitki ⁻¹)	Kuru Madde (gr bitki ⁻¹)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	11.66	28.84	210.06 c	3.89	1.56 ab	0.43 b	2.79 b	0.61 bc	0.32 b	7.08 d	3.32 b	2.11 c
2	12.92	29.23	194.15 c	3.57	1.63 a	0.55 a	3.68 a	0.71 ab	0.41 a	11.84 c	5.02 b	3.00 c
3	12.23	30.60	254.20 b	4.00	1.41 b	0.42 b	2.86 b	0.54 c	0.32 b	12.77 c	7.81 a	8.49 b
4	13.53	33.29	193.78 c	3.59	1.42 b	0.48 ab	3.49 a	0.78 a	0.34 b	16.60 b	8.73 a	12.29 a
5	12.99	33.11	278.53 a	4.11	1.54 ab	0.55 a	3.61 a	0.68 ab	0.35 b	23.92 a	8.80 a	12.80 a
f	2.683öd	1.88öd	43.285***	1.074öd	3.563*	3.395*	5.669**	6.040**	6.692**	62.836***	15.803***	148.39***

öd: Önemli değil, *:p<0,05, **: p<0.01, ***:p<0.001

4.2.2. B Materyali SFÜ Uygulaması Meyve Analiz Sonuçları

B materyal SFÜ uygulamasının hıyar bitkisi meyvelerinde meyve boyu, meyve çapı, verim, kuru ağırlık ve mineral element konsantrasyonları üzerine olan etkileri Çizelge 4.4’de verilmiştir. B materyali SFÜ uygulamasının meyvelerde meyve çapı ($p<0.01$), verim ($p<0.001$), N ($p<0.001$), P ($p<0.001$), Zn ($p<0.001$) ve Mn ($p<0.001$) konsantrasyonları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Meyve boyu değerleri 11.80-13.06 ve kuru ağırlık değerleri 3.65-4.05 gr bitki⁻¹ aralığında belirlenmiştir.

Meyve çapı değerlerinde en yüksek değerler kontrol uygulamasından elde edilirken biyogaz atıklarının gövde çapı değerlerinde önemli artışlar sağlamadığı belirlenmiştir. Bu verilerin tersine, vermikompost, gentasol ve biyofarm organik gübrelerinin uygulandığı hıyar bitkilerinde meyve çapı değerlerinde önemli bir fark tespit edilmemiştir (Kuzucu ve Dumlupınar, 2017). Verim değerleri incelendiğinde en yüksek değer 3.uygulama olan 4 ton da⁻¹ biyogaz uygulamasından elde edilmiş ve bu artış kontrole göre %40.9 olarak gerçekleşmiştir. Ferdous vd. (2018), domates bitkilerine kimyasal gübre, biyogaz bulamacı, ahır gübresi ve bunların kombinasyonlarını uygulayarak etkilerini incelemiş ve kimyasal gübre+kümes hayvanı biyogaz bulamacı uygulamasının en yüksek meyve verimini gösterdiğini bildirmektedir.

Hıyar bitkisi meyve analizlerinde makro besin elementleri analizleri incelendiğinde B materyali SFÜ’nün dozlarının makro element konsantrasyonlarında N ve P üzerine istatistiksel olarak önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Azot elementi konsantrasyonunda en yüksek değer 3. uygulama olan 4 ton da⁻¹ uygulamasından elde edilirken en düşük azot konsantrasyonları 2. ve 5. uygulamalardan elde edilmiştir ($p<0.001$). Domates bitkilerinde farklı dozlarda tavuk gübresi uygulandığında meyvelerdeki azot içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Sönmez vd., 2019). Biyogaz uygulaması kontrol uygulamasına göre 4 ton da⁻¹ atık dozu uygulamasının %10.4 oranında azot içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Fosfor elementi konsantrasyonunda en yüksek değer 3., 4. ve 5. uygulamalardan elde edilirken en düşük fosfor konsantrasyonları 1. ve 2. uygulamalardan elde edilmiştir ($p<0.01$). Artan biyogaz uygulamaları meyvelerdeki fosfor konsantrasyonunda etkili olmuştur. Kontrol uygulamasına göre 4 ton atık dozu %36.5, 6 ton atık dozu %19.5 ve 8 ton atık dozu %12.2 oranlarında fosfor konsantrasyonlarını artışa neden olmuştur. Benzer olarak kanatlı gübresi uygulanan domates bitkilerinde meyvelerdeki fosfor içeriklerinde artış olduğu bildirilmiştir (Olaniyi ve Ajibola 2008).

Hıyar bitkisi meyve analizlerinde mikro besin elementleri analizleri incelendiğinde B materyali SFÜ’nün dozlarının Zn ve Mn konsantrasyonları üzerine istatistiksel olarak önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Mikro besin elementi içerikleri incelendiğinde, meyve örneklerinin çinko içeriklerinde en yüksek Zn konsantrasyonu 3.doz ile (4ton da⁻¹), en düşük değer ise 1., 2. ve 5. uygulamalardan elde edilmiştir. 4 ton

da⁻¹ atık dozunda kontrole göre %95.9 oranında meyvelerin Zn içeriğinin artırdığı belirlenmiştir. Hıyar meyvelerinde mangan konsantrasyonunda en yüksek değerler 3.uygulama olan 4 ton da⁻¹ elde edilmiş ve kontrole göre Mn konsantrasyonları %26 oranında artış göstermiştir. Bu verilere karşı, hurma bitkisine yapılan NPK+tavuk gübresi+ahır gübresi+evsel kompost atığı gübrelemelerinde meyvelerin mikro element içeriklerinde bir değışik gözlenmediğı bildirilmiştir (Marzouk ve Kassem 2011). Genel olarak B materyali SFÜ uygulamasının özellikle önerilen doz olan 4 ton da⁻¹ atık dozunda mikro element içeriğini arttırdığı söylenebilir. Bu durum B materyali SFÜ'nın mikro element içeriklerinin Zn: 3 ppm, Mn: 1,63 ppm, Cu: 2,20 ppm olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 3.2).



Çizelge 4.4. B materyali SFÜ uygulama dozlarının meyve örneklerinde verim ve bitki besin elementi içerikleri

Uygulama	Meyve Boyu (cm)	Meyve Çapı (mm)	Verim (gr bitki ⁻¹)	Kuru Madde (gr bitki ⁻¹)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	12.37	38.09 a	198.57 cd	4.03	1.53 b	0.41 b	3.40	0.59	0.31	14.83 c	7.95 b	11.78
2	12.14	29.08 c	245.35 b	4.05	1.31 d	0.45 b	3.41	0.61	0.33	16.41 c	8.04 b	11.76
3	13.063	34.04 ab	279.78 a	3.65	1.69 a	0.56 a	3.83	0.59	0.37	29.06 a	10.02 a	13.80
4	11.81	36.69 ab	195.50 d	3.88	1.42 c	0.49 a	3.43	0.55	0.33	19.70 b	8.47 b	12.96
5	11.80	33.48 b	214.35 c	3.97	1.30 d	0.46 b	3.31	0.60	0.36	16.71 c	8.65 b	12.59
f	1.394 öd	6.765 **	36.516 ***	0.731 öd	30.76 ***	5.04 **	1.617 öd	0.866 öd	0.966 öd	63.755 ***	5685 **	1490 öd

öd: Önemli değil, **: p<0.01, ***:p<0.001

4.3. Toprak Örneklerinin Analiz Sonucu Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde farklı biyogaz fermenter sıvı atıklarının (A materyali SFÜ ve B materyali SFÜ) farklı dozlarının bazı toprak özellikleri üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

4.3.1. A Materyali SFÜ Uygulaması Toprak Analiz Sonuçları

A materyal SFÜ uygulamasının hıyar bitkisi yetiştirilen topraklarda pH, EC, organik madde, makro ve mikro element konsantrasyonlarına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. A materyali SFÜ uygulama dozlarının toprakların EC, N, P, K, Ca ve Zn konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Deneme topraklarının pH değerleri 6.94-7.07, organik madde içerikleri %1.14-1.41, Mg konsantrasyonları 5.92-6.72, Mn konsantrasyonları 5.37-6.62 mg kg⁻¹ ve Cu konsantrasyonları 1.62-2.07 mg kg⁻¹ aralığında belirlenmiştir.

Toprakların EC değerleri incelendiğinde, A materyali SFÜ uygulama dozlarının toprakların EC değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak $p<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek EC değerleri 2. ve 5. uygulamalardan elde edilmiş ve bu değerlerin bitki gelişimini olumsuz olarak etkileyecek düzeylere ulaşmadığı görülmüştür. Uygulama dozlarının ve sayılarının yüksek EC düzeylerinin oluşmamasında etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu duruma göre A materyali SFÜ dozunun EC değerlerinde genel olarak düşük düzeylerde artışa sebep olduğu söylenebilmektedir. Bu durum Baştabak ve Koçar (2020)'ın çalışmalarında belirttiği üzere biyogaz bulamacının uygulanmasının toprak EC'sini arttırdığını gösteren verilerle tutarlı bir benzerlik göstermektedir.

Toprakların makro bitki besin elementleri içerikleri incelendiğinde, A materyali SFÜ uygulama dozlarının toprak azot içerikleri üzerine etkisi $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 2.uygulama olan 2 ton da⁻¹ uygulama dozu haricinde tüm uygulama dozlarının önemli etkilerde bulunduğu tespit edilmiştir. Benzer olarak arıtma çamuru uygulanmış topraklarda nitrat azot seviyelerinin de dozla doğru orantıda arttığı tespit edilmiştir (Epstein vd. 1976). Toprakların fosfor içeriklerinde, uygulama dozlarının etkisi $p<0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek toprak P değeri maksimum doz olan 5.uygulamadan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre 5. uygulama olan 8 ton da⁻¹ atık dozunda toprak P kapsamı %89 oranında artış göstermiştir. Bu durum A materyali SFÜ uygulamasının artan dozlarla doğrusal olarak alınabilir P içeriğini arttırdığını göstermektedir. Benzer olarak 4 yıl boyunca biyogaz bulamacı uygulanan bir çalışmada, topraklarda uygulama sonrasında P içeriklerinin arttığı bildirilmektedir (Zicker vd. 2020)

A materyali SFÜ uygulama dozlarının toprak potasyum içerikleri üzerine etkisi $p<0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek toprak potasyum içeriği 5. uygulamadan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre 5. uygulama olan 8 ton da⁻¹ atık dozunda ise %6.9 oranında potasyum içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Arıtma çamuru ve kompost uygulanan topraklarda mısır ve ot yemi yetiştirildiğinde toprakların arıtma çamuru uygulamasında en yüksek fosfor içeriğini gösterdiği bildirilmiştir (Warman ve Termeer 2005). Toprakların Ca içeriklerinde A materyali SFÜ uygulama dozlarının etkisi $p<0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş, en yüksek toprak Ca değerleri

1. ve 4. uygulamalardan elde edilmiştir. En düşük Ca değerlerini ise 2. ve 3. uygulama dozları sağlamıştır. Toprakların Mg içeriklerinde ise SFÜ uygulamalarının gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmadığı ve bu değerlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir.

Deneme topraklarının mikro element içerikleri incelendiğinde sadece Zn içerikleri üzerine A materyali SFÜ uygulama dozlarının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($p<0.001$), 4. uygulama dozundan (6 ton da^{-1}) en yüksek değer elde edilmiştir. Toprak örneklerinin çinko içerikleri kontrol uygulamasına göre 6 ton da^{-1} atık dozunda %73.6 oranında artış göstermiştir. Benzer şekilde artan dozlarda arıtma çamuru uygulamasında çinko içeriğinin arttığı tespit edilmiştir (Özyazıcı vd. 2012). Çinko dışındaki diğer üç mikro element olan demir, mangan ve bakır değerleri incelendiğinde SFÜ dozları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir.



Çizelge 4.5. A materyali SFÜ uygulama dozlarının toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri

Uygulama	pH	EC (dS m ⁻¹)	Org.Madde (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (me 100 g ¹)	Ca (me 100 g ⁻¹)	Mg (me 100 g ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	7.00	0.29 c	1.41	0.35 a	30.05 d	0.29 b	33.82 a	6.15	6.77	0.38 c	6.20	2.04
2	6.94	0.36 a	1.14	0.27 b	49.54 ab	0.25 c	29.35 c	6.72	6.50	0.33 c	5.43	1.69
3	6.98	0.31 b	1.23	0.34 a	43.47 bc	0.24 c	29.29 c	6.08	7.53	0.48 b	5.37	1.62
4	7.07	0.28 c	1.23	0.35 a	37.54 cd	0.26 c	34.26 a	6.12	6.98	0.66 a	5.75	1.79
5	7.03	0.35 a	1.33	0.38 a	56.80 a	0.31 a	31.55 b	5.92	7.46	0.34 c	6.62	2.07
f	1.177 öd	23.25***	2.738 öd	5.871**	10.17***	22.24***	13.46***	0.493 öd	1.741 öd	37.533***	1.455 öd	0.980 öd

öd: Önemli değil, **: p<0.01, ***:p<0.001

4.3.2. B Materyali SFÜ Uygulaması Toprak Analiz Sonuçları

B materyal SFÜ uygulamasının hıyar bitkisi yetiştirilen topraklarda pH, EC, organik madde, makro ve mikro element konsantrasyonlarına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. B materyali SFÜ uygulama dozlarının toprakların N, P, K, Mg ve Zn konsantrasyonu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Deneme topraklarının pH değerleri 7.11-7.16, EC değerleri 0.29-0.37, organik madde içerikleri %1.12-1.36, Ca konsantrasyonları 26.78-30.28 me 100 g⁻¹, Fe içerikleri 6.32-6.78 mg kg⁻¹, Mn konsantrasyonları 5.30-6.60 mg kg⁻¹ ve Cu konsantrasyonları 1.66-2.31 mg kg⁻¹ aralığında belirlenmiştir.

Toprakların makro bitki besin elementleri içerikleri incelendiğinde, B materyali SFÜ uygulama dozlarının toprak azot içerikleri üzerine etkisi p<0.001 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 2. ve 3 uygulama hariç diğer uygulama dozları en yüksek değeri sağlayan uygulamalar olarak belirlenmiştir. Uygulama dozlarında yüksek dozların etkileri belirgin bir şekilde etkili olmuştur. Benzer şekilde mısır yetiştiriciliğinde ahır gübresi uygulamasının toprak azot içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Yağmur ve Okur 2018). Toprakların fosfor içeriklerinde, uygulama dozlarının etkisi p<0.001 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek toprak P değeri maksimum doz olan 5.uygulamadan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre 5. uygulama olan 8 ton da⁻¹ atık dozunda toprak P kapsamı %72.2 oranında artış göstermiştir. Arıtma çamuru ve kompost uygulaması yapılan topraklarda, mısır yetiştiriciliği sonrası arıtma çamuru uygulamalarının olduğu parsellerde fosfor kapsamının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Vaca vd. 2011).

B materyali SFÜ uygulama dozlarının toprak potasyum içerikleri üzerine etkisi p<0.001 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 2.uygulama dozu olan 2 ton da⁻¹ uygulama dozu haricindeki tüm uygulama dozlarının toprak potasyum içeriğinde etkili olduğu görülmüştür. Benzer şekilde biyokömür ve vermikompost uygulanan topraklarda potasyum içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Sönmez ve Çığ 2019). Toprakların Mg içeriklerinde B materyali SFÜ uygulama dozlarının etkisi p<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş, en yüksek toprak Mg değerleri 3., 4. ve 5. uygulamalardan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre 4 ton atık dozunda %41, 6 ton atık dozunda %41.5 ve 8 ton atık dozunda %40.4 oranında magnezyum içeriğinin arttığı tespit edilmektedir. Artan biyogaz sıvı atık uygulama dozları toprak Mg içeriklerinde önemli artışlara neden olmuştur. Organik gübre uygulamalarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, leonarditin benzer olarak toprağa uygulamasının Mg içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Akpınar 2020).

Deneme topraklarının mikro element içerikleri incelendiğinde sadece Zn içerikleri üzerine B materyali SFÜ uygulama dozlarının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş (p<0.001), 4. uygulama dozundan (6 ton da⁻¹) en yüksek değer elde edilmiştir. Toprak örneklerinin çinko içerikleri kontrol uygulamasına göre 6 ton da⁻¹ atık dozunda %24.3 oranında artış göstermiştir. Tavuk gübresinin toprakta çinko içeriğini arttığı benzer şekilde bildirilmiştir (Akgül 2022). Çinko dışındaki diğer üç mikro element olan demir, mangan ve bakır değerleri incelendiğinde SFÜ dozları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir.

Çizelge 4.6. B materyali SFÜ uygulama dozlarının toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri

Uygulama	pH	EC (dS m ⁻¹)	Org.Madde (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (me 100 g ¹)	Ca (me 100 g ⁻¹)	Mg (me 100 g ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	7.16	0.29	1.26	0.39 a	34.22 d	0.33 a	30.28	4.58 b	6.67	0.37 b	6.60	2.31
2	7.18	0.32	1.36	0.32 b	39.71 c	0.23 b	26.78	5.28 b	6.62	0.34 bc	5.33	1.72
3	7.16	0.37	1.29	0.31 b	46.86 b	0.33 a	29.51	6.46 a	6.78	0.36 b	5.96	1.90
4	7.15	0.29	1.22	0.39 a	35.76 cd	0.35 a	29.73	6.48 a	6.57	0.46 a	5.82	1.85
5	7.11	0.32	1.12	0.40 a	58.94 a	0.36 a	28.19	6.43 a	6.32	0.27 c	5.30	1.66
f	0.183 öd	2.983 öd	1.797 öd	7.598***	39.56***	10.487***	1.845 öd	4.449*	0.171 öd	7.322***	2.180 öd	1.573 öd

öd: Önemli değil, *:p<0,05, ***:p<0.001

5. SONUÇLAR

Geleneksel yetiştiricilik yöntemlerinde uygulanan gübreleme programları ile bitkiler yeteri oranda beslenebilmekle birlikte üreticiler tarafından alternatif materyal olarak ilave uygulamalar da yapılabilmektedir. Bu uygulamalar çoğunlukla organik kökenli materyallerden oluşmakta ve gelişmeye önemli katkılar sağlayabilmektedir. Gelişme ve verimlilik parametrelerinin artışı için kullanılan bu organik kökenli uygulamalar topraklarda sürdürülebilirliğin sağlanmasına önemli katkı sunarken çevreci özelliklere de sahip olmaları gerekmektedir.

Yeryüzündeki popülasyon artışlarının çevre kirliliğini artırması nedeniyle çevreci yaklaşımlar günden güne daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Ekolojiye zarar veren üretimlerin başında enerji eldesi amaçlı fosil yakıtların kullanılması gelmektedir. Bunların azaltılmasına yönelik son zamanlarda sıklıkla karşılaşılan alternatif enerji elde etme yöntemleri hızla artış göstermektedir. Bu yöntemler güneş enerjisinden faydalanılan güneş tarlaları, rüzgâr enerjisinden faydalanılan türbinler, akarsu ve denizlerde gel-git-dalga ve akıntı enerjisinden faydalanılan sistemlerle birlikte organik atıkların anaerobik ortamda yanıcı gaz eldesi ile biyogaz sistemleri olarak sıralanabilir. Organik atıklardan biyogaz eldesi ve elde edilen gazın yakılarak enerjiye dönüştürülmesi prosesi enerji için önemli bir kazanım oluştururken yan ürün olarak oluşan atıkların da yeniden bertaraf edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Biyogaz eldesi sonucu ortaya çıkan katı ve sıvı atıkların ne şekilde bertaraf edilmesi gerektiği konusunda son yıllarda yapılan araştırmalarda toprağa uygulamalarının bazı bitki gelişim parametreleri ve toprak özellikleri üzerine olumlu etkiler yapması sonucu bu araştırmanın temelini oluşturmuştur. Çünkü özellikle katı maddenin ayrılması sonucu ortaya çıkan fermente sıvı atıkların bazı riskleri bulunmaktadır ve bu atıkların nasıl değerlendirileceği henüz net olarak ortaya konulmamıştır. Yürütülen bu araştırma ile biyogaz tesislerinde atık olarak biriktirilen sıvı fermente atıkların hıyar bitkisinin gelişiminde ve verimde oluşturacağı etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'nde kurulmuş bir biyogaz tesisinin biyogaz sıvı fermente atıkları ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde kurulmuş bir biyogaz tesisinin biyogaz sıvı fermente atıkları kontrol ile birlikte 2-4-6-8 ton da⁻¹ dozlarında hıyar bitkisinde gelişme ve verim üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre bitki örneklerinde A materyali SFÜ uygulama dozlarının bitki boyu parametresinin kontrolle birlikte 4. ve 5. uygulamalarda en yüksek değerlere ulaştığı görülmüş, yaprak yaş ağırlığında ise maksimum doz olan 5. uygulama en etkili doz olarak ortaya çıkmıştır. Yaprakların besin elementi konsantrasyonlarında N içeriğinde artan atık dozları etkili olurken P ve K uygulamalarında kontrol uygulaması en yüksek değerleri sağlamıştır. Yaprakların Ca konsantrasyonunda maksimum doz en yüksek değeri sağlarken Zn bakımından kontrolle birlikte 2 ton da⁻¹ uygulaması etkili olmuştur. Cu konsantrasyonunda ise 2 ton da⁻¹ uygulama dozu maksimum değerin elde edildiği uygulama dozu olarak belirlenmiştir.

Meyve örneklerinde A materyali SFÜ uygulama dozlarının verimde 5. uygulamada en yüksek değerlere ulaştığı görülmüş, meyvede N içeriğinde ise 2.uygulamanın en etkili

doz olduğu belirlenmiştir. Meyvenin P içeriğinde 2. ve 5. uygulama dozları, K içeriğinde ise 2, 4. ve 5. uygulama dozları en etkili dozlar olarak saptanmıştır. Ca içeriğinde 4.doz, Mg içeriğinde 2. doz Zn içeriğinde ise 5. doz en yüksek değerlerin elde edildiği dozlar olarak belirlenmiştir. Mn içeriğinde 3, 4. ve 5. uygulama dozları etkili iken Cu içeriğinde 4. ve 5. dozlar en yüksek değerleri sağlamışlardır.

A materyali SFÜ uygulama dozlarının deneme topraklarının EC değerlerinde küçük artışlara neden olduğu ancak bu artışların bitki büyümesini olumsuz etkileyecek düzeylere ulaşmadığı belirlenmiştir. Toprakların N içeriklerinde 2.doz hariç tüm dozlar etkili olurken P ve K içeriklerinde maksimum uygulama dozu olan 5. uygulama dozu en yüksek değerleri sağlamıştır. Toprakların Ca içeriklerinde kontrolle birlikte 4.doz artış sağlarken Zn içeriklerinde 4. uygulama dozu olan 6 ton da⁻¹ uygulaması artışa neden olmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre bitki örneklerinde B materyali SFÜ uygulama dozlarının bitki boyu ve yaş ağırlık değerlerini 3. uygulama dozunda en yüksek değerlere ulaştırdığı görülmüş, yaprak N içeriğinde kontrolle birlikte 2. ve 3. uygulama dozlarının etkili oldukları belirlenmiştir. Yaprakların Zn içeriklerinde ise 2, 3. ve 4. uygulama dozlarının maksimum Zn birikimi sağladıkları belirlenmiştir.

Meyve örneklerinde B materyali SFÜ uygulama dozlarının meyve çapında kontrol uygulaması en etkili uygulama olarak saptanırken, P içeriklerinde 3. ve 4. uygulama dozları en etkili uygulamalar olarak ortaya çıkmıştır. Meyvede verim, N, Zn ve Mn içeriklerinde 3. uygulama dozunun en etkili doz olduğu ortaya çıkmıştır.

B materyali SFÜ uygulama dozlarının deneme topraklarının N içeriklerinde kontrolle birlikte 4. ve 5. dozlar en yüksek değerleri sağlarken P içeriklerinde maksimum doz olan 8 ton da⁻¹ uygulama dozu daha etkili doz olarak ortaya çıkmıştır. Toprakların K içeriklerinde 2.doz hariç tüm uygulamalar etkili olurken Mg içeriklerinde artan sıvı atık materyal dozları toprak Mg içeriğini artırmışlardır. 4. uygulama dozu toprakların Zn içeriklerinin artışında en yüksek değeri sağlamıştır.

Deneme süresince bitkilerin sulaması kontrollü bir şekilde yapılmıştır. Morfolojik olarak sulama yapılırken A materyal SFÜ uygulanan saksıların su ihtiyaç miktarı aynı süre zarfında B materyaline göre daha az olduğu gözlenmiştir.

Deneme süresi boyunca meyve örnekleri hasada geldikçe toplanmıştır. Alınan kayıtlara göre ilk meyve hasatları B materyali SFÜ 4 ton da⁻¹ dozu uygulanan gruptan yapılmıştır. Serada morfolojik olarak yapılan gözlemler sonucunda B materyali SFÜ’da 4 ton da⁻¹ uygulamasının erkenciliğe sebep olduğu söylenebilir.

Biyogaz tesislerinde ortaya çıkan sıvı fermente atıkların farklı dozlarının etkilerinin gözlemlendiği araştırma doz artışlarının incelenen parametrelerde doğrusal bir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Bazı kriterlerde küçük etkiler saptanırken doz artışlarının genel bir yargı oluşturmadığı saptanmıştır. Yetiştiricilik süresince bitkilere sadece N-P-K gübrelemesi yapılmış ve diğer besin elementleri atık materyalin performansını ortaya koyması için uygulanmamıştır. Bu koşullarda özellikle mikro

elementlerden Zn içeriklerinde genel bir artışın olduğu ortaya çıkmış ve bu düzeyler toksisite düzeylerine ulaşmamıştır.

Atıkların değerlendirilmesinin gerekliliğinin son yıllarda sürekli vurgulandığı günümüzde biyogaz tesislerinde sorun olarak görülen bir materyalin alanlarına uygulanması gerekliliğini ortaya çıkmış bulunmaktadır. Özellikle sıvı atıkların uygulanmalarına ilişkin çalışma sayısının sınırlı olduğu görülmekle birlikte bu tür araştırmaların farklı bitki türlerinde ve farklı ekolojilerde uygulanarak ideal uygulanma oranları ve uzun yıllarda uygulanmasının etkileri belirlenmelidir. Böylece hem atıklar en çevreci şekilde bertaraf edilmiş olunacak hem de tarımsal üretimde verimlilik ve sürdürülebilirlik artırılacaktır.

Organik kökenli materyallerin topraklara uygulanmalarında uzun dönem etkileri şüphesiz daha önemli katkılar sağlamaktadır. Bu nedenle bu araştırmaların uzun dönem etkilerinin gözlemlenebilmesi için araştırmaların uzun dönemlerde farklı iklim ve toprak koşullarda farklı bitkilerde denenmesi gerekmektedir. Ayrıca işletmelerde üretilen fermente ürünlerin standardizasyon sorunları bulunmaktadır ve sorun işletmelerin farklı özelliklerde ve karışımlar halinde organik materyal kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle farklı işletmelerden elde edilen materyallerin topraklara uygulanmalarında farklı etkiler gözlemlenebilmektedir. Ayrıca tesislerden elde edilen katı ve sıvı materyallerin organomineral gübre üretiminde de katkı sağlayabileceği, bu yönde araştırmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu da açıktır.

6. KAYNAKLAR

- Abubaker, J., Risberg, K., & Pell, M. 2012. Biogas residues as fertilisers–Effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy*, 99, 126-134.
- Adekiya, A. O., Dahunsi, S. O., Ayeni, J. F., Aremu, C., Aboyeji, C. M., Okunlola, F., & Oyelami, A. E. 2022. Organic and in-organic fertilizers effects on the performance of tomato (*Solanum lycopersicum*) and cucumber (*Cucumis sativus*) grown on soilless medium. *Scientific Reports*, 12(1), 12212.
- Akgül, Ş. 2022. Bentonit ve Tavuk Gübresinin Toprağın Biyolojik Özellikleri ile Hercai Menekşe Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, 96 s.
- Akpınar, Ç. 2020. Organik Gübre Uygulamalarının ve Kimyasal Gübre Uygulamasının Buğday Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkileri. *Alatarım*, 91.
- Al Seadi, T., & Lukehurst, C. 2012. Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser. *IEA bioenergy*, 37, 40.
- Al-Far, A. M., Tadros, M. J., & Makhadmeh, I. M. 2019. Evaluation of different soilless media on growth, quality, and yield of cucumber (*'Cucumis sativus' L.*) grown under greenhouse conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 13(8), 1388-1400.
- Al-Najjar, S. A. L. M. A. M. 2022. The Effect of Spraying with Spirulina Extract and Microelements on the Growth and Yield of Cucumbers. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 19(4), 1-11.
- Anonim, 2016. Fırat Kalkınma Ajansı “Biyogaz” kitapçığı. 25.01.2016 Hasan Çelikkaya.
- Anonim, 2019. [www. wikipedia.org.tr](http://www.wikipedia.org.tr) [Son Erişim Tarihi: 17.06.2023]
- Anonim, 2021. Batı Akdeniz Kalkınma ve İşbirliği Dergisi, (5) Sf: 6
- Arthurson, V. 2009. Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land–potential benefits and drawbacks. *Energies*, 2(2), 226-242.
- Asri, F. Ö., Demirtaş, E. I., Özkan, C. F., & Ari, N. 2011. Effects of organic and chemical fertilizer applications on yield, quality and mineral contents of cucumber. *Ziraat Fakültesi Dergisi, Akdeniz Üniversitesi*, 24(2), 139-143.
- Baştabak, B., & Koçar, G. 2020. A review of the biogas digestate in agricultural framework. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22, 1318-1327.
- Black, C.A. 1957. *Soil-Plant Relationships*. John Wiley and sons, Inc., Newyork.
- Bouyoucos, G.J. 1955 A Recalibration of the Hydrometer Method for making mechanical analysis of the soils, *Agronomy Journal* 4(9): 434
- Chang, I.S., J. Zhao, X. Yin, J. Wu, Z. Jia, L. Wang. 2011. Comprehensive utilizations of biogas in Inner Mongolia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 442-1453.

- Chen, C., Lv, Q., & Tang, Q. 2022. Impact of bio-organic fertilizer and reduced chemical fertilizer application on physical and hydraulic properties of cucumber continuous cropping soil. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-10.
- 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.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fak. Yayınları, Sayı: 10.
- Do, T. C. V. 2013. Compost and residues from biogas plant as potting substrates for salt-tolerant and salt-sensitive plants (Doctoral dissertation, Universitäts-und Landesbibliothek Bonn).
- Dursun, A., Ekinci, M., Yıldırım, E., Karagöz, F., & Kul, R. 2017. Serada hıyar (*Cucumis sativus* L.) yetiştiriciliğinde potasyum sülfat ve magnezyum sülfat'ın verim üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 211-218.
- Durukan, H., Demirbaş, A., & Tutar, U. 2019. Katı ve sıvı vermikompost uygulamalarının domates bitkisinin verimine ve besin elementleri alımına etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(7), 1069-1074.
- Durukan, H., Saraç, H., & Demirbaş, A. 2020. Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının mısır bitkisinin verimine ve besin elementleri alımına etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45-51.
- Emre, K. A. R. A., Sürmen, M., & Erdoğan, H. 2019. Katı biyogaz atığı uygulamalarının sorgum ve sorgum x sudanotu melezi bitkilerinde yem verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 355-361.
- Epstein, E. L., Taylor, J. M., & Chaney, R. L. 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties (Vol. 5, No. 4, pp. 422-426). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
- Erkmen, J., & Özdemir, N. 2012. Organik Gübre Kullanımının Yaygınlaştırılmasında Biogaz Üniteli Süt ve Besi Üretim Çiftlikleri Vasıtası ile Sözlüşmeli Çiftçilik Modelinin Uygulanabilirliği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 27-38.
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J., & Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource technology*, 99(10), 4206-4212.
- 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*, 24(5), 445-455.
- 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.
- Ghasem, S., Morteza, A. S., & Maryam, T. 2014. Effect of organic fertilizers on cucumber (*Cucumis sativus*) yield. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 7(11), 808-814.

- Ghehsareh, A. M., & Kalbasi, M. 2012. Effect of addition of organic and inorganic combinations to soil on growing property of greenhouse cucumber. *African Journal of Biotechnology*, 11(37), 9102-9107.
- Gurung, J.B., 1997. Review of Literature on Effects of Slurry Use on Crop production. *Biogas Support Progr.* 109.
- Günay, N. 1981. Özel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt II. Çağ Matbaası, Ankara.
- Hussein, A. H. A. 2009. Impact of sewage sludge as organic manure on some soil properties, growth, yield and nutrient contents of cucumber crop. *Journal of Applied Sciences*, 9(8), 1401-1411.
- Jackson, M. 1967. Soil chemical analysis prentice. Hall of India Private Limited, New Delhi, 498(1).
- İbil, A. 2019. Farklı katı ve sıvı biyogaz atıklarının mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin verim ve kalitesi üzerine etkisi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü), Aydın.
- Kacar, B. 2009. Toprak analizleri. Nobel Yayın No: 1387, Fen Bilimleri: 90, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No. 44 ISBN 978-605-395-184-1. 467 ss.
- Kacar, B., & Inal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın, 1241, 891.
- Kacar, B., & Kütük, C. 2010. Gübre analizleri. Nobel Yayın Dağıtım.
- Karaçancı, A. 2010. Serada organik hıyar yetiştiriciliğinde ahır ve tavuk gübresi kullanımının etkileri.
- Karaman, R., & Türkay, C. 2022. Arpada (*Hordeum vulgare* L.) biyogaz atığı uygulamalarının agronomik ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(4), 633-643.
- Kılıç, F. Ç. 2011. Türkiye'deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerdeki Son Gelişmeler. *Engineer & The Machinery Magazine*, (614).
- Kırbay E., & Özer, H. 2015. The effects of different shading applications on yield and quality of organically grown cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the greenhouses. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1(1), 7-14.
- Koç, B., Bellitürk, K., Çelik, A., & Baran, M. F. 2021. Effects of vermicompost and liquid biogas fertilizer application on plant nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 63(Suppl 1), 89-100.
- Koçar, G., Baştabak, B., & Yağbasan, B. G. 2018. Biyogaz sistemlerinden elde edilen kurutulmuş fermente gübrenin *Solanum lycopersicon* L. fide üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, ICAE Özel sayı, 2587-1897.
- Koçer, N. N., Cengiz, Ö. & Sugözü, İ. 2006. Türkiye'de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 17-20.
- Koniuszewska, I., Korzeniewska, E., Harnisz, M., & Czatowska, M. 2020. Intensification of biogas production using various technologies: A review. *International Journal of Energy Research*, 44(8), 6240-6258.

- Kuzucu, C.O. & Dumlupınar, B.B. 2017. Farklı organik bitki besin maddelerinin Çengelköy Hıyarının (*Cucumis sativus* L.) tohum verim ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(1), 59-67.
- Küçükhemek, M., Kemal, G. Ü. R., & Uyanöz, R. 2008. Toprağa uygulanan arıtma çamuru, ahır gübresi ve karışımlarının, çim bitkisinin bazı makrı-mikro besin elementleri ve verimi üzerine etkisi. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 22(45), 94-104.
- Liao, C. F. 1981. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. Soil Science Society of America Journal, 45(5), 852-855.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil science society of America journal, 42(3), 421-428.
- Loue, A. 1968. DiagnosticPetiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Seviles Agronomiques, 31-41.
- Mahmoud, E., Abd EL-Kader, N., Robin, P., Akkal-Corfini, N., & Abd El-Rahman, L. 2009. Effects of different organic and inorganic fertilizers on cucumber yield and some soil properties. World Journal of Agricultural Sciences, 5(4), 408-414.
- Mahmoud, E., El-Beshbeshy, T., El-Kader, N. A., El Shal, R., & Khalafallah, N. 2019. Impacts of biochar application on soil fertility, plant nutrients uptake and maize (*Zea mays* L.) yield in saline sodic soil. Arabian Journal of Geosciences, 12, 1-9.
- Marzouk, H. A., & Kassem, H. A. 2011. Improving fruit quality, nutritional value and yield of Zaghloul dates by the application of organic and/or mineral fertilizers. Scientia Horticulturae, 127(3), 249-254.
- Mohammed, W. F. H. I. 2017. Effect of Bio-organic fertilization in some nutrients availability, Growth and yield of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 10(10), 13-17.
- Natsheh, B., & Mousa, S. 2014. Effect of organic and inorganic fertilizers application on soil and cucumber (*Cucumis sativa* L.) plant productivity. International Journal of Agriculture and Forestry, 4(3), 166-170.
- Nkoa, R. 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. Agronomy for Sustainable Development, 34, 473-492.
- Olaniyi, J. O., & Ajibola, A. T. 2008. Effects of inorganic and organic fertilizers application on the growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*). Journal of Applied Biosciences, 8(1), 236-242.
- Olsen, S.R., Sommers, E.L. 1982. Phosphorus Availability Indices. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonat Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Mivrobiological Properties. Editors: A.L. Page. R.H. Miller. D.R. Keeney, 404-430.
- Özgür, A. Z. 2019. Silajlık mısır yetiştiriciliğinde stabilize edilmiş ve kurutulmuş arıtma çamurunun kullanımı (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G., & Bayraklı, B. 2012. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın ekstrakte edilebilir demir, bakır, çinko ve mangan kapsamı üzerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2), 110-118.
- Pizer, N.H. 1967. Some advisory aspect. Soil potassium and magnesium Tech. Bull. No.14:184.
- Ronga, D., Setti, L., Salvarani, C., De Leo, R., Bedin, E., Pulvirenti, A. & Francia, E. 2019. Effects of solid and liquid digestate for hydroponic baby leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation. *Scientia horticulturae*, 244, 172-181.
- Sebök, S., & Hanelt, D. 2020. Examining the capacity for cultivating marine macroalgae using process liquids from biogas digestate as nutrient source and cultivation medium. *Biomass and Bioenergy*, 142, 105762.
- Sönmez, F., & Çığ, F. 2019. Artan dozdaki biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının buğdayda ve toprakta besin elementi içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*.
- Sönmez, İ., Maltaş, A.Ş., Sarıkaya, H.Ş., Doğan, A. & Kaplan, M. 2019. Tavuk gübresi uygulamalarının domates (*Solanum lycopersicum* L.) gelişimi ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(1), 101-107.
- Şen, O. 2015. Aşılı ve aşısız domates çeşitlerinin bitki gelişimi ve bazı kalite özellikleri üzerine deniz yosunu gübresi uygulamalarının etkisi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Teke, Ş., Coşkan, A., & Aktaş, H. 2019. Vermikompostun domateste verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 1(1), 23-27.
- Tavakoli, Y., & Khoshkam, S. 2013. The impact of organic fertilizers on production of organic greenhouse cucumber. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(14), 249.
- Thun, R., Hermann, R., Knickman, E. 1995. Die Untersuchung Von Boden. Neuman Verlag, Radelbeul und Berlin, S: 48-48
- TUİK, 2022. www.tuik.gov.tr.
- Tuzel, Y., Gul, A., Tuncay, O., Anac, D., Madanlar, N., Yoldas, Z., & Engindeniz, S. 2005. Organic cucumber production in the greenhouse: A case study from Turkey. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 20(4), 206-213.
- Vaca, R., Lugo, J., Martinez, R., Esteller, M. V., & Zavaleta, H. 2011. Effects of sewage sludge and sewage sludge compost amendment on soil properties and Zea mays L. plants (heavy metals, quality and productivity). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(4), 304-311.
- Ward, G.M. 1967. Greenhouse Cucumber Nutrition a Growth Analysis Study. *Plant and Soil*, 26(2): 324-332.
- Warman, P. R., & Termeer, W. C. 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: yields and N, P and K content of crops and soils. *Bioresource technology*, 96(8), 955-961.
- Warnars, L. 2014. Bioslurry: a supreme fertilizer. Positive effects of bioslurry on crops.

- Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*, 85, 849-860.
- White, A.J., D.W. Kirk, J.W. Graydon. 2011. Analysis of small-scale biogas utilization systems on Ontario cattle farms. *Renewable Energy*, 36:1019-1025.
- Xu, C., Tian, Y., Sun, Y., & Dong, L. 2013. Effects of biogas slurry irrigation on growth, photosynthesis, and nutrient status of *Perilla frutescens* seedlings. *Communications in soil science and plant analysis*, 44(22), 3381-3390.
- Yadvika, T.R. Santosh, S. Sreekrishnan, V. Rana Kohli, 2004. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques- a review. *Bioresource Technology*, 95: 1–10.
- Yağmur, B., & Okur, B. 2018. Bazı doğal toprak düzenleyicilerin mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin verim parametreleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4), 111-120.
- Yaraşır, N., Erenkul, O., & Yiğit, A. 2018. Farklı dozlarda sıvı biyogaz fermentasyon atıklarının ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinin verim ve kalite üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 9-16.
- Yaylacı, C. 2020. Biyogaz Fermantasyon Ürünü ve Farklı NPK Seviyelerinin Buğdayın Gelişimi ve Mineral Beslenmesine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü), Aydın.
- You, L., Yu, S., Liu, H., Wang, C., Zhou, Z., Zhang, L., & Hu, D. 2019. Effects of biogas slurry fertilization on fruit economic traits and soil nutrients of *Camellia oleifera* Abel. *PLoS One*, 14(5), e0208289.
- Yu, F. B., Luo, X. P., Song, C. F., Zhang, M. X., & Shan, S. D. 2010. Concentrated biogas slurry enhanced soil fertility and tomato quality. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, 60(3), 262-268.
- Zhao, H. T., Li, T. P., Zhang, Y., Hu, J., Bai, Y. C., Shan, Y. H., & Ke, F. 2017. Effects of vermicompost amendment as a basal fertilizer on soil properties and cucumber yield and quality under continuous cropping conditions in a greenhouse. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 2718-2730.
- Zhou, D. M., Hao, X. Z., Wang, Y. J., Dong, Y. H., & Cang, L. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere*, 59(2), 167-175.
- Zicker, T., Kavka, M., Bachmann-Pfabe, S., & Eichler-Loebermann, B. 2020. Long-term phosphorus supply with undigested and digested slurries and their agronomic effects under field conditions. *Biomass and Bioenergy*, 139, 105665.
- Zirkler, D., Peters, A., Kaupenjohann, M., 2014. Elemental composition of biogas residues: Variability and alteration during anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy* 67, 89–98.

ÖZGEÇMİŞ

BUŞRA ÇALIK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2020-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2016-2019	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana
Yüksek Lisans 2013-2016	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Çanakkale
Lisans 2008-2013	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çanakkale

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2020-Devam ediyor	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya
--	---

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Ulusal:

1. Demirbaş S., Acar O., Çalık B., Çobanoğlu M.S., Günay E., Teker M., Tuz Stresinin *Triticum aestivum* L. Bitkisinin Spesifik Yaprak Alanı, Yaprak Kütle Alanı, Büyüme, Bağlı Su İçeriği ve Tohum Çimlenmesine Etkisi, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi 2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.
2. Demirbaş S., Acar O., Çobanoğlu M.S., Günay E., Killi D., Çalık B., Teker M., *Cucurbita pepo* L. Bitkisinde NaCl ve CaCl₂ Uygulamalarının Fotosentetik Verim Parametreleri Üzerine Etkisi, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi 2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.
3. Acar O., Demirbaş S., Çalık B., Çobanoğlu M.S., Günay E., Teker M., Killi D., Bazı Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinde Tuz Stresine Karşı Büyüme ve Klorofil Flüoresan Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi 2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.

Uluslararası:

1. Demirbaş S., Acar O., Teker M., Killi D., Çobanoğlu M.S., Günay E., Çalık B., Salt stress-induced alterations in chlorophyll fluorescence parameters of two cucumber plant varieties, Konstantin Preslavsky University Of Shumen, Faculty of Natural Science, Department of Biology, Second Student Scientific Conference "Ecology and Environment", 16-17 May, 2014.
2. Demirbaş S., Acar O., Günay E., Killi D., Teker M., Çobanoğlu M.S., Çalık B., Alterations in chlorophyll fluorescence parameters of melon plants under CaCl₂ and NaCl stress, Konstantin Preslavsky University Of Shumen, Faculty of Natural Science, Department of Biology, Second Student Scientific Conference "Ecology and Environment", 16-17 May, 2014.