

T.C.
MALATYA TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ AÇIKTA BİBER
YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIM OLANAKLARI İLE BİTKİ BESİN VE
AĞIR METAL İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

ELİF TOTU GENÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

EYLÜL 2021

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans olarak sunduğum ‘Arıtma Çamuru Uygulamalarının Açıkta Biber Yetiştiriciliğinde Kullanılma Olanakları ile Bitki Besin ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkileri’ başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksınız tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım tüm kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde belirttiğimi onurumla doğrularım.

Elif TOTU GENÇ

İmza



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARININ AÇIKTA BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIM OLANAKLARI İLE BİTKİ BESİN VE AĞIR METAL İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Elif TOTU GENÇ

Malatya Turgut Özal Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

xi+72 Sayfa

2021

Danışman: Doç. Dr. Özlem ALTUNTAŞ

Ülkemizde tarım yapılan topraklarda dünyanın birçok yerinde olduğu gibi organik madde miktarı düşüktür. Arıtma tesislerinde atık olarak çıkan ve bertarafı zor olan arıtma çamurunun, yüksek organik madde, N, P, K, Fe, Cu, Mn, Zn gibi makro ve mikro bitki besin maddelerini içermesi bakımından tarımda kullanımını son yıllarda ilgi gören araştırmalar arasındadır. Elbette, tarımda kullanılacak olan arıtma çamurunun stabil duruma getirilmiş, sağlık sorunu yaratmayacak özellikte olması gerekmektedir. Yapılmış çalışmalar, arıtma çamuru uygulamasının toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiğini göstermekte ve maliyetinin ucuz olması, bitkisel üretimde ticari gübrelerin yerine geçebilecek bir materyal olmasını da sağlamaktadır.

Bu tez çalışması ile, Malatya Büyükşehir Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinden çıkan, anaerobik koşullarda stabilize edilmiş ve %15 ve % 75 kuruluğa getirilmiş granül haldeki, arıtma çamurunu biber yetiştiriciliğinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Arıtma çamuru mineral içeriği yüksek olması yanında ağır metaller de içerdiğinden hem bitkide hem meyvede besin element ile ağır metal içeriği analiz edilmiştir. Ayrıca, açıkta biber yetiştiriciliğinde, üretici koşulları (kimyasal gübreleme) ve hiç gübre uygulanmayan parsellerle karşılaştırma yapılarak verim bakımından etkisi de belirlenmiştir. Bitkisel materyal olarak İstek F1 uzun dolmalık biberin kullanıldığı denemede 1) % 75 kuruluk oranında arıtma çamuru 3 ton/ da, 2) % 15 kuruluk oranında arıtma çamuru 3 ton/ da, 3) % 75 kuruluk oranında arıtma çamuru 5 ton/ da, 4) % 15 kuruluk oranında arıtma çamuru 5 ton/ da, 5) Kimyasal gübre uygulaması ve 6) Hiç gübre uygulanmayan kontrol parseli olmak üzere toplam 6 uygulama yapılmıştır. İki yıl üst üste tekrarlanan bu araştırmada; bitkilerde büyüme ve gelişmeye ilişkin ölçümler yapılmış, verim değerleri alınmış, yapraklarda besin element içeriği, meyvelerde ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırılarak arıtma çamurunun biber yetiştiriciliğinde kullanılabilme olanakları araştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Ağır metal, arıtma çamuru, besin element içeriği, *Capsicum annum L.*, verim.

ABSTRACT

Master Thesis

OPPORTUNITIES OF USE TREATMENT SLUDGE APPLICATIONS IN PEPPER GROWING AND THE EFFECTS ON PLANT NUTRITION AND HEAVY METAL CONTENT

Elif TOTU GENÇ

Malatya Turgut Özal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Horticulture

xi+72

2021

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özlem ALTUNTAŞ

As in many parts of the world, the amount of organic matter in agricultural lands in our country is low. The use of sewage sludge, which is difficult to dispose of as a waste in treatment plants, is among the researches that have attracted attention in agriculture in recent years, since it contains macro and micro plant nutrients such as high organic matter, N, P, K, Fe, Cu, Mn, Zn. Of course, the treatment sludge to be used in agriculture should be stabilized and not cause health problems.

In this thesis, the possibilities of using the treatment sludge, which is stabilized in anaerobic conditions and brought to 15% and 75% dryness, from the Malatya Metropolitan Municipality Waste Water Treatment Plant, in the form of granules, in pepper cultivation were investigated. Since the sewage sludge has high mineral content as well as heavy metals, the nutrient and heavy metal content of both plants and fruits were analyzed. In addition, the effect in terms of yield was determined in open field pepper cultivation by comparing the producer conditions (chemical fertilization) and the plots where no fertilizer was applied. In the experiment where Istek F1 bell pepper was used as plant material 1) sewage sludge at 75% dryness rate of 3 tons/da, 2) sewage sludge at 15% dryness rate of 3 tons/ha, 3) sewage sludge at 75% dryness rate at 5 tons/da, 4) A total of 6 applications were made: 5 tons/ha of treatment sludge with a dryness of 15%, 5) Chemical fertilizer application, and 6) Control plot where no fertilizer was applied. In this study, which was repeated two years in a row; measurements were made regarding the growth and development of plants, yield values were taken, nutrient content in leaves and heavy metal contents in fruits were analyzed. By comparing the applications, the possibilities of using the treatment sludge in pepper cultivation were investigated.

KEYWORDS: Heavy metal, sewage sludge, nutrient content, *Capsicum annum* L., yield.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden başlayarak, yol göstericiliğini ve desteğini benden esirgemeyen, fikirleriyle bu tezin var olabilmesini sağlayan ve tezin son şeklini alıncaya kadar ki tüm aşamalarda kıymetli zamanını, eşsiz bilgileriyle her zaman yanımda olan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Özlem ALTUNTAŞ'a

Çalışmamın değerlendirmesini yapan fikirlerini benimle paylaşan yüksek lisans tez jüri üyelerinden Doç. Dr. Özlem ÜZAL ve Dr. Öğretim üyesi Rabia KÜÇÜK'e

Çalışmalarım süresince her konuda yardımcı olan Arş. Gör. Lale ERSOY ve Arş. Gör. İbrahim Kutalmış KUTSAL'a

Arazi çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayan Ziraat Mühendisi arkadaşım Zeynep Melike AKDAĞ'a ve Erdem KÜÇÜK'e

Ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım süresince de benden desteğini esirgemeyen canım TOTU ve GENÇ AİLEM'e

Teşekkür ederim.

Elif TOTU GENÇ

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Arıtma Çamuru.....	1
1.1.1. Arıtma Çamurlarının Özellikleri.....	5
1.1.2. Türkiye’de Arıtma Çamurunun Üretimi ve Bertarafı.....	7
1.1.3. Dünya Geneline Arıtma Çamuru Üretimi	7
1.2. Biber	8
1.2.1. Biberin Besin Değeri	9
1.2.2. Biber Bitkisinin Özellikleri.....	9
1.2.3. Dünyada ve Türkiye’de Biber Yetiştiriciliği	10
1.2.3.1. Dünyada Biber Yetiştiriciliği	10
1.2.3.2. Türkiye’de Biber Yetiştiriciliği.....	11
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Deneme Alanının Coğrafi ve İklim Özellikleri	18
3.1.1.1. Denemenin Yürütüldüğü Alanının Coğrafi Özellikleri	18
3.1.1.2. Denemenin Yürütüldüğü Alanın İklim Özellikleri.....	19
3.1.1.3. Deneme Alanının Toprak Özellikleri.....	20
3.1.1.4. Bitkisel Materyal.....	20
3.1.1.5. Arıtma Çamuru	21
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Kimyasal Parsel İçin Kullanılacak Gübre Dozları.....	23
3.2.2. Bitkilerin Yetiştirme Ortamların Hazırlanması	23

3.2.3. Bitkilerin Yetiştirme Ortamlarında Yetiştirilmesi	24
4. DENEMEDE İNCELENEN PARAMETRELER.....	25
4.1. Morfolojik Parametreler	25
4.1.1. Bitkinin Boyu (cm).....	25
4.1.2. Gövde Çapı (mm)	25
4.1.3. Gövde Toplam Ağırlığı (g).....	25
4.1.4. Gövde Yaş Ağırlığı (g)	25
4.1.5. Yaprak Sayısı (adet)	25
4.1.6. Yaprak Analizi (g)	25
4.1.7. Meyve Boyu(mm).....	25
4.1.8. Meyve Çapı (mm).....	29
4.1.9. Verim (kg/m ²).....	30
4.1.10. Meyve Sayısı	31
4.1.11. Yaprak Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)	31
4.1.12. Yaprakların Mineral Madde İçeriklerinin Belirlenmesi	32
4.1.12.1. Yapraklarda Makro Besin Elementlerinin Belirlenmesi (%).....	32
4.1.12.2. Yapraklarda Mikro Besin Elementlerinin Belirlenmesi (mg/L) ...	33
4.1.13. Meyve Suyunda Ağır Metal Analizleri.....	34
4.1.14. Toprak Analizleri.....	34
4.1.14.1. Bünye (Tekstür) (%)	34
4.1.14.2. Toprak Reaksiyonu (pH).....	35
4.1.14.3. Elektriksel İletkenlik (EC) (µs/cm).....	35
4.1.14.4. Kireç (%CaCO ₃)	35
4.1.14.5. Organik Madde (%)	35
4.1.14.6. Toplam Azot (N) Tayini	35
4.1.14.7. Bitkiye Yararışlı Fosfor (Olsen-P) (mg/kg)	36
4.1.14.8. Değişebilir Potasyum (ppm)	36
4.1.15. İstatistiksel Analizler	36
5. ARAŞTIRMABULGULARI	37
5.1. Bitki Boyu (cm).....	37
5.2. Gövde Çapı(mm).....	38
5.3. Gövde Toplam Ağırlığı (g).....	39
5.4. Gövde Yaş Ağırlığı (g).....	39
5.5. Yaprak Sayısı (adet)	39

5.6. Yaprak Analizi (g).....	40
5.7. Meyve Boyu(mm)	40
5.8. Meyve Çapı(mm)	41
5.9. Verim (kg/m ²).....	42
5.10. Meyve Sayısı (adet).....	44
5.11. Yaprak Yaş ve Kuru Ağırlığı (g).....	46
5.12. Yaprakların Mineral Madde İçeriklerinin Belirlenmesi.....	47
5.12.1. Yapraklarda Makro Besin Elementleri (%)	47
5.12.2. Yapraklarda Mikro Besin Elementleri (mg/L)	49
5.13. Meyve Suyundaki Ağır metal içeriği (mg/L).....	51
5.13.1. Bakır (Cu)	52
5.13.2. Kurşun (Pb).....	53
5.13.3. Krom (Cr)	54
5.13.4. Nikel (Ni).....	55
5.13.5. Çinko (Zn)	56
5.13.6. Cıva (Hg)	57
5.13.7. Kadmiyum (Cd).....	57
5.14. Toprak Analizi.....	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
7. KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Türkiye’de yıllara göre biber ekim alanı ve üretim miktarı	12
Şekil 3.1.	Çalışmanın yürütüldüğü deneme parselinin uydu görüntüsü	18
Şekil 3.2.	Biber bitkisi ve meyvesinden bir görünüm	21
Şekil 3.3.	Bakım işlemlerinden görüntüler.....	23
Şekil 4.1.	Dijital kumpas ile ölçülen biber meyvesinin boyu	26
Şekil 4.2.	İstek F1 uzun dolmalık biber meyvelerinin görünümü.	29
Şekil 4.3.	Meyve çapının ölçümü için kullanılan dijital kumpas	29
Şekil 4.4.	Hasatta toplanan meyvelerin görünümü.....	30
Şekil 4.5.	Hassas terazi ile meyve ağırlığı.....	31
Şekil 4.6.	Etüv cihazı kapalı ve açık hali.....	32
Şekil 4.7.	Biber yaprağına ait kuru yaprak örneği ve biber meyvesinin suyu.....	33
Şekil 4.8.	Biber yaprağına ait kuru yaprak örneği ve biber meyvesinin suyu.....	34
Şekil 5.1.	Birinci ve ikinci deneme yılındaki bitki boyu(cm), gövde çapı(mm), meyve boyu(mm) ve meyve çapı (mm) ölçüm değerleri	42
Şekil 5.2.	Birinci deneme yılındaki meyve verimi(kg/m ²) ölçüm değerleri.....	43
Şekil 5.3.	İkinci deneme yılındaki meyve verimi (kg/m ²) ölçüm değerleri	44
Şekil 5.4.	Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve sayısı(adet) ölçüm değerleri .	45
Şekil 5.5.	Birinci ve İkinci deneme yılındaki yaprağın yaş ağırlığı(g) ölçüm değerleri.....	47
Şekil 5.6.	Yapraklarda makro besin içeriği.	49
Şekil 5.7.	Yapraklarda mikro besin içeriği.	50
Şekil 5.8.	Meyve suyundaki ağır metal içerikleri.....	52
Şekil 5.9.	Meyve suyundaki bakır içeriği	52
Şekil 5.10.	Meyve suyundaki kurşun içeriği	54
Şekil 5.11.	Meyve suyundaki krom içeriği.....	55
Şekil 5.12.	Meyve suyundaki nikel içeriği	56
Şekil 5.13.	Meyve suyundaki çinko içeriği	56
Şekil 5.14.	Meyve suyundaki cıva içeriği	57
Şekil 5.15.	Meyve suyundaki kadmiyum içeriği	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Arıtma çamuru işleme alternatifleri	3
Çizelge 1.2. Dünyada en çok biber üreten ilk 10 ülke	11
Çizelge 1.3. Dünyada toplam biber üretimi	11
Çizelge 1.4. Türkiye’de yıllara göre biber ekim alanı ve üretim miktarı	11
Çizelge 3.1. Deneme alanında ölçülen 2018 ve 2019 yıllarına ait meteorolojik kayıtlar	20
Çizelge 5.1. Birinci ve İkinci deneme yılındaki bitki boyu(cm) ölçüm değerleri .	37
Çizelge 5.2. Birinci ve İkinci deneme yılındaki gövde çapı(mm) ölçüm değerleri	38
Çizelge 5.3. İstek F1 biber fide dikimi sonrası gövde toplam ağırlığı (g) ölçüm değerleri.....	39
Çizelge 5.4. İstek F1 biber fide dikimi sonrası gövde yaş ağırlığı (g) ölçüm değerleri.....	39
Çizelge 5.5. İstek F1 biber fide dikimi sonrası yaprak sayısı (adet) ölçüm değerleri	40
Çizelge 5.6. İstek F1 biber fide dikimi sonrası yaprak analizi (g) ölçüm değerleri	40
Çizelge 5.7. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve boyu (mm) ölçüm değerleri	41
Çizelge 5.8. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve çapı (mm) ölçüm değerleri	42
Çizelge 5.9. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyvenin verimi (kg /m ²) ölçüm değerleri.....	43
Çizelge 5.10. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve sayısı (adet) ölçüm değerleri	45
Çizelge 5.11. Birinci ve ikinci deneme yılındaki yaprağın yaş ağırlığı (g) ölçüm değerleri.....	47
Çizelge 5.12. Birinci ve ikinci deneme yılında İstek F1 Biber Çeşidinin yapraklarında ölçülen makro besin elementlerinin % değerleri	48
Çizelge 5.13. Birinci ve ikinci deneme yılında İstek F1 Biber Çeşidinin yapraklarında ölçülen mikro besin elementlerinin mg /L değerleri ...	50

Çizelge 5.14. Ağır metallerin (ppm) sınır değerleri	51
Çizelge 5.15. Biberde ağır metal analiz sonuçları	51
Çizelge 5.16. Toprak analiz sonuçları	58
Çizelge 5.17. Malatya Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşletme Müdürlüğü Toprak Örneği Analiz Sonuçları “ Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik” Limit Değerleri ve Analiz Yöntemleri	58



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al	: Alüminyum
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
g	: Gram
Hg	: Cıva
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
vd.	: ve diğerleri

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ve sanayileşmenin hızla gelişmesi, dünya nüfusunun ve kentleşme oranının artışı gibi nedenlere bağlı olarak atık miktarları da artmaktadır. Bu durum çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu sorunların çözümü için araştırmalar yapılırken, diğer taraftan da atıkların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Büyükşehirlerde arıtma tesislerinde günlük çok miktarlarda ortaya çıkan arıtma çamurları da bertarafı zor olan atıklardandır biri arıtma çamurlarıdır. Arıtma çamurları içerdiği patojenik mikroorganizmalar ve ağır metal içeriğinden dolayı risk taşımaya rağmen bitkiler için gerekli birçok besin elementini de bünyesinde bulundurmaktadır. Bu durumda, arıtma çamurları, organik gübre niteliği taşıyan bir üründür. Dünyada ve ülkemizde tarım alanında kullanım olanakları araştırılmaktadır. Arıtma çamurunun toprağa verilmesi hem ekonomik bakımdan hem de organik materyal olması nedeniyle toprak düzenleyicisi ve içerdiği besin elementleri ile gübre olması bakımından oldukça avantajlı olacaktır. Bu şekilde çamurun bertarafı gerçekleşirken ve bitki beslenmesine yardımcı olacağından doğal döngüye girmiş olacaktır. Uygun miktarlarda arıtma çamuru uygulandığında toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının iyileşmesi ve bitki büyümesinde olumlu etkilerinin olması mümkündür. Ayrıca atık suların ve arıtma çamurlarının, problemleri alanlarda sorun gidermek amacıyla kullanılarak, bertaraf edilmesi yoluyla söz konusu materyallerin çevresel olumsuz etkilerinin azaltılmasına olumlu katkılar yapılması da mümkün olacaktır (Şahin, 2019).

Stabilize arıtma çamurları; organik maddesi yüksek, arıtılmış atık suların tuzluluğundan kaynaklanan elektrolit etkisi ve sulama aralığına bağlı ıslanma-kuruma süreçleriyle strüktürel iyileşmeler sağlanmış, ince bünyeli killi topraklara yönelik iyi drenaj-geçirgenlik ve havalanma sağlayan faydalı materyallerdir. Bu materyali organik gübre materyali gibi biber üretiminde belli oranlarda kullanarak, bitki büyümesine, besin element içeriğine ve verime katkısını bu çalışma ile belirlemeyi amaçladık.

1.1. Arıtma Çamuru

Atık su arıtımında, fiziksel ve kimyasal arıtma sırasında atık suda flotasyon veya çökeltme yoluyla uzaklaştırılan maddelerin uzaklaştırılması, biyolojik arıtma sonunda çözünmüş maddelerin mikroorganizmalara uzaklaştırılması ve oluşan su

içeriğinin %95-99.5 oranında uzaklaştırılmasını ifade etmektedir. Sıvı atık, mikroorganizmaları sistemden uzaklaştırmak için yüzdürülmekte veya çökelmektedir (Alpaslan, 2004).

Arıtma çamurları bölgeler arasında farklılık göstermekle birlikte, tesise girmiş olan hammadde ve proseslere dayanarak yüksek düzeyde organik madde, makro ve mikro bitkisel besinler ve tesise girebilecek değişebilen katyonlar içerdiğini birçok araştırmacı bildirmektedir (Hakerlerler 1980; Anaç vd. 1993; Kyle ve McClintock 1995; Navas vd. 1998; Bozkurt vd. 2000; Martinez vd. 2002; Shober vd. 2003; Dolgen vd. 2007). Ayrıca arıtma çamuru, farklı kullanımlar sırasında çevreye zarar verebilecek ağır metaller, organik kirleticiler ve patojen mikroorganizmalar da içerebilir (McBride 1995; Çimrin vd. 2000; Singh ve Agrawal, 2007).

Arıtma çamuru kaynakları genel olarak 3 başlık altında incelenebilir. Bunlar:

- İçme sularının arıtıldığı tesislerinden gelmekte olan arıtma çamurları
- Atıksu arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurları
- Sınai Atıksu Arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarıdır.

Arıtma amacına ve tipine göre arıtma çamurlarının cinsleri farklılık göstermektedir (Yıldız vd., 2009). Bunlar;

- Çökebilen katı maddelerin oluşturduğu ön çökeltim çamurları
- Kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamurlar
- Biyolojik arıtma işlemleri sonucu oluşan biyolojik çamur
- İleri Arıtma Çamuru

Yukarıda listelenen aşamalarda toplanan çamurlar sıvı formdadır. Sıvı formda toplanan çamur, susuzlaştırma ünitelerinde nemi düşürülen çamur keki olarak da adlandırılan ve % 18 ile % 40 kuru madde oranına sahip arıtma çamuruna dönüştürülür (Bilgili, 2013).

Atıksu arıtma tesislerindeki işlemler sonucunda meydana gelen arıtma çamuru yoğun potansiyel kirleticiler içermektedir. Sanayi bölgelerinde bulunan çok sayıda fabrikanın atık suyunun arıtılması amacıyla kurulan yüksek kapasiteli arıtma tesislerinin etkili bir şekilde işletildiğinin de ispatı olan arıtma çamurları aynı zamanda önemli bir sorun oluşturmaktadır. Sonuçta bertarafından önce arıtılmaları gereklidir (Gökal, 2014).

Arıtma çamurunun içeriğindeki ağır metaller ve kimyasal maddelerden dolayı tarım alanlarında bilinçsiz kullanımı hem çevresel hem de sağlık açısından sorun teşkil ettiğinden gelişmiş ülkeler gibi ülkemizde de yasal olarak sınırlamalar getirilmiştir (Terzi, 2007).

Tarım potansiyeli yüksek olan ülkemizin stabilize arıtma çamurlarının kullanımı ile ilgili yönetmeliğinde ağır metallerin izin verilen maksimum miktarları belirlenirken, organik kirleticiler ile ilgili bir düzenleme 2010 yılında yayınlanan yönetmelikte ilk kez yer almıştır (Metik, 2018).

Çizelge 1.1: Arıtma çamuru işleme alternatifleri (Anonim, 2015)

Alternatifler	Amaç	Uygulama
Kullanmama	Çevreye zararlı olanların tespit edilip kullanımının yasaklanması	Endüstriyel deşarjlarda etkili kaynağında kontrol yöntemleri ile çevre dostu üretim girdileri tercih edilerek, çamurun tarım alanlarında ve diğer değerlendirme seçeneklerinde kullanımını kolaylaştırmak
Yeniden Kullanma	Çevreye salınan malzeme miktarını azaltarak, mineral (doğal) kaynak kullanımının sınırlandırılması	Dahili yeniden kullanım (örn. çökeltim kimyasalların yeniden kullanımı) ile harici yeniden kullanım (örn. Fosforun gübre olarak yeniden kullanılması) seçenekleri
Geri Kazanım	Çevreye doğrudan bırakılması uygun olmayan maddelerin uygun forma dönüştürülmesi	Organik maddelerin metan gazına dönüştürülmesi (enerji kaynağı olarak kullanmak amacıyla), çamurun çözünürleştirilerek geri kazanımı (uçucu yağ asitleri, N,P, vb.) ve çamurdan kompost eldesi
Tecrit (İçerde hapsedme)	Çevreye sızma ve taşınma potansiyeli olan atık unsurlarının geçişinin mümkün olduğunca azaltılması	Çamurun bünyesindeki zehirli maddelerin uygun stabilizasyon ve katılaştırma yöntemleriyle bünye içinde hapsedilmesi ve önlenmesi
Çevreye (araziye veya yakarak atmosfere) verme	Olumsuz etki oluşturmadan araziye uygulama veya deşarj	Çamurun araziye serilerek tarımda kullanımı, çamur yakma sonucu oluşan arıtılmamış baca gazlarının bacalarda yeterince seyreltilerek atmosfere verilmesi

Arıtma çamurunu; evsel, endüstriyel atıksu ve içme suyunun arıtılmasında, kendi kendine çöken katılar ile biyolojik ve kimyasal işlemlerle oluşan, %25 ila %12 katı madde içeren akış karakteristiğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır. Kişi başına düşen ortalama çamur üretimi günlük 40-60 gram kuru madde olarak tanımlanabilir (Metcalf ve Eddy, 1991).

Ancak arıtma sonrasında tekrar kullanılan atıksular veya uygun alıcı ortama deşarjı işlemi sonlandırmamaktadır (Dede ve Akbulut, 2017). Çevresel riskleri tam olarak ortadan kaldırmak için arıtma işlemi sırasında ortaya çıkan atık su arıtma çamurlarının da uygun bertarafının yapılması gerekmektedir (Yıldız vd., 2009). Ancak bu işlem atık suyun içindeki kirleticileri sudan uzaklaştırmak kadar zahmetli olup, toplam arıtma maliyetinin yarısı kadardır (Yasui ve Shibata, 1994). Literatürde konu ile ilgili yapılmış çalışmaların ortak görüşü olarak, çamur bertaraf maliyetinin düşürmesi ve bertaraf işlemlerinin kolaylaştırılarak, işlem seçeneklerin artırılabilmesinin en pratik yolu, arıtma çamuru miktarının kaynağında azaltılmasıdır (Filibeli ve Kaynak, 2006).

Çamur susuzlaştırma işlemi için geliştirilen birçok yöntem bulunmasına rağmen, bu işlem için en çok tercih edilen yöntemler mekanik su alma sistemleridir. Mekanik susuzlaştırma sistemlerinin arıtma tesisinde küçük bir alan gerektirmesi ve zamandan tasarruf sağlamaları tercih edilmelerinin ana sebepleridir (Dede ve Akbulut, 2017).

Atık çamurunun bertarafında hali hazırda kullanılan bildik metotların yanı sıra bunların başta maliyeti azaltmak odaklı yeni alternatif metotlar veya daha hesaplı ara işlemler üzerinde sürdürülmekte olan çalışmalarda mevcuttur. Atık çamuru ile kömür külünün karışımına yönelik alternatif arayış çalışmaları da olmuştur. Ancak, kömür küllerinin arıtma çamuruna karıştırılması su verme özelliklerini olumlu etkilerken, çamurun organik madde miktarını düşürürken, ağır metal içeriğini artırmaktadır. Bu durum suyu alınmış çamurun bertaraf alternatiflerini azaltmaktadır (Vassilev vd. 2010). Bununla birlikte dünya genelinde kömür yerine, ağaç dalları, talaş, enerji bitkileri gibi bitkisel kökenli biyokütlelerin kullanımı, daha düşük sıcaklıklarda çalışılması, ortaya çıkan zararlı emisyonların düşüklüğü ve küllerinin daha az miktarda ve daha zararsız kül üretmesi nedeniyle hızla artmaktadır (Baxter vd. 2014).

1.1.1. Arıtma Çamurlarının Özellikleri

Arıtma çamurlarının bitki besin değerinin ahır gübresi ve organik komposta benzerdir (Tabatabai ve Frankerberger 1979; Sommers 1997). Ayrıca bitki gelişiminde gerekli olan bütün elementleri içermektedir (Linden vd. 1983). Gomez vd. (1993), Pedreno vd. (1996), Pinemonti vd. (1997) yürüttükleri çalışmalarda arıtma çamurunun bitkiyi mineral madde bakımından zenginleştirdiğini tespit etmişlerdir. Ancak arıtma çamurlarının bitki besin elementlerine ek olarak içerdiği hidrokarbonlar, metal tuzları, patojen mikroorganizmalar ve ağır metaller gibi potansiyel zararlı bileşikler bu materyalin kullanımının titizlikle ve bilinçli yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle ağır metal kirliliği organizmalarda biriktirmek ve gıda zinciri döngüsünde yer alarak, ekosistemlerde yüksek konsantrasyonları ile zararlarını senelerce sürdürebilmektedirler (Kaçar vd. 2002).

Arıtma çamurunun yinelemeli uygulamalarında toprakta ve bitkide ağır metal birikimlerine neden olabileceği, insanların sürdürülebilir toprak yönetimi ve tarımda güvenli restorasyonu konusundaki endişelerini dile getirir ve sera tarımında kullanımının riskli olduğuna dikkat edilmelidir (Önal vd. 2003). Kaygılar arıtma çamurlarının mümkün olduğunca insanların besin zincirleri dışındaki bitkilerde kullanımının araştırılmasını teşvik eder niteliktedir. Bu tür bitkilerin insanlar tarafından tüketilmemesi; fikrin ekolojik artışı olmakla beraber, arıtma çamuru uygulama dozlarının belirlenerek bu organik atıktan bitkilerin daha çok yararlanmasına ve eldeki mevcut materyalin daha fazla tüketilmesine olanak sağlayacaktır.

Arıtma çamurunun tarım toprağında kullanılmasının ve içerdiği besin maddelerinin en etkin şekilde kullanılmasının iyi bir yöntem olduğunu belirten Turalıoğlu ve Acar (1996), uygulamadan önce ağır metaller, tuz ve arıtma çamuru azot ve patojenik içindeki mikroorganizmalar belirleyerek uygulanabilecek maksimum miktarın tespit edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

İnsanlarda çevre bilincinin artmasıyla birlikte arıtma tesislerinin kurulması ve elde edilen arıtma çamurlarının bertarafı ile ilgili konularda çalışılması neredeyse zorunlu hale gelmiştir. Arıtma çamuru, biyolojik ve kimyasal işlemler sonucu yüzdürülebilen katı maddelerin atık sudan ayrılması ile elde edilir. Arıtma çamurlarının bileşenleri çamurun elde edildiği endüstriyel kuruluşa göre değişiklik

gösterebilir. İçeriğinde Fe, Cu, Hg, Al, Cd, As, Co, Pb, Cr, organik fosfor, azot, organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar ve hidrokarbonlar gibi maddeler içerebilir (Taşatar 1997).

Bazı gelişmiş ülkelerde arıtma çamurları çeşitli işlemlerden geçirilerek olumsuz etkileri azaltılmakta ve kontrollü olarak tarım sektöründe kullanılmaktadır. Kullanım aşamasında ise ayrıntılı analizleri yapıp arıtma çamurunun içeriği belirlenmektedir (Sommers 1997; Pedreno vd. 1996; Soumare vd. 2002).

Arıtma çamurlarının tarımsal üretimin ihtiyacı olan azot, fosfor ve mikro besin elementleri ihtiyacını sağladığını ve kontrollü kullanıldığı takdirde tarım arazilerinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Larson vd. 1974).

Organik gübrelerin ve arıtma çamurlarının tarım arazilerinde etkin kullanımını incelemek amacıyla, hava kurusu ham çamur, hava kurusu çürük çamur ve çiftlik gübresinin bitki besin düzeyleri belirlenmiş ardından bu materyaller belirlenen tarım arazilerine uygulanmıştır. Uygulama sonucunda kullanılan materyallerin ürün kalite ve verimi üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Arıtma çamurunun azot(N) ve fosforca(P) zengin bir kaynak olduğu fakat potasyumca (K) noksan kaldığı belirtilmiştir. Özellikle sulu haldeki çürütülmüş çamurlarda bitkiye yararlı N ve P miktarının oldukça yüksek olduğu ve çok değerli bir kaynak olduğu araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Williams 1979).

Arıtma çamurları, toprağa uygulanmasında bitki besin elementi içeren organik bir kaynak olarak ele alınmaktadır. Çiftlik gübresi ile arıtma çamuru kıyaslandığında, arıtma çamurunun azot ve fosfor içeriği bakımından zengin olduğu, fakat potasyum içeriğinin çiftlik gübresine kıyasla daha düşük seviyelerde belirlendiği rapor edilmiştir (Spellman 1997).

Arıtma çamuru uygulanmış olan toprakta kadmiyum, bakır, nikel ve çinkonun biyo yararlanımının kurşun, cıva ve kromdan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak hareketli bileşenler için bile her yıl arıtma çamuru ile eklenen metal miktarının %0,05'inden daha azının ürüne aktarıldığı söylenmektedir. Aynı zamanda arıtma çamurları diğer ağır metal içeren kaynakların çoğundan farklı bir özelliğe sahiptir, bu da arıtma çamurunun önemli oranda organik madde, demir ve mangan gibi adsorbif maddeleri bünyesinde bulundurmasıdır. Genellikle çinko, bakır ve nikel bitki dokusunda insan sağlığına zarar verecek seviyeye ulaşmadan önce bitkiler için

fitotoksik olmakta ve ayrıca bu üç elementin bitkide fitotoksik etkisi sadece asidik topraklarda ortaya çıkmaktadır (Bilgin vd. 2002). Toprak pH'sının azalması ile aktif alüminyum miktarı da önemli derecede artar (Guo vd. 2007). Mangan, demir ve alüminyumun topraktaki doğal miktarları atık çamur ile uygulanacak miktarların genellikle üzerindedir. Alüminyum ve manganın fitotoksik etkisi sadece asit karakterli topraklarda görülmektedir. Toprağın asitleşmesi bitki büyümesi ve gelişimini olumsuz yönde etkileyen ağır metallerin (Cd, Cr ve Pb gibi) konsantrasyonunu artırırken temel kationlar (Ca, Mg ve K gibi)'in konsantrasyonlarının düşmesine neden olur (Guo vd. 2007). Bitkilerin bu elementlerden toksik olarak etkilendikleri belirlendiğinde toprağa kireç uygulaması sonucu bu zararlı etkiler giderilebilmektedir.

1.1.2. Türkiye’de Arıtma Çamurunun Üretimi ve Bertarafı

Türkiye’de Arıtma Çamurlarının Bertarafı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2012 yılına aite olan verilere göre, ülkemizde belediyelerce tarafından kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilmiş olan 4,1 milyar m³ atık suyun 3,3 milyar m³ ü atıksu arıtma tesisleri yoluyla arıtılmakta, bu suyun %38,3'üne gelişmiş arıtma uygulanırken, %32,9'una biyolojik, %28,5'ine fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma uygulanmış ve arıtılmış olan atık suyun %52,7'si denize, %39,2'si akarsuya, %1,9'u baraja, %1,1'i göl ve gölete, %0,3'ü araziye ve %4,8'i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir (Anonim, 2014).

Türkiye’de mevcut olan 646 evsel arıtma tesisinin, 542 adeti belediye kuruluşlarına hizmet vermektedir. Türkiye’de %78 oranında atıksu her aşamada arıtılmaktadır. Türkiye'nin atıksu arıtma tesislerinin benimsediği farklı arıtma seviyelerine göre kişi başına oluşan çamur miktarı 45 gram katı madde/gün'dür. Her gün yaklaşık 2583 ton, her yıl da 943.000 ton arıtma çamuru üretilmekte olduğu tahmin edilmektedir (Samsunlu, 2015).

1.1.3. Dünya Geneline Arıtma Çamuru Üretimi

ABD’de üretilmekte olan çamur, 1972 yılından sonra artmaktadır. 1997 yılına göre bu değer 6,23 milyon ton/yıl’dır. Zamanla çamurun uzaklaştırma yöntemi de değişim göstermiştir. Örnek verilecek olursa 1972’de, toplam çamurun %20’si araziye uygulanırken, %25’i de yakma yöntemi ile uzaklaştırılıyordu. Fakat sonraları 1997’de üretilen toplam çamurun %55’i araziye uygulama, %17’si de yakma yöntemi ile uzaklaştırılmaya başlanmıştır.

Dünyada çamur arıtma yöntemleri özellikle Baltık ülkelerinde bölgeden bölgeye değişmektedir. Çamurun tarımsal kullanımı veya yakılması, çamurun faydalı bir şekilde kullanılması veya canlılığın geri kazanılması için tasarlandığından en sık kullanılan arıtma yöntemlerinden biridir. Aynı alanda, kompostlama veya benzeri sihi muamele sonrası çamur park, bahçe ve diğer yeşil alanlarda kullanılabilir. Çamurdaki yüksek organik konsantrasyon, kurutulduktan sonra sindirilmiş veya sindirilmemiş çamurun yakılmasının alternatifini vurgulamak gerekir. Birçok ülkede arıtma çamurunun çöp sahalarına gönderilmesi giderek daha az kullanılan bir yöntemdir ve hatta bazı ülkelerde arıtma çamurunun besin veya enerji olarak kullanılmasını engellediği için yasaklanmıştır. Günümüzde AB ülkelerinde en yaygın arıtma yöntemleri tarım alanlarında (%45), yakma (%23), çöplüklerde (%18), kompostlaştırma (%7) olmaktadır (Anonim, 2012).

1.2. Biber

Biberin Latince adı *Capsicum annuum*'dur. Biber meyveleri değişik şekillerde (taze, turşu, salça, közleme, baharat, vb.) tüketilmektedir. Değişik mineraller ve vitaminler içeren biber meyvesinin acı çeşitlerinde bulunan alkoloitler mide salgısını arttırarak iştah açmakta ve sindirimi kolaylaştırmaktadır (Kaygısız, 2000).

Biber bitkisinin yirmi beşten fazla türü olmasına rağmen en çok bilinen 5 türü vardır. Bunlar; *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* ve *C. pubescens*'dir. Dünyada tarımı en çok yapılan ve ticari olarak en fazla tercih edilen tür *Capsicum annuum*'dur. *Capsicum* cinsi ülkelere göre de farklı isimlerle adlandırılmıştır. Bu isimler chili, red chile, chilli pepper, hot red pepper, paprika, tabasco, cayenne, aji ve *Capsicum*'dur (Basu ve Krishna De, 2003).

Biber bitkisi botanik biliminde "Solanacea" familyasına ait Latince ismi "*Capsicum annum*" olan ılıman, subtropik ve tropik iklim kuşaklarında yetiştirildiğinde verim ve kalitesi artan tek ve iki yıllık yetiştirilen bir bitki türüdür. Arkeolojik kazılar, biber bitkisinin yaklaşık 5 bin yıl önce Güney Amerika kıtasında kültür tarımının yapıldığını göstermektedir (Kaygısız, 2000). Bu yüzden biber bitkisinin anavatanı Orta ve Güney Amerika olduğu tahmin edilmektedir. Biber bitkisi Anadolu'ya ilk defa Orta Avrupa'dan İstanbul'a getirilmiş daha sonra diğer bölgelerde tanınmış ve tarımı yaygınlaştırılmıştır (Basu ve Krishna De, 2003).

1.2.1. Biberin Besin Değeri

Biberin besin değeri oldukça yüksektir. 100 gram biberde %88 su, 40 Kcal enerji, 2.22 g protein, 8.9 g karbonhidrat, 1.56 g toplam lif, 17.7 mg Ca, 1.11 mg Fe, 340 mg K, 6.7 mg Na, 0.08 mg thiamin, 0.08 mg riboflavin, 0.9 mg niasin ve 240 mg askorbik asit mevcut durumdadır (Gebhardt ve Thomas, 2002). Ayrıca Biberde A, B, E ve P vitaminleri, yağ, protein, karbonhidrat, fenolik bileşikler, kalsiyum, fosfor ve demir bulunmaktadır. Ayrıca biberin; C vitamini (askorbik asit), karotenoidler, kapsaisinoidler gibi biyoaktif bileşikler açısından yüksek içeriğe sahip olması nedeniyle sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Atasoy vd. 2016).

Biberde bulunan bu biyoaktif bileşenlerin kalp-damar hastalıklarını ve bazı kanser türlerinin görülme riskini minimize ettiği; biberlerin antiradikal aktivite gösteren bileşikleri içerisinde barındırması nedeniyle alzheimer, parkinson, beyin iskemisi gibi nörolojik bazı hastalıkları önleyici etkiye sahip olabileceği araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir (Davey vd. 2000).

1.2.2. Biber Bitkisinin zellikleri

Biberler, olgunlaşma ile beraber yeşilden koyu kırmızıya kadar değişen renk tonlarına sahip olabilmektedir. İlk aşamada yeşil olan biber meyvesinin olgunlaşmanın devam etmesiyle beraber yeşil rengi azalmakta, kırmızı rengi baskın hale gelmektedir. Bibere kırmızı karakteristik rengini veren bileşenlere karotenoidler adı verilmektedir. Karotenoidler, bitkiler tarafından oluşturulan 9 veya daha fazla konjuge çift bağ içeren 40 C atomlu pigmentlerdir. Kırmızıbiberlere esas renk veren karotenoid pigmentleri kapsantin ve kapsorubin'dir (Yemiş, 2001). Ayrıca β -karoten, α -karoten, zeaksantin ve kriptoksantin ile daha az miktarlarda kriptokapsin, lutein epoksit, antheraksantin, violaksantin ve mutatoksantin'in biberin yapısında bulunan diğer karotenoidlerdir (Minguez- Mosquera ve Hornero-Mendez 1994; Hornero-Mendez ve Minguez- Mosquera 2000; Topuz, 2002).

Biber meyvelerinde özellikle tohumların bağlı olduğu meyve duvarında "kapsaisin" adı verilen alkaloitler bulunur. Kapsaisin acılık maddesidir. *Capsicum* türlerinde doğal olarak 12 veya daha fazla sayıda farklı kapsaisinoid bileşiği bulunabilmektedir (Cisneros-Pineda vd. 2007).

Biber odunsu çalımsı bir gövdeye sahip olup, çeşitlere bağlı olarak 1-2 m kadar boylanabilir. Biber kısa bir kazık köke ve buradan dağılan yan (saçak) köklere sahiptir. Biberin saçak köklerinin toprak profili içindeki derinliği çeşitlere, uygulanan tarım şekline, toprak yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle 30-40 cm arasında olup, saçak köklerin %70'i ilk 30 cm'lik derinlikte bulunmaktadır (Kaygısız, 2000).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama suyunda yaşanmaya başlayan yetersizlikler nedeniyle, sulama suyundan en yüksek faydayı sağlayabilmek adına, verim ile sulama suyu arasındaki ilişkileri belirleyen su-üretim fonksiyonlarına gerek duyulmaktadır. Bu amaçla araştırmacılar günün şartlarında kullanılan sulama yöntemlerinde su korunumu ve/veya tasarrufu sağlayacak yeni uygulamaları denemektedirler. Bu doğrultuda damla sulama ile sulanan alan son yıllarda önemli ölçüde artmış ve damla sulama modern tarımın en önemli parçası haline gelmiştir (Tekinel vd. 1987).

Biber topraktaki yetersiz ve aşırı neme karşı çok hassastır. Bu nedenle sulama uygulamaları için ihtiyaç duyulan suyun zamanında ve yeterli miktarda sağlanması gerekmektedir (Demir vd., 2018). Biberde su olmaması çiçeklerin ve küçük meyvelerin dökülmesine, fazla su ise yaprakların dökülmesine neden olur. Öte yandan etkili kök derinliğinin düşük olması ve nispeten yüksek su tüketimi nedeniyle biber sulamasının sık ve az miktarlarda kullanılması tavsiye edilmektedir (Güngör vd. 1989).

1.2.3. Dünyada ve Türkiye’de Biber Yetiştiriciliği

Biber ülkemizde ve dünyada yaz aylarında açıkta, kış aylarında örtü altında yaygın olarak üretilen ve tüketilen önemli bir sebzedir. A ve C vitaminlerince zengin, düşük kalorili olan biberler taze, pişmiş, konserve, salça, turşu, sos, ketçap, konsantre domates çorbaları, hazır çorbalar, sucuk, tarhana, pastırma, çocuk maması, zeytinlerin içinde, peynirlerde dondurulmuş gıda olarak, kurutularak, toz ve pul biber yapımında, boya sanayinde, ilaç sanayinde vb. gibi çeşitli alanlarda kullanılır (Başay ve Alpsöy, 2019).

1.2.3.1. Dünyada Biber Yetiştiriciliği

Biber üretimi dünyanın birçok ülkesinde yapılmaktadır. Dünyada en çok biber üreten ilk 10 ülke Çizelge 1.2’de yer almaktadır.

Çizelge 1.2. Dünyada en çok biber üreten ilk 10 ülke (Anonim, 2021a)

Ülke	Üretim Miktarı (ton)
Çin	18.978,03
Meksika	3.238,24
Türkiye	2.625,67
Endonezya	2.588,63
İspanya	1.402,38
Mısır	764.292
Nijerya	753.116
Cezayir	675.168
Amerika	624.982
Tunus	443.632

Çizelgeye bakıldığında dünya biber üretiminde Çin'in açık farkla önde olduğu görülmektedir. Dünya biber üretiminde üçüncü sırada yer almaktadır. Yıllara göre dünyada toplam biber üretimindeki değişim Çizelge 1.3'de bulunmaktadır.

Çizelge 1.3. Dünyada toplam biber üretimi (Anonim, 2021a)

Yıllar	2015	2016	2017	2018	2019
Üretim (Ton)	33.177.009	34.592.680	36.092.631	37.312.000	38.027.16

Çizelgeye göre dünyada toplam biber üretimi yıllara göre artış göstermektedir. 2015 yılında 33.177.009'dan 2019 yılında 38.027.16'a yükselmiştir.

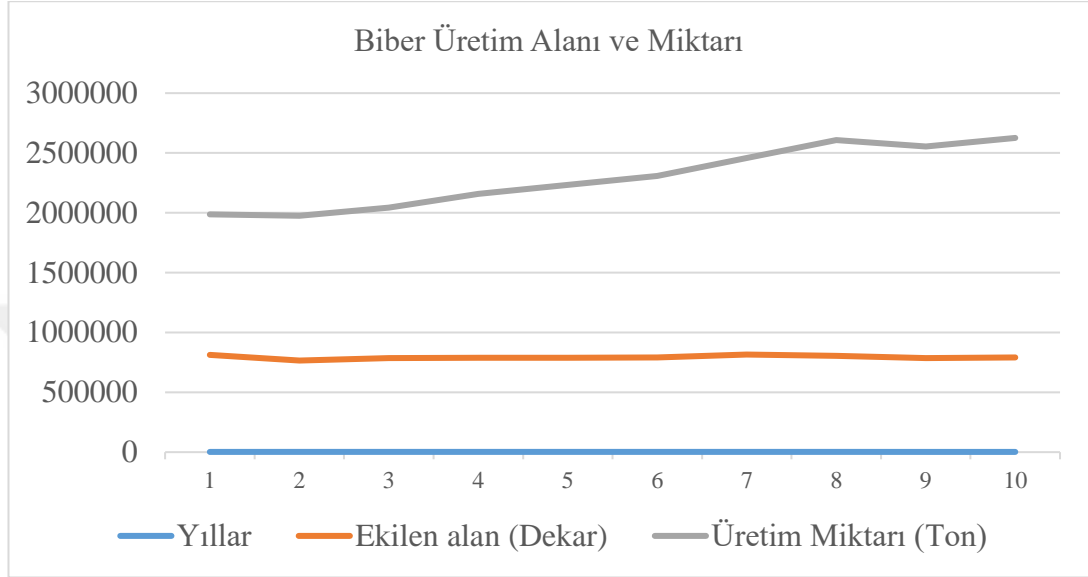
1.2.3.2. Türkiye'de Biber Yetiştiriciliği

Türkiye'de biber yetiştiriciliği ile ilgili veriler Çizelge 1.4'de bulunmaktadır.

Çizelge 1.4. Türkiye'de yıllara göre biber ekim alanı ve üretim miktarı (Anonim, 2020)

Yıllar	Ekilen alan (Dekar)	Üretim Miktarı (Ton)
2010	811.615	1.986.700
2011	765.534	1.975.269
2012	787.076	2.042.360
2013	787.583	2.159.348
2014	789.738	2.232.308
2015	792.617	2.307.456
2016	815.632	2.457.822
2017	805.166	2.608.172
2018	786.524	2.554.974
2019	792.674	2.625.669

Çizelge 1.4 incelendiğinde Türkiye’de biber ekilen alanlarında son on yıl içerisinde önemli sayılabilecek bir değişimin olmadığı görülmektedir. Türkiye’de biber ekim alanları ile biber üretim miktarındaki değişimin grafik olarak gösterimi de Şekil 1.1’de bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Türkiye’de yıllara göre biber ekim alanı ve üretim miktarı (Anonim, 2020)

Şekle göre 2010 yılına göre 2019 yılında Türkiye’de biber ekim alanında 18.941 dekarlık bir azalma olmasına karşılık, yıllar itibariyle üretim miktarının düzenli bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, arıtma çamurları organik gübre gibi toprağa uygulanarak, ülkemizde yaz ve kış üretimi yapılan ve çok fazla değerlendirme alanı bulunan biber üretiminde kullanılmıştır. Çalışmada, Malatya Büyükşehir Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinden çıkan, anaerobik koşullarda stabilize edilmiş ve %15 ve %75 kuruluğa getirilmiş granül haldeki, arıtma çamuru kullanılarak, açıkta biber yetiştiriciliğinde, üretici koşulları (kimyasal gübreleme) ve hiç gübre uygulanmayan parsellerle karşılaştırma yapılarak verim bakımından etkisi ve besin element ile ağır metal içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Magadoff ve Amadon (1980), İkinci aşama aerobik arıtma, arıtma çamuru kumlu tınlı ve kumlu toprak koşullarında mısır bitkilerine uygulanarak azotun etkinliği araştırılmış olduğunu belirlemişlerdir. Çamurdaki nitrojen esas olarak belirli koşullar altında buharlaşma nedeniyle büyük miktarlarda kaybedilecek olan amonyum nitrojen ve organik nitrojen formunda bulunmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar arıtma çamurunun tesise faydası araştırılırken arıtma çamurunun azot verimi açısından incelenmesini önermişlerdir. Arıtılmış çamur uygulaması bitki büyümesi açısından yararlı olduğu belirlenmiştir.

Niedermann vd. (1990) tarım alanında (kuru tarım, kışlık buğday) çamur uygulama oranını araştırmışlardır. Yürütülen çalışmada kışlık buğday için kuru koşullar ve nadas yönetim sistemleri için 3 ton dönüm-1 (741.3 kg da-1) arıtma çamurunun en yüksek güvenlik seviyesi olduğunu belirlemişlerdir. Bu miktarın üzerindeki uygulama oranlarında ağır metal birikimi ve nitrat kirliliği gözlemlenmesine rağmen uygulama oranının bitkilere azot ve fosfor sağladığını, buğday tanelerinin protein içeriğinin de olumlu şekilde etkilenmiş olduğunu vurgulamışlardır.

Alloway ve Jackson (1991) ağır metallerin topraktaki çamur arıtımının davranışı üzerine yaptığı yayında; ağır metallerin topraktaki kanalizasyon çamurunda birikmesi ve bitkilerin bunlara biyoyararlanımı ile topraktaki mikrobiyal aktiviteleri arasında bir ilişki olduğuna dikkat çekmişlerdir. Toprak benzer ilişkiler göstermektedir, bu ilişkilerin her ikisi de toprağın doğasından etkilenir. Araştırma ayrıca toprak özellikleri ile metallerin bitkiler tarafından emilmesi arasındaki ilişkiyi de içererek, toprak pH'ının, topraktaki metal içeriğinin yanı sıra metal bileşikleri, organik madde, hidratlı oksitler, toprak karbonatları ve katyon değiştiricilerin de etkilediğine işaret etmişlerdir.

Flustos vd. (2000) dokuz farklı toprak örneğinde ıspanak, yulaf ve mısırdan kaynaklanan kanalizasyon çamurunda kadmiyum ve nikel birikimi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, tüm bitkilerin biyokütlesinin arttığı sonucuna varılmıştır. Bu artışların Fluvisollerde en küçük, Chernozem ve Luvisollerde önemli ölçüde daha yüksek ve Cambisollerde değişken olduğunu tespit etmişlerdir. Metallerin bitkiler tarafından emiliminin toprak ve bitki türlerine göre değişiklik gösterdiğine

dikkat çekilmiştir. Ayrıca ispanağın Fluvisoller ve Cambisoller içinde en yüksek kadmiyum içeriğine sahip bitki olduğuna ve diğer bitkilerde metal konsantrasyonunun arttığına dikkat çekmişlerdir.

Bozkurt vd. (2000) belediye kanalizasyon çamurunun kışlık arpa için azot kaynağı olarak kullanılması üzerine yaptıkları çalışmada, inorganik azotlu gübre ile arıtma çamurunu karşılaştırmışlardır. Kontrol edildiğinde, tüm arıtmalarda bitkilerin azot içeriği ve absorpsiyonunun arttığını ve bu artışın çamur uygulamalarında daha da fazla olduğunu belirtmişlerdir. Çamur konsantrasyonu arttırmış, ancak sadece topraktaki çinko ve bakır içeriği arttığını ve toksik seviyenin altında kalmış olduğunu rapor etmişlerdir.

Yapılan çalışmalar, arıtma çamuru uygulamasının toprağın fiziksel özellikleri üzerinde olumlu etkiler doğurduğunu, toprağın havalanması konusunda yararlı olduğunu, su tutabilme kapasitesini artırdığını (Wang vd. 2001), toprak katyon değişim kapasitesini ve organik madde içeriğini artırdığını ve erozyonu engellediğini belirlemişlerdir (Franco-Hernandez vd. 2003).

Wang vd. (2003) yılında kanalizasyon çamuru ve gıda atıklarının toprağa uygulanmasının bitki büyümesini önemli ölçüde artırabileceğine dikkat çekmişlerdir. Arıtma çamurunun farklı biçimleri, birçok ülkede arazi uygulamalarında yaygın olarak kullanıldığını belirtmişlerdir.

Topçuoğlu vd. (2003) arıtma çamurlarının toprağa artan uygulamalarıyla domates bitkisinin yaprağında mineral içerikleri çoğunlukla artış göstermiştir. Konuyla ilgili yapılan diğer çalışmalarda (Miller vd., 1995; Kadunc vd., 1994; Paulraj ve Ramulu, 1994; Tirmizi vd., 1996. Gomez vd., 1993; Pinemonti vd., 1997; Topçuoğlu vd., 2001) domates ve diğer birçok bitkilerde arıtma çamurunun uygulanmasıyla bitkilerde mineral madde içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Topçuoğlu vd. (2003) uygulamış oldukları arıtma çamurunun domates yaprağında, II. yıl ağır metallere Pb, Ni ve Cd içeriklerinin, I. yıl içeriklerinden önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada da Gomez vd. (1993) domates bitkisine II. yetiştirme döneminde yinelemeli olarak uygulanan arıtma çamurunun N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu ve Zn içeriklerini artırdığını; Villarroel vd. (1993) toprağa sekiz yıl süre ile arıtma çamuru uygulanması sonucu bitkide P ve ağır metal içeriklerinin birkaç katı arttığını bildirmişlerdir

Türkmen vd. (2004) araştırmalarında arıtılmış çamuru mineral gübreleme ile karşılaştırmışlar, ağır metal içeriği düşük, makro ve mikro besin içeriği yüksek arıtılmış çamurun gübreleme planına özellikle alkali toprakta eklenmesinin faydalı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmada uygulama oranı olarak 60 ton ha-1 seviyesinde arıtılmış çamur kullanmışlardır.

zbek vd. (2004) yürüttükleri çalışmalarda çok sayıda türde, ağır metallerin fotosentez azalmasında sebep olarak inhibe etmiş olduğu, nekroz ve kloroza sebebiyet verdiği, tohumun çimlenmesine mani olduğu ve hormon yapısındaki dengeye zarar verdiği belirtmişlerdir.

Bozkurt vd. (2000) toprağa arıtma çamuru ve humik asit uygulayarak tesis ettikleri bir denemede uygulamaların bitkinin P, Ca ve Mg içeriğini artırdığını K içeriğinde ise önemli bir değişim yaratmadığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, yine aynı çalışmada arıtma çamuru uygulamasının bitkinin Co, Ni, Cr ve Cd içeriğinde önemli bir değişim oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Grigatti vd. (2007) arıtma çamuru uyguladıkları üç farklı ss bitkisinden; *Begonia semperflorens* türünde kuru ağırlık artışının % 25, *Salvia splendens* türünde ise % 50 arıtma çamuru uygulamasında en yüksek değerlere ulaştığını, *Tagates patula* türünde ise % 50'nin üzerinde arıtma çamuru olan ortamlarda kuru ağırlıkta bir artış saptanmadığını ortaya koymuşlardır.

Dindar vd. (2010) araştırmalarında, farklı yöntemlerle stabilize edilmiş topraklarda çeşitli nitrojen formlarındaki değişiklikleri ve üreaz aktivite değerlerini belirlemişlerdir. Evsel atıksuyun ham çamuru için patojen popülasyonunu değerlen derecelerde azaltmak için dört farklı stabilizasyon yöntemi (havayla kurutma, pastörizasyon, kireç stabilizasyonu ve kireç + kl stabilizasyonu) kullanmışlardır.

Uzun vd. (2011), Bu çalışmada arıtma amurlarının çevreye verdiği olumlu etkiler dışında olumsuz etkisi de bulunmakta olduğunu belirtmiştir. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmamanın en iyi yolunun stabilize edilmesi gerekmekte olduğunu dile getirir. Bunun sonucunda arıtma amurlarının ağır metal için gerekli olan sınır değerleri aşmamalı ve insan ile evre sağlığına zararları dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir.

Demirtaş vd. (2013), arıtma çamuru kullanarak yetiştirilen domates meyvesinin kalitesi, verimi ve bitkinin beslenme durumuna etkisini incelemek üzere

2004 / 2006 yılları arasında bir çalışma yürütülmüş ve bu çalışma doğrultusunda meyve de ve toprakta ağır metal birikimi sorun teşkil etmediği tespit edilmiştir. Sonraki yıllar içerisinde etkilerinin devam etmesi yönünde 2008 / 2011 yıllarında bir çalışma daha yürütülür ve bu analizler sonucunda topraktaki ağır metal içeriklerinin yönetmelikteki sınır değerlerinin aşmadığı, yaprak analizi sonucunda ise bitkide Mn, K, N, Ca, Zn ve Fe içeriklerinin önem seviyesinde arttığı ancak Mg ve P içeriklerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Akat vd. (2015), arıtma çamurunun *Limonium sinuatum* bitkisine % (0 / 25/ 50 ve 75) farklı dozlarda kullanılarak bitki üzerinde verimi ve gelişimi incelenmiştir. Bitki başına düşen çiçek sayısı, sap uzunluğu ve kalınlığı % 99 güvenle önem seviyesinde fark oluşturmuştur. Kullanılan bu dozlar sonucunda çiçek sapı uzunlukları, çiçek sapı kalınlıkları ile bitki verimi ve yaprak sayıları en yüksek % 50 ve% 75 doz uygulamalarından tespit edilmiştir. Kök ve üst aksam kuru ağırlığı değerleri istatistiksel anlamda önem arz ederken bununla birlikte üst aksam yaş ve kuru ağırlığında, kök uzunluğu ve yaş ağırlığında ise kontrole oranla yüksek değerler tespit edilmiştir

Almaz (2017), Kumlu tın bünyeli toprağa uygulanan arıtma çamurunun, mısırdaki ağır metal içeriğinin etkisini araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda uygulanan arıtma çamuru sonucunda topraktaki toplam, Ni, Pb ve As değişiminin istatistiksel açıdan önem arz etmediğini; fakat Cd, Cu, Cr, Zn ve Hg elementlerin ise istatistiksel olarak önemli artışlar olduğunu tespit etmiştir.

Altunlu vd. (2018), çalışmalarında uygulanacak (Arıtma çamuru + toprak karışımı, V:V, 0:100, 20:80, 40:60, 60:40) arıtma çamurunun kesme gül yetiştiriciliği üzerine bitki gelişimi, verim, klorofil miktarı ve çiçek kalitesi belirlemektedir. Uygulanan arıtma çamuru ile bitki gelişimi, klorofil içeriği, çiçek verimi ve kalitesi artmıştır. Arıtma çamurunun 40:60 uygulaması istatistiksel olarak en iyi sonuçlar elde edilmiştir. %60 oranında ise olumsuz etkilemiştir. Kesme gül üretiminde %40 dozunda arıtma çamuru önerilebilir.

Çetinkale Demirkan vd. (2018), Bu çalışmada arıtma çamurunun Anadolu Sığıla Ağacı'nda (*Liquidambar orientalis* Mill.) bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Uygulanan (0 kg/m²/yıl, 20 kg/m²/yıl, 40 kg/m²/yıl, 60 kg/m²/yıl) denemelerde, arıtma çamurunu her bir dozda toprağa serpmeye metoduyla 4 ayda 1

olacak şekilde toplamda 2 yıl boyunca 12 sefer uygulanmıştır. Arıtma çamuru uygulamasında analizler sonucunda bitki boyunda en yüksek yılda 20 kg/m², gövde çapının kalınlığı 40 kg/m² ve en koyu yaprak rengi ise 60 kg/m² uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Analiz sonucu yapraklarda ise toksik değerlerin nikel ve kurşun olduğu anlaşılmıştır. *L. Orientalis* türünde 20 kg/m²/yıl dozunu aşmayacak şekilde arıtma çamuru kullanımının uygun olduğu ve bu miktarda bitkilerde zararlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çakır ve Çimrin (2018), bu çalışmanın amacı, mısır bitkisine uygulanan arıtma çamurunun, toprağı ve bitkinin kök, kök üstü aksam ile mısır bitkisinin verimi üzerine etkilerini incelenmiştir. Belli dozlarda kullanılan arıtma çamuru sonucunda deneme toprağının istatistik açısından N, P, K ve Ca içeriklerini önemli, Mg içeriklerin ise önemsiz artışlar tespit edilmiştir. Mısır bitkisi kök N, P, K, Ca ve Mg içerikleri istatistiki açıdan çok önemli bulunmuş olup bununla birlikte kök üstü N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinde önemli bulunmuş, tanığa göre önemli artışlar ve bu artışlar kök üstü N ve P içeriklerinde doğrusal olmuştur. Bu uygulanan arıtma çamuru çalışmaları genelde bitki besin elementleri yönünden olumlu etkiler göstermişse de artan arıtma çamuru uygulamaları ile bitki kuru veriminin arıtma çamurunun % 5' lik, yaş verimin ise % 7.5' luk uygulamasında azalmaya başladığını belirtmiştir.

Rajabi Khiabani vd. (2020), yaygın Fiğ+Arpa karışımına uygulanan arıtma çamurunun toprağın bitki besin maddesine etkisi incelenmiştir. 1, 2 ve 3 t da⁻¹ arıtma çamuru dozları ile kontrol ve mineral gübre çalışması yapılmıştır. İki yıl süreyle toplamda 4 tekrarlanmalı olarak tesadüf deneme blokları desenine göre yürütmüşlerdir. Hasattan sonra her parselden alınan toprak örneği alınmış ve N, P, K, Fe, Cu, Mn ve Zn analizleri yapılarak topraktaki bu besin maddelerinin farklı etkilerinin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Buna istinaden toprağın analizine göre ve toprakta bırakabileceği ağır metallerde hesaba katılarak yaygın fiğ+arpa karışımında 2 t da⁻¹ arıtma çamurunun kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma Malatya Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait Araştırma ve Uygulama Bahçesinde 2018-2019 yılları arasında yürütülmüştür.

3.1.1. Deneme Alanının Coğrafi ve İklim Özellikleri

3.1.1.1. Denemenin Yürütüldüğü Alanın Coğrafi Özellikleri

Kuzeyinde Sivas, güneyinde Adıyaman, batısında Kahramanmaraş, doğusunda ise Elazığ ili ile komşu olan Malatya, Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat Havzası'nda yer almaktadır ve 964 metre yükseklikindedir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği uygulama alanı Malatya ilinin Battalgazi ilçesinin sınırları içerisinde 38°45' enlem ile 38°35' boylam aralığında bulunan Malatya Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Bahçesidir (Şekil 3.1). Araştırma bahçesi 738 metre rakımı ile il genelinden daha düşük bir yükseltiye sahiptir.



Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü deneme parselinin uydu görüntüsü

3.1.1.2. Denemenin Yürütüldüğü Alanın İklim Özellikleri

Genel olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nde karasal (yarı kurak) iklim hüküm sürmektedir. Karasal iklim özelliği taşıyan Doğu Anadolu bölgesi, Malatya ilinde bu özelliği yansıtmamaktadır. Akdeniz ikliminin etkisi ile birlikte daha ılıman bir iklime sahip olan Malatya'da yıllık sıcaklık ortalaması 13.7°C'dir. Bu özelliği ile Malatya, bölgenin genelinde görülen karasal (yarı kurak) iklim özelliklerinden değişik iklim karakterine sahip mikro klima özelliği göstermektedir (Sunkar vd., 2013).

Araştırmanın yürütüldüğü yıllardaki iklimsel veriler incelendiğinde, ortalama sıcaklığın 2018 yılı içerisinde en fazla 27.2°C ile Temmuz ayında, 2019 yılı içerisinde 26.2 °C ile Ağustos ayında ölçüldüğü görülmüştür. Düşen yağış miktarları incelendiğinde, 2018 yılında en fazla 48.9 mm ile Aralık ayında, en az ise 0.0 mm ile Ağustos ayında, 2019 yılı içerisinde en fazla 45.8 mm ile Nisan ayında, en az ise 0.0 mm ile Temmuz ayında düştüğü görülmüştür. Nispi nem değerleri incelendiğinde ise nispi nemin, 2018 yılında en fazla %91.7 ile Aralık ayında en düşük ise %31.3 ile Ağustos ayında, 2019 yılında ise en fazla %87.6 ile Aralık ayında, en düşük ise %36.4 ile Temmuz ayında ölçüldüğü görülmüştür (Anonim, 2021b) (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deneme alanında ölçülen 2018 ve 2019 yıllarına ait meteorolojik kayıtlar

Aylar	Maksimum Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık	Minimum Sıcaklık	Toplam Yağış	Toplam Nem	
2018	Ocak	13.3	3.3	-0.4	20.0	80.1
	Şubat	14.8	5.8	-3.6	21.0	79.0
	Mart	23.5	11.6	-2.2	15.0	56.6
	Nisan	27.7	15.2	2.5	3.0	43.5
	Mayıs	30.5	17.6	7.1	44.8	74.7
	Haziran	37.0	22.8	11.0	21.1	62.2
	Temmuz	39.4	27.2	14.3	6.5	32.7
	Ağustos	38.1	26.8	14.0	0.0	31.3
	Eylül	34.5	22.5	10.7	3.8	35.8
	Ekim	29.0	15.0	0.4	24.0	62.3
	Kasım	21.0	7.6	-2.7	15.1	88.6
	Aralık	13.3	4.3	-8.2	48.9	91.7
2019	Ocak	12.2	1.1	-11.5	18.9	85.7
	Şubat	13.0	3.8	-3.4	28.2	87.4
	Mart	17.9	7.3	-3.8	21.3	86.2
	Nisan	23.8	10.5	0.8	45.8	82.1
	Mayıs	34.3	19.5	5.4	2.2	45.6
	Haziran	37.1	24.4	12.5	12.1	42.9
	Temmuz	38.4	25.7	10.3	0.0	36.4
	Ağustos	41.0	26.2	14.0	3.8	37.7
	Eylül	32.4	20.9	5.9	0.4	40.4
	Ekim	30.2	16.1	5.2	13.1	59.4
	Kasım	18.7	7.2	-2.5	1.1	65.0
	Aralık	13.8	3.9	-4.0	37.6	87.6

3.1.1.3. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Malatya ili toprakları sıcaklık rejimi yönünden bakıldığında mesic olup; nem rejimi yönünden Aridictir (Anonim, 2010). Malatya İline bağlı Merkez ve Battalgazi ilçesinde genel olarak bulunan toprakların, 12.240 ha'ı alüvyal, 86.393 ha'ı kahverengi, 5.861 ha'ı kırmızımsı kahverengi, 5.262 ha'ı ise kolüvyal ve 22.965 ha'ı kireçsiz kahverengi topraklardan oluşmaktadır (Anonim, 1983). Yeni toprak sınıflama sistemine göre (Toprak Taksonomisi) aridisol ordosu, orthid alt ordosu cambortid büyük gurubundadır.

3.1.1.4. Bitkisel Materyal

Denemede bitkisel materyal olarak İstek F1 uzun dolmalık biber kullanılmıştır. Uzun dolma biber (Tokat Dolması), güçlü, çok erkenci ve yüksek verimlidir. Meyve rengi yeşil, çok ince kabuklu olup boyutları ortalama 8x4 cm'dir. Yetiştirme dönemi

olarak ilkbahar, sonbahar örtüaltında ve açık tarlada yetiştirmeye uygun bir çeşittir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Biber bitkisi ve meyvesinden bir görünüm

3.1.1.5. Arıtma Çamuru

2018 yılına kadar tesise kanalizasyon atık suları, Batı ana kolektörü 2400 mm çaplı ve Doğu ana kolektörü 1000 mm çaplı iki ayrı hattan gelmekteydi. Ancak şehrin doğu tarafına uzatılan kanalizasyon hattıyla birlikte 1000 mm çapındaki doğu kolektörü 1600 mm olarak deplase edilmiş ve bu hat üzerine kaba ızgarayı rahatlamak amacıyla taş tutucu yapılmıştır. Arıtma Tesisi karbon ile birlikte azot ve fosfor giderimini de içeren ve stabil çamur üreten uzun havalandırmalı aktif çamur prosesidir.

Malatya İBAAT Proses Özellikleri

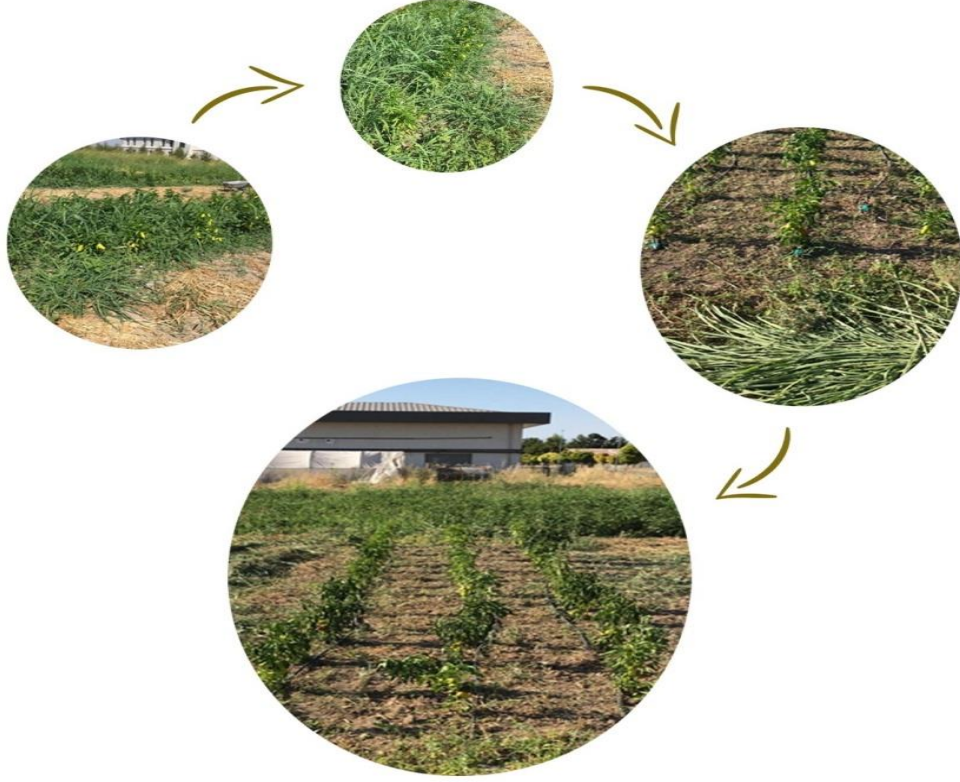
Arıtma Tesisi 1.kademesinde yer alan Üniteler:

- Kaba Izgara
- Giriş Pompa İstasyonu
- İnce Izgaralar
- Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucular

- Selektör Tank
- Anaerobik Havuz
- Havalandırma Havuzları
- Blower Ünitesi
- Son Çökeltme Havuzları
- Mekanik Çamur Yoğunlaştırma ve Susuzlaştırma Üniteleri
- Atıksu Dağıtma, Toplama ve Deşarj Yapıları
- Çamur Toplama Yapıları
- Köpük Toplama Yapıları
- Trafo ve Jenaratör Binası
- İşletme, Garaj ve Atölye Binası
- Geri Devir Çamur pompa istasyonu

3.2. Yöntem

Deneme, 2018 yılında 18 Temmuz da başlanmıştır. Denemeye başlamadan önce toprak sürülmüştür. Sürüldükten sonra toprak örnekleri alınmış daha sonra gübreleme yapılmıştır. Gübrelemeden hemen sonra dikim yapılmıştır. Dikimden 15-20 gün sonra ilk çapalama ve yabancı ot temizliği yapılmıştır. Aynı işlemler 2019 yılında yapılan denemede de yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Bakım işlemlerinden görünümeler

3.2.1. Kimyasal Parsel İçin Kullanılacak Gübre Dozları

Kimyasal parsellerde kullanılan gübrelerin dekara saf miktarları verilmiştir.

Azot (N)	: 12 kg/da
Fosfor (P)	: 5 kg/da
Potasyum (K)	: 15 kg/da
Magnezyum (Mg)	: 3,5 kg/da
Kalsiyum (Ca)	: 9 kg/da

3.2.2. Bitkilerin Yetiştirme Ortamlarının Hazırlanması

Denemede toplam 6 uygulama olacaktır.

1. %75 kuruluk oranında arıtma çamuru 3 ton/ da
2. %75 kuruluk oranında arıtma çamuru 5 ton/ da
3. %15 kuruluk oranında arıtma çamuru 3 ton/ da
4. %15 kuruluk oranında arıtma çamuru 5 ton/ da

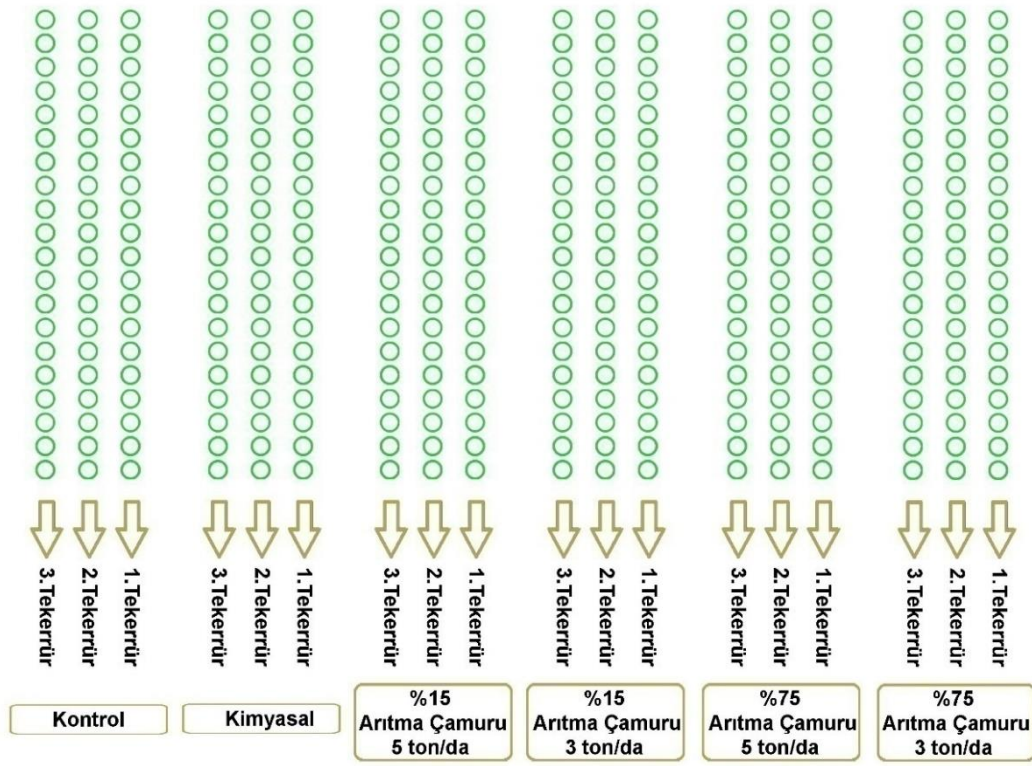
5. Üretici koşulları kimyasal gübre uygulaması

6. Hiç gübre uygulanmayan kontrol parseli.

İki yıllık planlanan bu araştırmada; bitkilerde büyüme ve gelişmeye ilişkin ölçümler yapılacak, verim değerleri alınacaktır. Hasat edilen meyvelerde ve yapraklarda bitki besin element analizleri ile ağır metal analizleri yapılacaktır.

3.2.3. Bitkilerin Yetiştirme Ortamlarında Yetiştirilmesi

Deneme tesadüf blokları, deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak hazırlanmıştır. Her tekerrürde 20 bitki, toplamda ise 1 çeşiti için 360 bitki kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Deneme planının şematik görünümü

Yukarıda (Şekil 3.4) görüldüğü gibi tesadüf deneme blokları şeklinde dikilen biber fidelerinin deneme süresi boyunca bitkinin ihtiyacı doğrultusunda sulamalar devam ettirilmiştir.

4. DENEMEDE İNCELENEN PARAMETRELER

4.1. Morfolojik Parametreler

4.1.1. Bitkinin Boyu (cm)

Bitkilerin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge cm cinsinden metre ile ölçülmüştür.

4.1.2. Gövde Çapı (mm)

Kök boğazı yakınında, birinci ve ikinci boğum ortasında, dijital bir kompas ile mm cinsinden gövde çap ölçümü yapılmıştır.

4.1.3. Gövde Toplam Ağırlığı (g)

Denemede yer alan bitkilerin, köklerinden ayrılıp meyvesi ve yaprakları ile birlikte hassas terazide tartılarak ortalamaları hesaplanmıştır.

4.1.4. Gövde Yaş Ağırlığı (g)

Denemede yer alan bitkilerin, köklerinden ayrılıp yıkama aşamasından sonra suyu alınarak, yapraklarından ayrılan gövdeler hassas terazide tartılarak ortalamaları hesaplanmıştır.

4.1.5. Yaprak Sayısı (adet)

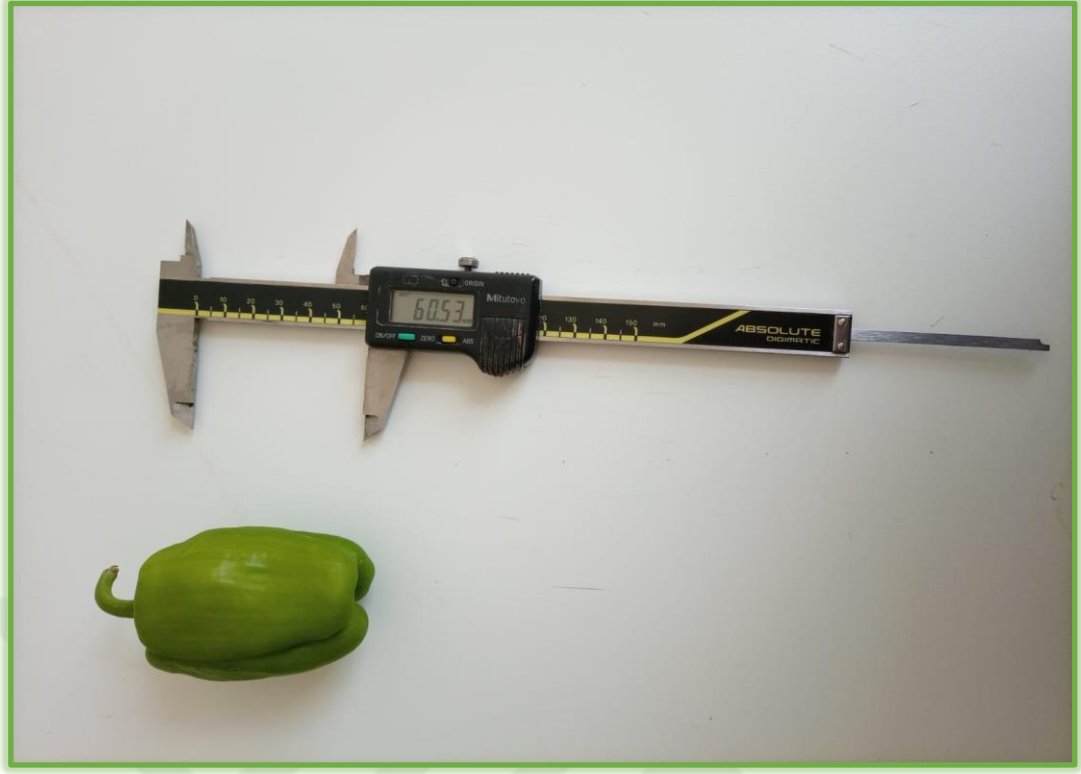
Bitki üzerindeki yaprakların tamamı sayılarak tespit edilmiş ve ortalama yaprak sayıları belirtilmiştir.

4.1.6. Yaprak Analizi (g)

Uygulama alanında toplanan yapraklar hassas terazide tartılarak g (± 0.1) yaş ağırlıkları belirlenmiştir, daha sonra 65°C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlık g olarak kaydedilmiştir.

4.1.7. Meyve Boyu(mm)

Hasat yapıldıktan sonra her tekerrürden 10 meyve alınarak meyve boyu (sap çukuru ile çiçek çukuru arasında) ölçümü yapılarak ortalamalar alınmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Dijital kumpas ile ölçölenen biber meyvesinin boyu



%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da - 1



%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da - 2



%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da - 3



%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da - 1



%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da - 2



%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da - 3



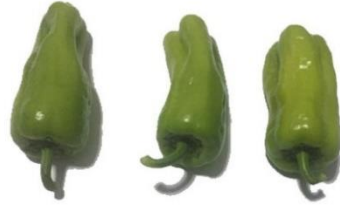
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da - 1



%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da - 2



%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da - 3



%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da - 1



%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da - 2



%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da - 3



Kimyasal- 1



Kimyasal- 2



Kimyasal- 3



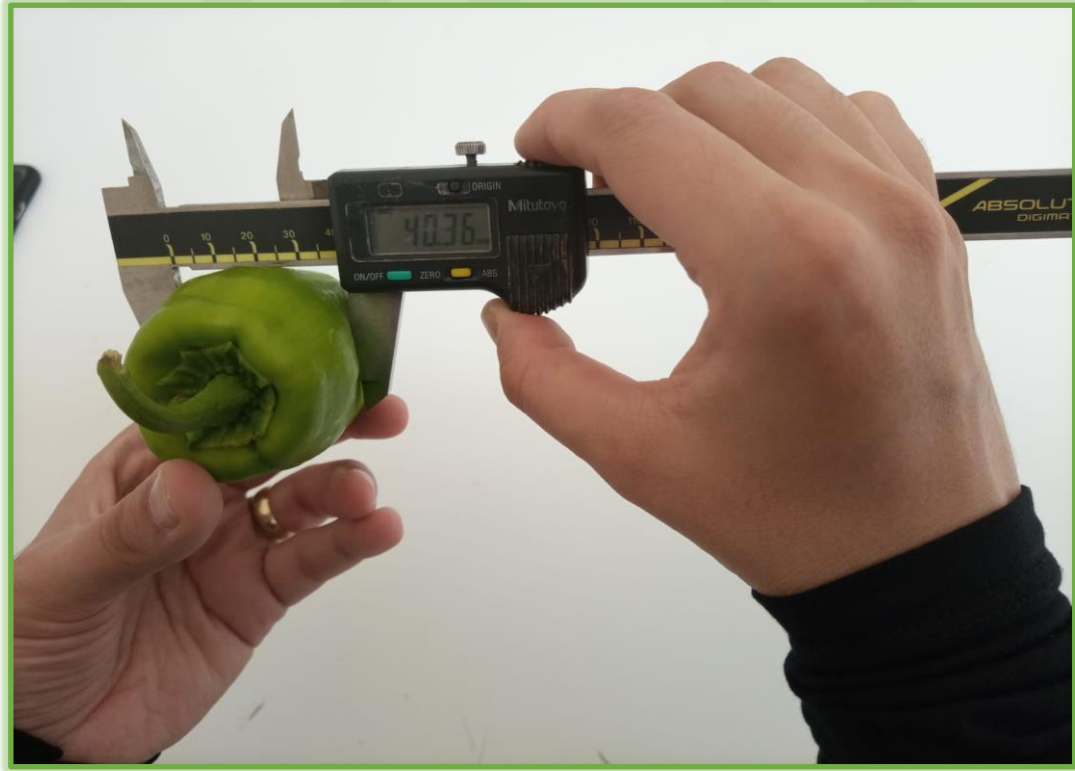
Kontrol- 1



Şekil 4.2. İstek F1 uzun dolmalık biber meyvelerinin görünümü.

4.1.8. Meyve Çapı (mm)

Hasat döneminde her bir tekerrürde toplanan 10'ar meyvede 0.01 milimetre(mm) duyarlılıktaki Şekil 4.3'de görüldüğü gibi dijital kumpas ile yapılan ölçümlerle ortalamalar alınmıştır.



Şekil 4.3. Meyve çapının ölçümü için kullanılan dijital kumpas

4.1.9. Verim (kg/m²)

Hasat olgunluğuna gelen meyveler hasat edilerek, pazarlanabilir nitelikte olanları toplu halde tartılacak, değerler kilogram olarak saptanıp ve kg/m²olarak hesaplanmıştır (şekil 4.4 ve şekil 4.5).



şekil 4.4. Hasatta toplanan meyvelerin g3r3n3m3



Şekil 4.5. Hassas terazi ile meyve ağırlığı

4.1.10. Meyve Sayısı

Elde edilen bitki örneklerindeki bütün meyveler tek tek sayılarak belirlenmiştir.

4.1.11. Yaprak Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)

Her bitki hassas terazide tartılarak g (± 0.1) yaş ağırlıkları belirlenmiştir, daha sonra 65°C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlık g olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Etüv cihazı kapalı ve açık hali

4.1.12. Yaprakların Mineral Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

4.1.12.1. Yapraklarda Makro Besin Elementlerinin Belirlenmesi (%)

Vegetasyon süresinin orta dönemine rastlayan tam çiçeklenme döneminde gelişmesini tamamlamış genç yapraklardan büyüme ucundan itibaren sekiz yaprak alınmıştır. Bu yapraklar 48 saat 65 °C’de kurutulmadan sonra değirmende öğütülmüş, N için 0.2 g, P ve diğer elementler için 0.2 g kuru yaprak örneği alınmıştır. P için; öğütülmüş bitki yaprak örneklerinden 0.2 g alınarak kuru yakma yöntemine göre 550 °C’de 5 saat kül fırınında yakılan ve üzerine 1/3’lük HCl çözeltisinden 2 ml konulan örnek 20 ml’ye tamamlanmıştır (Şekil 4.7). Örnekten fosfor kaplarına 0.5 ml alınmış 10 ml’ye tamamlanarak ve 882 nm’de spektrofotometrede, N (Azot) Kjeldal yöntemi ile K (Potasyum), Ca (Kalsiyum) ve Mg (Magnezyum) içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometresinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Biber yaprağına ait kuru yaprak örneği ve biber meyvesinin suyu.

4.1.12.2. Yapraklarda Mikro Besin Elementlerinin Belirlenmesi (mg/L)

Vegetasyon süresinin orta dönemlerine rastlayan tam çiçeklenme döneminde gelişmesini tamamlamış genç yapraklar (büyüme ucundan itibaren 8. yaprak) ilgili parsellerden alınmış, bu yapraklar 65 °C’de 48 saat kurutulduktan sonra değirmende öğütülmüştür. Mikro element okumaları için; öğütülmüş bitki yaprak örneklerinden 0.2 g alınarak kuru yakma yöntemine göre 550 °C’de 5 saat kül fırınında yakılan ve üzerine 1/3’lük HCl çözeltisinden 2 ml konulan örnek 20 ml’ye tamamlanmıştır (Şekil 4.8). Çinko (Zn), Mangan (Mn), Demir (Fe) ve Bakır (Cu) içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometresinde saptanmıştır.



Şekil 4.8. Biber yaprağına ait kuru yaprak örneği ve biber meyvesinin suyu.

4.1.13. Meyve Suyunda Ağır Metal Analizleri

Cu, Ni, Zn, Cd, Pb, Hg ve Cr elementlerinin belirlenmesi, Mikrodalga ile özütleme yapıp ardından Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre yöntemiyle (AOAC Official Method 999.10) yapılmıştır.

4.1.14. Toprak Analizleri

Alüviyal ve kolüviyal kökenli olan deneme alanı toprakları eski sınıflama sisteminde sınıflandırılmıştır. Hazırlık aşamasında olan arazi çalışmasının 0-30 cm derinlikte alınan deneme alanına ait toprak örneklerinde; pH, tekstür, organik madde, EC, azot, kireç, potasyum ve fosfor analizleri yapılmıştır.

4.1.14.1. Bünye (Tekstür) (%)

“Bouyoucos Hidrometresi” yöntemi ile yapılmıştır (Uluğ, 2018).

4.1.14.2. Toprak Reaksiyonu (pH)

1:2.5 oranında saf su ile sulandırılan toprak örneklerinin, elektrotlu NeelpH metre kullanılarak ölçülmüştür.

4.1.14.3. Elektriksel İletkenlik (EC) ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

1:2.5 oranında saf su ile sulandırılan toprak örneği, elektriksel iletkenlik aleti ile tayin edilmiştir. Buradaki temel sebep, toprağın su ile doygun olması, toprağın elektriği geçirmeye olan direncinin tespit etmek ve buna göre tuzluluğunun belirlenmesidir (Uluğ, 2018).

4.1.14.4. Kireç (%CaCO₃)

Scheibler kalsimetresi kullanılarak tespit edilmiştir. Bu yöntemin temel amacı, toprağın seyreltik hidroklorik asit ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkan CO₂ gazının kapalı bir boruda standart sıcaklık ve basınç altındaki hacminin ölçülmesi ve ölçülen bu hacim değerinin esas alınarak topraktaki karbonat içeriğinin belirlenmesidir (Uluğ, 2018).

4.1.14.5. Organik Madde (%)

Modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemi uygulanarak tayin edilmiştir. Yöntem, toprağın dikromat ve sülfürik asit ile işleme tabi tutularak yükseltgenmesi ve daha sonra bu oksidasyon işlemi için kullanılan miktardan artan yani ortamda reaksiyona girmemiş olan kromatın amonyum ferrosülfat ile titre edilmesi suretiyle toprak organik maddesinin belirlenmesi esasına dayanır (Uluğ, 2018).

4.1.14.6. Toplam Azot (N) Tayini

Kjeldahl yöntemi yardımıyla bitkide oluşan inorganik ve organik azot formlarının tespitinde toplam azot belirlenmiştir. Bu yöntemde göre, iki temel aşamada azot belirlemesi gerçekleşir. İlk aşamada yaş yakma işlemiyle organik azotun amonyum sülfata ((NH₄)₂SO₄) dönüşümü ve daha sonra amonyumun borik asit içerisinde destilasyonu sağlanır. İkinci aşamada ise bromkresol gren methlyredindikatör karışımı içerisinde ve standart H₂SO₄ kullanılarak titrasyon işlemi sonucunda azot tayini belirlenir (Uluğ, 2018).

4.1.14.7. Bitkiye Yarayışlı Fosfor (Olsen-P) (mg/kg)

Çözeltiye geçen NaHCO₃ ile ekstrakte edilmiş örneklerde, spektrometre ile elverişli fosfor düzeyi belirlenmiştir (Uluğ, 2018).

4.1.14.8. Değişebilir Potasyum (ppm)

Toprakların potasyum miktarı, ekstraksiyonu sonucu 1N amonyum asetat ile fotometrede fleym belirlenmiştir (Uluğ, 2018).

4.1.15. İstatistiksel Analizler

İstatistik analizler, SPSS for windows 22.0 istatistik programında yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar “Duncan oklu Karşılaştırma Testi” ile % 5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Aynı grupta yer alan uygulamalar aynı harfle gösterilmiştir.

5. ARAŞTIRMABULGULARI

5.1. Bitki Boyu (cm)

2018 – 2019 deneme yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan bitki boyu(cm) ölçüm değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. 2018 yılında 1. Ölçüm (5 Temmuz) ve 2. Ölçüm (22 Ağustos) olarak toplamda 2 bitki boyu ölçümleri yapılmıştır.

2018 yılında yapılan bitki boyu ölçümünde 25.51 cm ile 43.26 cm arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2018 yılında bitki boyu değeri en düşük 25.51 cm kontrol ve 27.31 cm ile kimyasal uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek bitki boyu ölçümünde ise 43.26 cm ile % 75 Aritma Çamuru 5 ton/da ve 41.87 cm ile %15 Aritma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerden elde edilmiştir.

2019 yılında ise 1. Ölçüm (8 Temmuz) olarak toplamda 1 bitki boyu ölçümü yapılmıştır. 2019 yılında yapılan bitki boyu ölçümünde 25.78 cm ile 43.98 cm arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2019 yılında bitki boyu değeri en düşük 25.78 cm kontrol ve 26.98 cm ile kimyasal uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek bitki boyu ölçümünde ise 43.98 cm ile % 75 Aritma Çamuru 5 ton/da ve 41.72 cm ile %15 Aritma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerden elde edilmiştir.

Her iki yıla baktığımız zaman% 75 Aritma Çamuru 5 ton/da ve %15 Aritma Çamuru 5 ton/da bitki boyu değerleri diğer uygulamalardan elde edilen bitki boyu değerlerine göre daha iyi sonuç vermektedir. Her iki yılda aynı şekilde kontrol ve kimyasal bitki boyu değerleri ise daha düşük sonuç vermektedir.

Çizelge 5.1. Birinci ve İkinci deneme yılındaki bitki boyu (cm) ölçüm değerleri

	Bitki Boyu (cm)	
	2018 (1.yıl)	2018 (1.yıl)
%75 Aritma Çamuru 3 ton/da	40.76 b	40.98 b
%75 Aritma Çamuru 5 ton/da	43. 26 a	43.98 a
%15 Aritma Çamuru 3 ton/da	36.56 c	37.14 c
%15 Aritma Çamuru 5 ton/da	41.87 ab	41.72 ab
Kimyasal	27.31 d	26.98 d
Kontrol	25.51 d	25.78 d

5.2. Gövde Çapı (mm)

2018 – 2019 deneme yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan gövde çapı ölçüm değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. 2018 yılında 1. Ölçüm (5 Temmuz) ve 2. Ölçüm (22 Ağustos) olarak toplamda 2 gövde çapı ölçümleri yapılmıştır.

2018 yılında yapılan gövde çapı ölçümünde 7.00 mm ile 11.86 mm arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2018 yılında gövde çapı değeri en düşük 7.00 mm kontrol ve 7.59 mm ile kimyasal uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek gövde çapı ölçümünde ise 11.86 mm ile %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da ve 11.42 mm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerden elde edilmiştir.

2019 yılında ise 1. Ölçüm (8 Temmuz) olarak toplamda 1 gövde çapı ölçümü yapılmıştır. 2019 yılında yapılan gövde çapı ölçümünde 6.98 mm ile 11.84 mm arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2019 yılında gövde çapı değeri en düşük 6.98mm kontrol ve 7.64 mm ile kimyasal uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek gövde çapı ölçümünde ise 11.84 mm ile %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkiden elde edilmiştir.

Her iki yıla baktığımız zaman %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da gövde çapı değerleri diğer uygulamalardan elde edilen gövde çapı değerlerine göre daha iyi sonuç vermektedir. Her iki yılda aynı şekilde kontrol ve kimyasal gövde çapı değerleri ise daha düşük sonuç vermektedir.

Çizelge 5.2. Birinci ve İkinci deneme yılındaki gövde çapı (mm) ölçüm değerleri

	Gövde Çapı (Mm)	
	2018 (1.yıl)	2019 (2.yıl)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	9.91 b	9.88 b
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	11.42 a	11.24 ab
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	10.23 b	10.16 ab
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	11.86 a	11.84 a
Kimyasal	7.59 c	7.64 c
Kontrol	7.00 c	6.98 c

5.3. Gövde Toplam Ağırlığı (g)

Uygulamalardan elde edilen, gövdenin toplam ağırlığına ait değerlere baktığımızda kimyasal ve kontrol uygulamaları istatistiksel açıdan daha düşük sonuç vermektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. İstek F1 biber fide dikimi sonrası gövde toplam ağırlığı (g) ölçüm değerleri

	Gövde Toplam Ağırlığı (g)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	196,52 a
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	198,81 a
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	301,11 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	243,50 a
Kimyasal	24,87 b
Kontrol	29,07 b

5.4. Gövde Yaş Ağırlığı (g)

Uygulamalardan elde edilen, gövdenin yaş ağırlığına ait değerlere baktığımızda %15 Arıtma Çamuru 3 ton/da 106,39 g ile daha yüksek, kimyasal ve kontrol uygulamaları istatistiksel açıdan daha düşük sonuç vermektedir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. İstek F1 biber fide dikimi sonrası gövde yaş ağırlığı (g) ölçüm değerleri

	Gövde Yaş Ağırlığı (g)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	63,26 b
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	58,85 b
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	106,39 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	84,86 a-b
Kimyasal	13,05 c
Kontrol	16,51 c

5.5. Yaprak Sayısı (adet)

Uygulamalardan elde edilen, yaprak sayısına ait değerlere baktığımızda %15 Arıtma Çamuru 3 ton/da 223,67 adet ile daha yüksek, kimyasal ve kontrol uygulamaları istatistiksel açıdan daha düşük sonuç vermektedir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. İstek F1 biber fide dikimi sonrası yaprak sayısı (adet) ölçüm değerleri

	Yaprak Sayısı (adet)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	149,33 b
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	142,00 b
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	223,67 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	170,67 a-b
Kimyasal	41,00 c
Kontrol	56,00 c

5.6. Yaprak Analizi (g)

Uygulamalardan elde edilen, yaprak analizine ait değerlere baktığımızda %15 Arıtma Çamuru 3 ton/da 37,50 g ile daha yüksek, kimyasal ve kontrol uygulamaları istatistiksel açıdan daha düşük sonuç vermektedir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. İstek F1 biber fide dikimi sonrası yaprak analizi (g) ölçüm değerleri

	Yaprak Analizi (g)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	24,15 b-c
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	14,57 c-d
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	37,50 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	31,90 a-b
Kimyasal	6,65 d
Kontrol	7,51 d

5.7. Meyve Boyu(mm)

2018 – 2019 deneme yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan hasat sonrası meyve boyu ölçüm değerleri Çizelge 5.7’te verilmiştir. 2018 yılında 1. Ölçüm (17 Temmuz) ve 2. Ölçüm (23 Ağustos) olarak toplamda 2 meyve boyu ölçümleri yapılmıştır.

2018 yılında yapılan meyve boyu ölçümünde 55.19 mm ile 71.51 mm arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2018 yılında meyve boyu değeri en düşük 55.19 mm kimyasal ve 56.96 mm ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek meyve boyu ölçümünde ise 71.51 mm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerden elde edilmiştir.

2019 yılında ise 1. Ölçüm (15 Temmuz), 2. Ölçüm (28 Ağustos) ve 3. Ölçüm (3 Ekim) olarak toplamda 3meyve boyu ölçümü yapılmıştır. 2019 yılında yapılan meyve boyu ölçümünde 52.48 mm ile 74.76 mm arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2019 yılında meyve boyu değeri en düşük 52.48 mm kontrol ve 52.77 mm ile kimyasal uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek meyve boyu ölçümünde ise 74.76 mm ile %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da sırasıyla devam ederek ortamında yetişen bitkiden elde edilmiştir.

Her iki yıla baktığımız zaman, 2018 yılında %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da ve 2019 yılında ise %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da meyve boyu değerleri diğer uygulamalardan elde edilen meyve boyu değerlerine göre daha iyi sonuç vermektedir. Her iki yıla baktığımız zaman, kontrol ve kimyasal meyve boyu değerleri daha düşük sonuç vermektedir.

Çizelge 5.7. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve boyu (mm) ölçüm değerleri

	Meyve Boyu (mm)	
	2018 (1. yıl)	2019 (2. yıl)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	67.84 ab	71.96 a
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	71.51 a	75.52 a
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	64.60 b	73.09 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	63.22 b	74.76 a
Kimyasal	55.19 c	52.77 a
Kontrol	56.96 c	52.48 a

5.8. Meyve Çapı(mm)

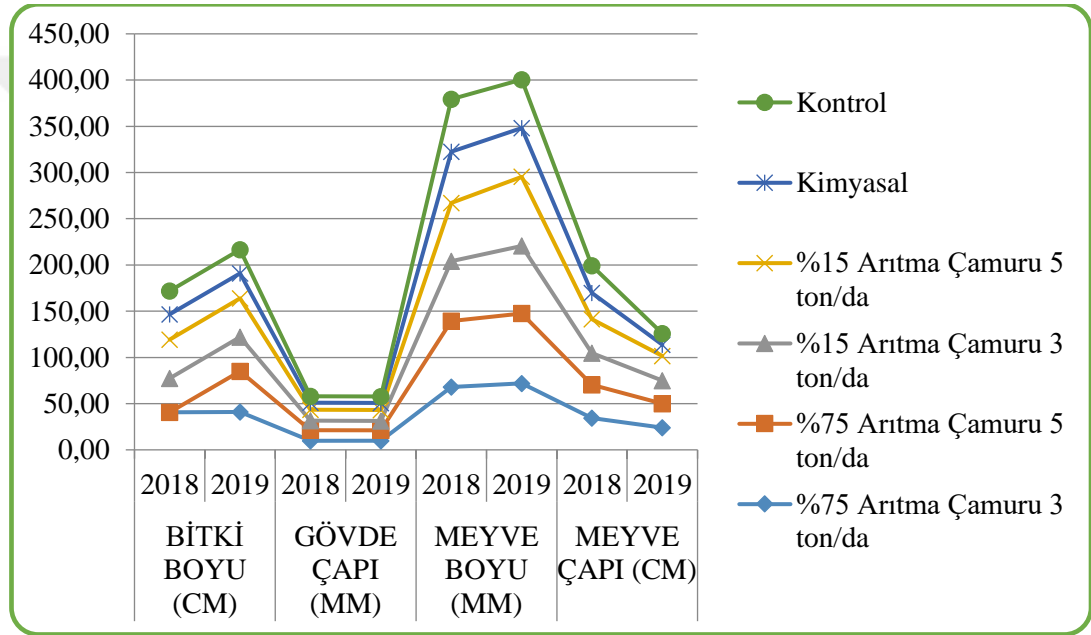
2018 – 2019 deneme yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan hasat sonrası meyve çapı ölçüm değerleri Çizelge 5.8’te verilmiştir.2018 yılında yapılan meyve çapı ölçümünde 28.68 mm ile 36.66 mm arasında değişmiştir.

2019 yılında yapılan meyve çapı ölçümünde 12.08 mm ile 26.75 mm arasında değişmiştir. Meyve çapı ortalamalarına bakıldığında, uygulamaların meyve çapının istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde etkilemediği görülmektedir.

Her iki yıla baktığımız zaman, meyve çapı değerleri birbirine çok yakın değerlerdir.

Çizelge 5.8. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve çapı (mm) ölçüm değerleri

	Meyve Çapı (mm)	
	2018 (1.yıl)	2019 (2. yıl)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	34.41 ab	23.86 a
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	35.84 ab	26.04 a
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	34.35 ab	25.00 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	36.66 a	26.75 a
Kimyasal	28.68 b	12.08 a
Kontrol	29.38 ab	12.12 a



Şekil 5.1. Birinci ve ikinci deneme yılındaki bitki boyu (cm), gövde çapı (mm), meyve boyu (mm) ve meyve çapı (mm) ölçüm değerleri

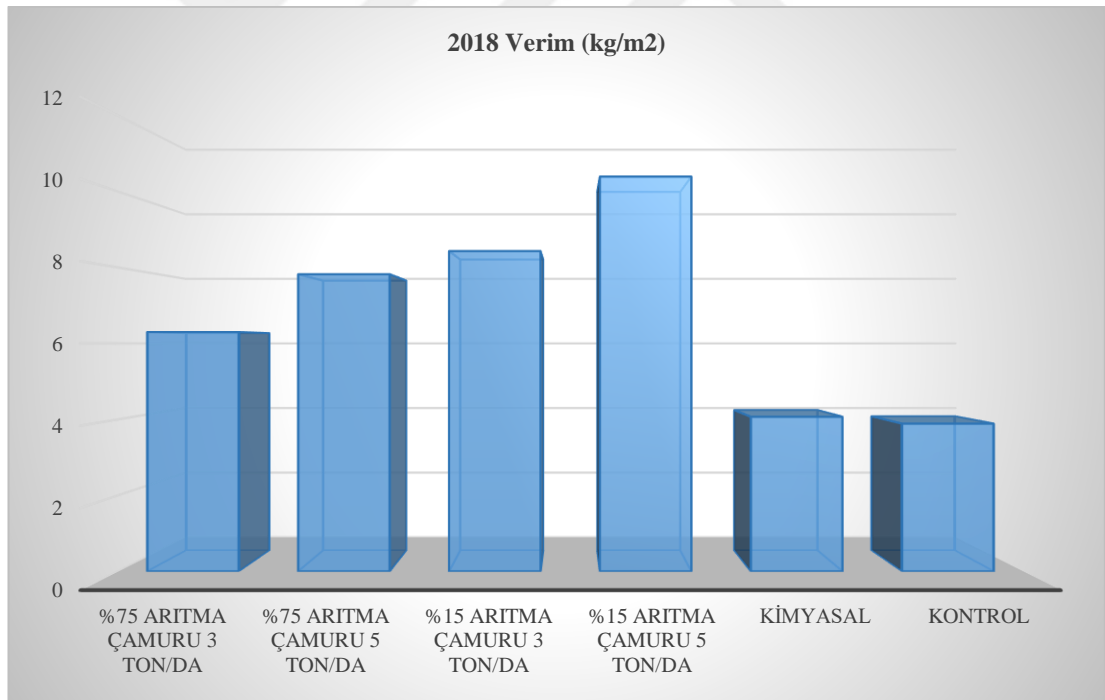
5.9. Verim (kg/m²)

2018 – 2019 deneme yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan meyve ağırlığı değerleri Çizelge 5.9’ de verilmiştir. 2018 yılında 1. Hasat (18 Temmuz), 2. Hasat (25 Temmuz), 3. Hasat (8 Ağustos), 4. Hasat (23 Ağustos) ve 5. Hasat (14 Eylül) olarak toplamda, verim için 5 hasat yapılmıştır. 2018 yılında yapılan verim değerlerinde 1.08 g ile 3.68 g arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur.

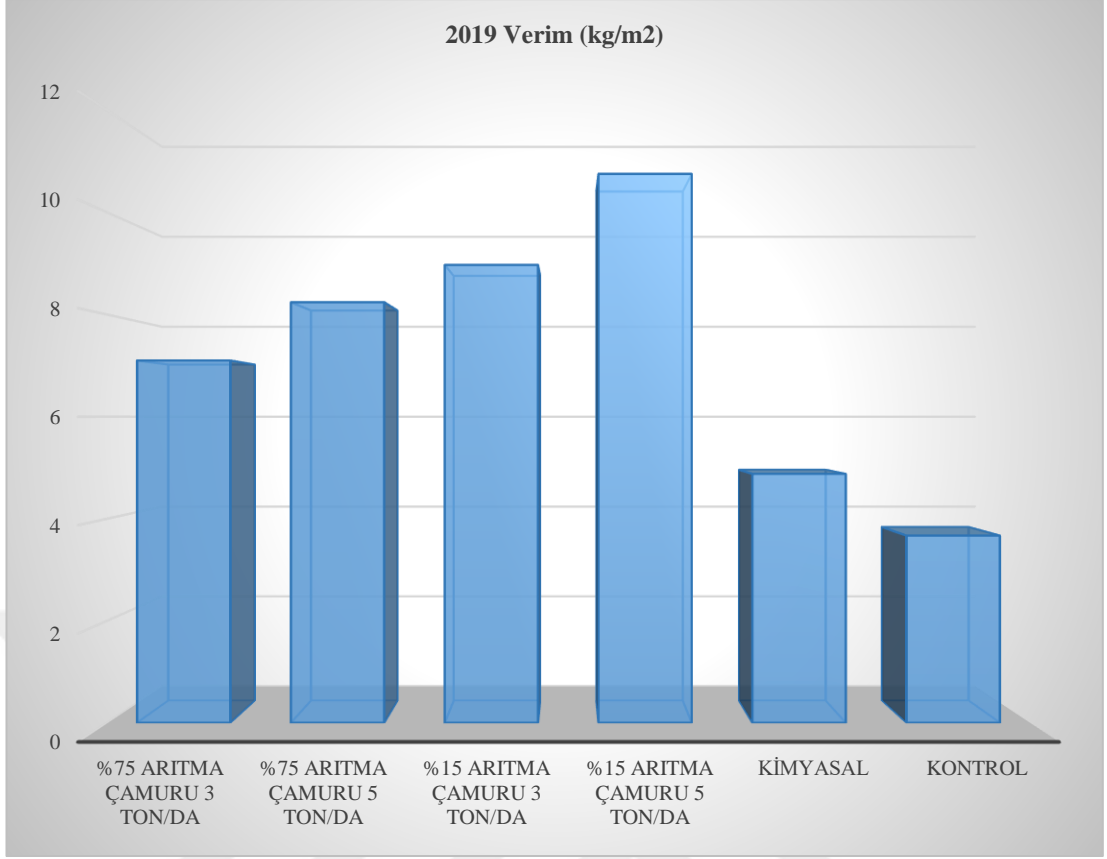
2018 -2019 yıllarında meyve verimine baktığımızda değeri en düşük kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek meyve verimine baktığımızda ise %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerin meyvelerinden elde edilmiştir.

Çizelge 5.9.Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyvenin verimi (kg /m²) ölçüm değerleri

	Verim (kg /m ²)	
	2018 (1. yıl)	2019 (2. yıl)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	6.3	7.1
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	7.82	8.24
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	8.43	8.97
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	10.39	10.75
Kimyasal	4.07	4.88
Kontrol	3.89	3.67



Şekil 5.2. Birinci deneme yılındaki meyve verimi (kg/m²) ölçüm değerleri



Şekil 5.3. İkinci deneme yılındaki meyve verimi (kg/m²) ölçüm değerleri

5.10. Meyve Sayısı (adet)

2018 – 2019 deneme yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan meyve sayısının değerleri Çizelge 5.10' da verilmiştir. 2018 yılında 1. Hasat (18 Temmuz), 2. Hasat (25 Temmuz), 3. Hasat (8 Ağustos), 4. Hasat (23 Ağustos) ve 5. Hasat (14 Eylül) olarak toplamda, meyve sayısı için 5 hasat yapılmıştır. 2018 yılında yapılan meyve sayısı değerlerinde 45.27 adet ile 116.94 adet arasında değişmiştir. 2018 yılında meyve sayısının değeri sırasıyla 45.27 adet kimyasal - 45.73 adet kontrol – 68.74 adet %75 Arıtma Çamuru 3 ton/da – 83.60 adet %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da – 94.67 %15 Arıtma Çamuru 3 ton/da ve 116.94 adet , %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da izlenmektedir.

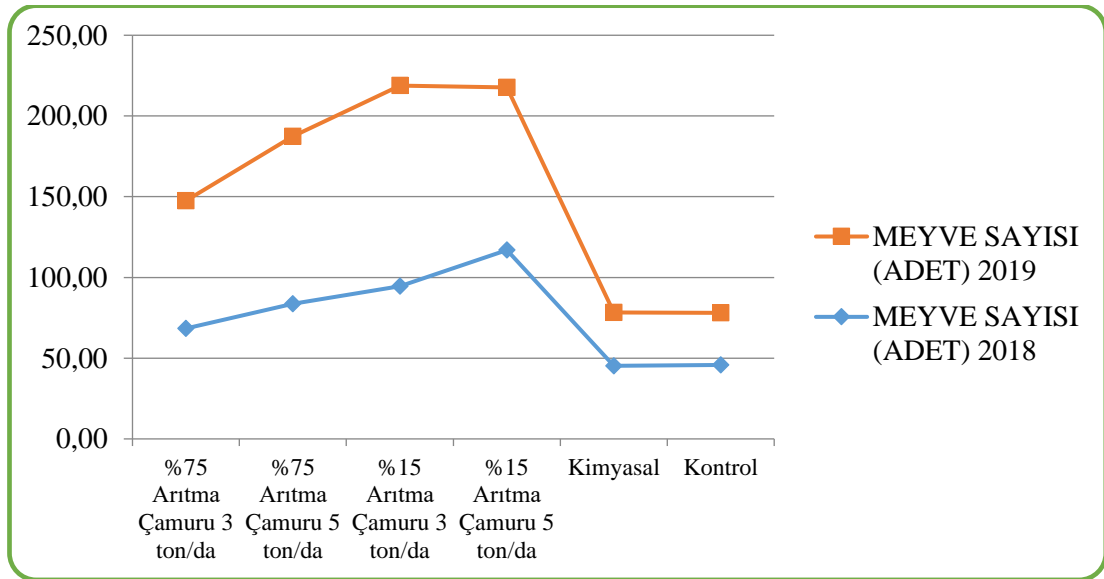
2019 yılında ise 1. Hasat (16 Temmuz), 2. Hasat (29 Temmuz), 3. Hasat (28 Ağustos), 4. Hasat (11 Eylül) ve 5. Hasat (3 Ekim) olarak toplamda, meyve sayı değeri için 5 hasat yapılmıştır. 2019 yılında yapılan meyve sayı değerlerinde 32.33 adet ile 124.13adet arasında değişmiştir. 2019 yılında meyve sayısı değeri en düşük 32.33adet

kontrol ve 33,00 adet kimyasal uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek meyve ağırlığı değeri ise 124.13 adet ile %15 Arıtma Çamuru 3 ton/da, 103,67 adet ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da, 100.67 adet ile %15 Arıtma Çamuru 5 ton/ ve 79.07 adet ile %75 Arıtma Çamuru 3 ton/da ortamında yetişen bitkilerin meyvelerinden elde edilmiştir.

Her iki yıla baktığımız zaman, meyve sayısı değerleri birbirine çok yakın değerlerdir.

Çizelge 5.10. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve sayısı (adet) ölçüm değerleri

	Meyve Sayısı (adet)	
	2018 (1.yıl)	2019 (2.yıl)
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	68.47 a	79.07 a
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	83.60 a	103.67 a
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	94.67 a	124.13 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	116.94 a	100.67 a
Kimyasal	45.27 a	33.00 b
Kontrol	45.73 a	32.33 b



Şekil 5.4. Birinci ve ikinci deneme yılındaki meyve sayısı(adet) ölçüm değerleri

5.11. Yaprak Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)

Denemenin 2018 – 2019 yıllarına ait İstek F1 biber fide dikimi sonrası arazide yapılan hasat sonrası yaprak yaş ağırlığı ölçüm değerleri Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Denemenin 2018 yılındaki yapılan yaprak yaş ağırlığı ölçümünde 20.87 g ile 52.43 g arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2018 yılında yaprak yaş ağırlığı en düşük 20.87 g kimyasal ve 20.90 g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek yaprak yaş ağırlığı ölçümünde ise 52.43 g ile %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerin yaprağından elde edilmiştir.

Çalışmanın 2019 yılındaki yapılan yaprak yaş ağırlığı ölçümünde 20.93 g ile 54.00 g arasında değişmiştir. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. 2019 yılında yaprak yaş ağırlığı en düşük 20.93 g kimyasal ve 21.10 g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek yaprak yaş ağırlığı ölçümünde ise 54.00 g ile %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da ortamında yetişen bitkilerin yaprağından elde edilmiştir.

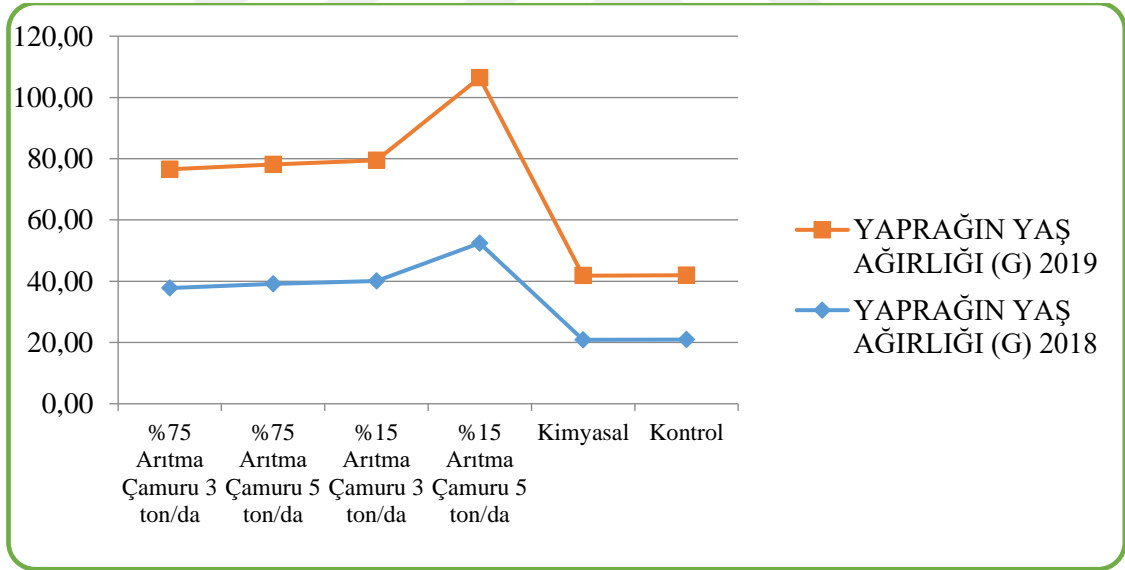
Her iki yıla baktığımız zaman, %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da yaprak yaş ağırlığı değerleri diğer uygulamalardan elde edilen bitkilere göre daha iyi sonuç vermektedir.

Yaprak kuru ağırlığına bakıldığında 2018 yılında en yüksek kuru ağırlığa sahip olan uygulamanın %15 Arıtma Çamuru 3 ton/da olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal uygulamasının ise yaprak kuru ağırlığının en düşük değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Denemenin ikinci yılında %15 Arıtma Çamuru 5 ton/da uygulamasının hem yaprak yaş ağırlığı hem de kuru ağırlığı en yüksek değere sahip olduğu çizelge 5.11’de belirtilmiştir.

Çizelge 5.11. Birinci ve ikinci deneme yılındaki yaprağın yaş ağırlığı(g) ölçüm değerleri

	Yaş Ağırlığı	Kuru Ağırlığı
	2018 (1.yıl)	
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	37.73 b	5.06 c
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	39.10 b	6.18 b
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	40.10 b	7.97 a
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	52.43 a	7.89 a
Kimyasal	20.87 c	3.09 d
Kontrol	20.90 c	4.39 c
	2019 (2.yıl)	
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	38.77 b	5.73 c
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	38.97 b	6.18 b
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	39.40 b	7.97 b
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	54.00 a	9.51 a
Kimyasal	20.93 c	4.44 d
Kontrol	21.10 c	4.39 d



Şekil 5.5. Birinci ve İkinci deneme yılındaki yaprağın yaş ağırlığı(g) ölçüm değerleri

5.12. Yaprakların Mineral Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

5.12.1. Yapraklarda Makro Besin Elementleri (%)

Denemelerde elde edilen N (Azot) değerleri Çizelge 5.12’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında N değerleri 0.14 ile 0.46 arasında değişmiştir. İstek F1 biber

çeşidinin kuru yaprakların ölçülen N değeri en düşük 0.14 ile Kontrol ve en yüksek ise 0.46 ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

Denemelerde elde edilen P (Fosfor) değerleri Çizelge 5.12’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında P değerleri 2.69 ile 20.76 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen P değeri en düşük 2.69 ile Kontrol ve en yüksek ise 20.76 ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

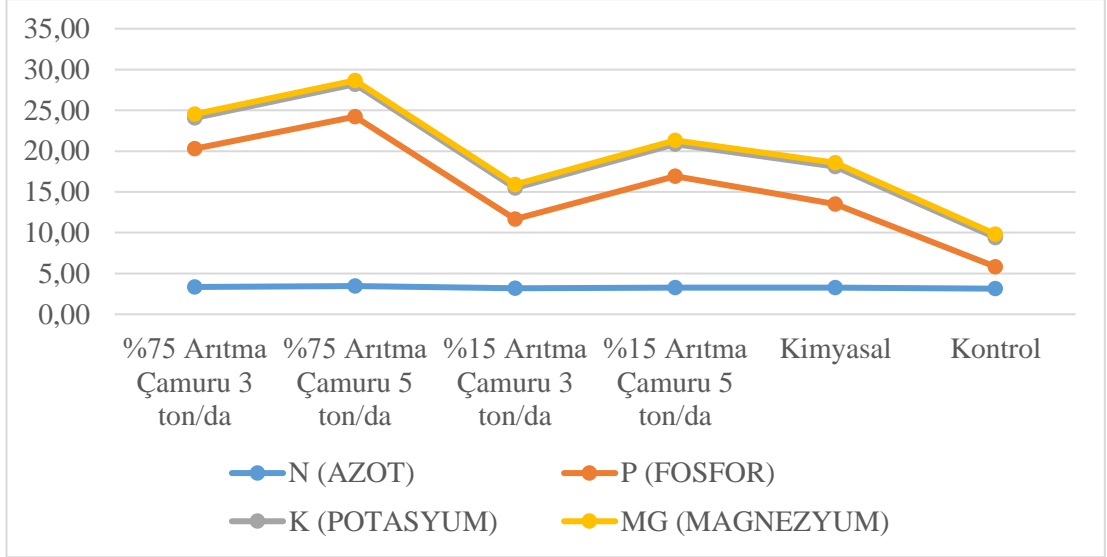
Denemelerde elde edilen K (Potasyum) değerleri Çizelge 5.12’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında K değerleri 0.57 ile 1.58 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen K değeri en düşük 0.57 ile Kontrol ve en yüksek ise 1.58 ile Kimyasal belirlenmiştir.

Denemelerde elde edilen Mg (Magnezyum) değerleri Çizelge 5.12’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Mg değerleri 0.12ppm ile 0.18 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen Mg değeri en düşük 0.12 ile Kontrol ve en yüksek ise 0.18 ile Kimyasal belirlenmiştir.

Deneme sonucuna bakıldığında N, K ve Mg besin elementlerinin noksan olduğunun fosfor (P) besin elementinin d fazla olduğunun sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.12. Birinci ve ikinci deneme yılında İstek F1 Biber Çeşidinin yapraklarında ölçülen makro besin elementlerinin % değerleri

	N	P	K	Mg
	Ölçüm	Ölçüm	Ölçüm	Ölçüm
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	3.36	16.92	3.79	0.46
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	3.46	20.76	3.98	0.46
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	3.20	8.48	3.78	0.45
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	3.25	13.66	3.92	0.47
Kimyasal	3.27	10.24	4.58	0.48
Kontrol	3.14	2.69	3.57	0.42
Biber bitkisindeki besin elementlerin referans değerleri	3.50-5	0.22-0,70	3.50-4.5	0.30-1



Şekil 5.6. Yapraklarda makro besin içeriği.

5.12.2. Yapraklarda Mikro Besin Elementleri (mg/L)

Denemelerde elde edilen Cu (Bakır) değerleri Çizelge 5.13'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Cu değerleri 1.80 ile 3.90 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen Cu değeri en düşük 1.80 ile Kontrol ve en yüksek ise 3.90 ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir. Denemelerde elde edilen Fe (Demir) değerleri Çizelge 5.9'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Fe değerleri 42.10 ile 89.75 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen Fe değeri en düşük 42.10 ile Kontrol ve en yüksek ise 89.75 ile kimyasal uygulamasında belirlenmiştir.

Denemelerde elde edilen Mn (Mangan) değerleri Çizelge 5.13'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Mn değerleri 33.16 ppm ile 107.77 ppm arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen Mn değeri en düşük 33.16 ppm ile Kontrol ve en yüksek 107.77 ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

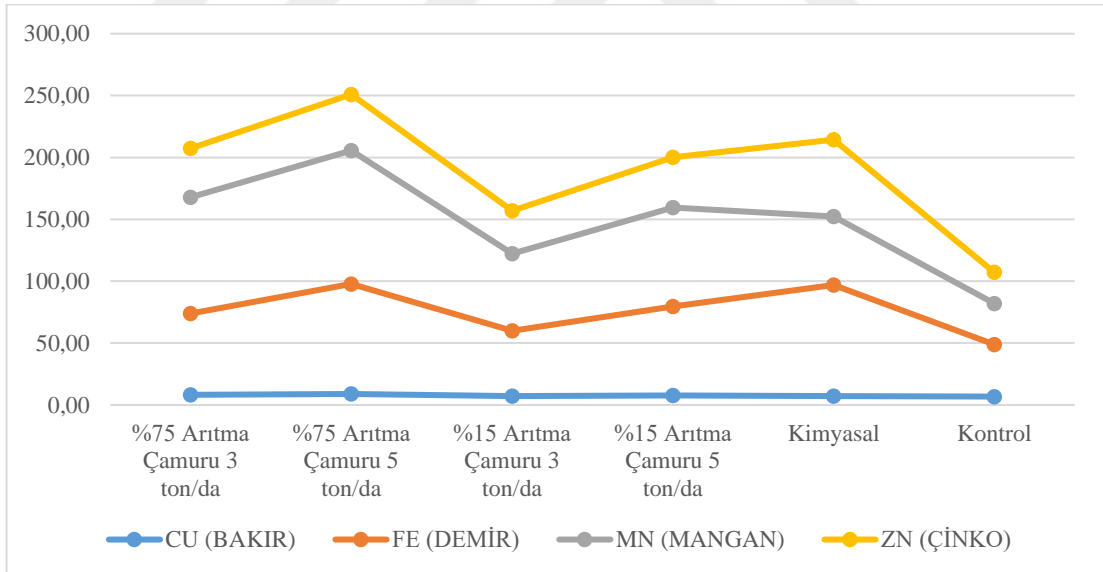
Denemelerde elde edilen Zn (Çinko) değerleri Çizelge 5.13'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Zn değerleri 25.15 ppm ile 62.11 ppm arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin kuru yaprakların ölçülen Zn değeri en düşük 25.15 ppm ile Kontrol ve en yüksek 62.11 ppm ile kimyasal belirlenmiştir.

Çizelge 5.13'a bakıldığında bitkideki bakır miktarını az olduğu gösterilmektedir. Demir içeriğinin referans değerle karşılaştırdığımızda kontrol ve

%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da uygulamaları noksan iken diğer uygulamaların yeterli olduğu tespit edilmiştir. Çinko içeriği bütün uygulamalarda yeterli düzeyde olduğu tespit edilirken mangan içeriğinin kontrol uygulamasında düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.13. Birinci ve ikinci deneme yılında İstek F1 Biber Çeşidinin yapraklarında ölçülen mikro besin elementlerinin mg /L değerleri

	Cu	Fe	Mn	Zn
	Ölçüm	Ölçüm	Ölçüm	Ölçüm
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	8.10	65.75	94.03	39.41
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	8.90	88.90	107.77	45.40
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	7.23	52.61	62.49	34.75
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	7.60	72.00	79.92	40.50
Kimyasal	7.24	89.75	55.35	62.11
Kontrol	6.80	42.10	33.16	25.15
Biber bitkisindeki besin elementlerinin referans değerleri	6-25	60-300	50-250	20-200



Şekil 5.7. Yapraklarda mikro besin içeriği.

5.13. Meyve Suyundaki Ağır metal içeriği (mg/L)

Farklı dozlarda uygulanan arıtma çamurunun biber meyve suyundaki ağır metal etkisine bakılmıştır (Çizelge 5.14).

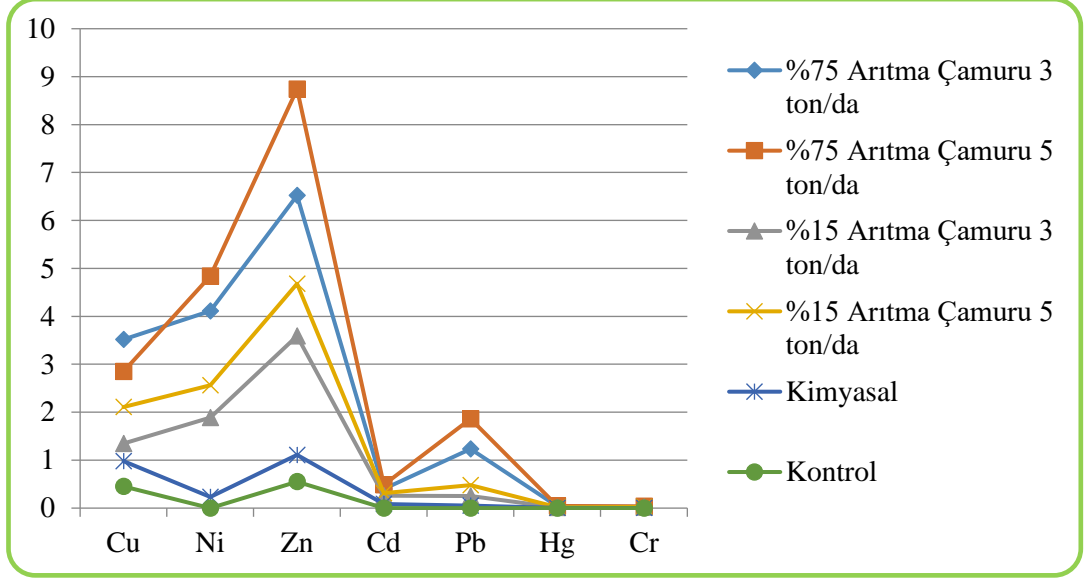
Resmi gazetede 23.02.2018 tarihinde yayınlanan 30341 sayılı resmi gazete de belirtilen tarımda kullanılan organik, mineral ve mikrobiyal kaynaklı gübrelere dair yönetmelikte insan ve çevre sağlığını korumak amacıyla belirtilen sınır değerler geçilemez (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.14. Ağır metallerin (ppm) sınır değerleri

Kadmiyum(Cd)	3
Bakır(Cu)	450
Nikel (Ni)	120
Kurşun (Pb)	150
Çinko (Zn)	1100
Civa (Hg)	5
Krom (Cr)	350

Çizelge 5.15. Biberde ağır metal analiz sonuçları

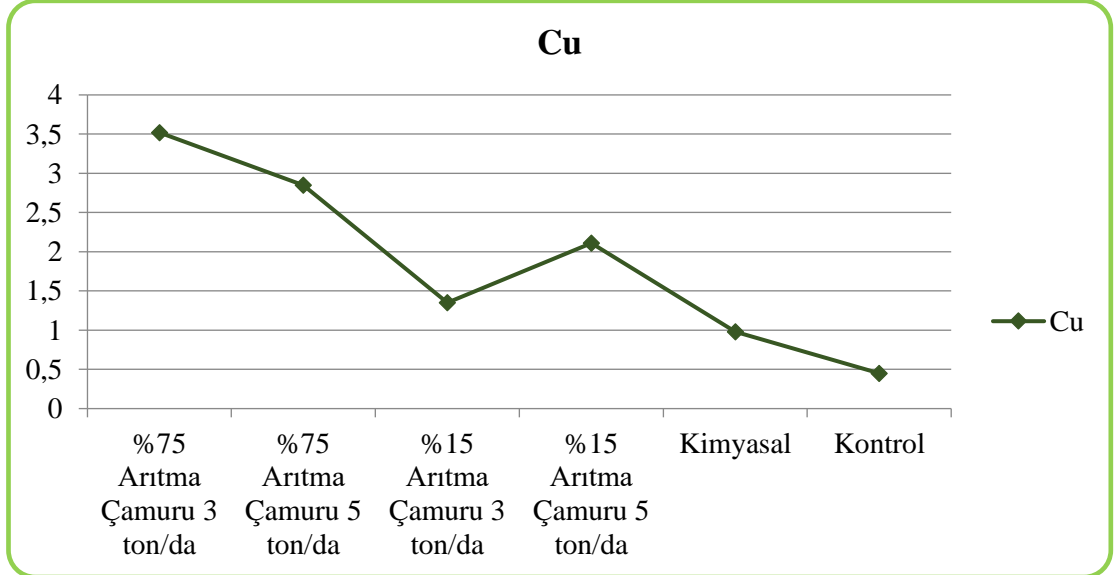
	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb	Hg	Cr
%75 Arıtma Çamuru 3 ton/da	3.52	4.11	6.52	0.399	1.233	0.038	0.027
%75 Arıtma Çamuru 5 ton/da	2.85	4.84	8.74	0.487	1.859	0.046	0.036
%15 Arıtma Çamuru 3 ton/da	1.35	1.89	3.59	0.258	0.255	0.012	0.018
%15 Arıtma Çamuru 5 ton/da	2.11	2.56	4.68	0.312	0.479	0.019	0.022
Kimyasal	0.98	0.23	1.11	0.086	0.052	0.004	0.002
Kontrol	0.45	<0.01 0	0.55	<0.01 0	<0.010	<0.001	<0.001



Şekil 5.8. Meyve suyundaki ağır metal içerikleri

5.13.1. Bakır (Cu)

Denemelerde elde edilen Cu (Bakır) değerleri Şekil 5.9’da verilmiştir. Şekil 5.9’a bakıldığında Cu değerleri 0.45 ile 3.52 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun Cu değeri en düşük 0.45 ile Kontrol ve en yüksek ise 3.52 ile %75 Arıtma Çamuru 3 ton/da belirlenmiştir.



Şekil 5.9. Meyve suyundaki bakır içeriği

5.13.2. Kurşun (Pb)

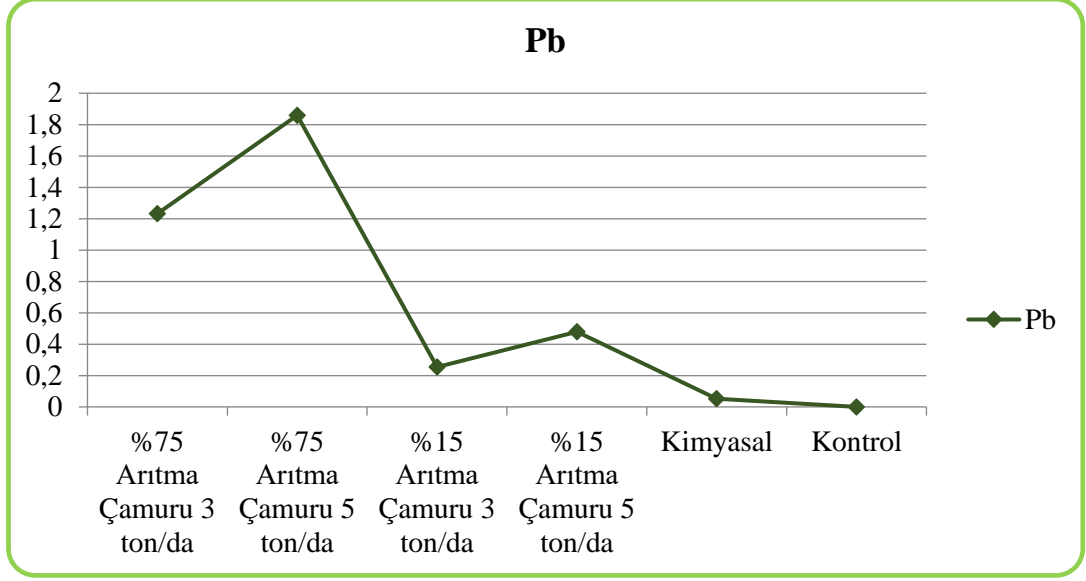
Denemelerde elde edilen Pb (Kurşun) değerleri Şekil 5.10'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Pb değerleri <0.010 ile 1.859 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun ölçülen Pb değeri en düşük <0.010 ile Kontrol ve en yüksek 1.859ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

Cherfi vd. (2015), pazarlardan toplanan ve arıtılmış atık su uygulaması yapılarak yetiştirilen hıyar, domates ve patates meyvelerinde kurşun kalıntı miktarlarının arıtılmış atık su uygulanan bitkilerde daha az gözlemlendiği sonucuna varmışlardır. Demirtaş ve ark. (2016), domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompost kullanımının verim kalite ve ağır metal kirliliği üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada artan atık kompost miktarına paralel olarak kurşun miktarının 6 ton uygulamaya kadar gözlemlenmeyip sekiz ve on tonluk uygulamalarda 0.03-0.6 mg/kg arasında gözlemlendiği tespit edilmiştir.

Meng vd. (2016), uzun süreli atık su uygulamasının farklı kısımları tüketilen bitkilerde etkilerinin araştırıldığı çalışmalarında Pb kalıntı miktarının yaprakları tüketilen lahana ve ıspanak dışındaki uygulanan tüm sebzelerde (soya fasulyesi, domates, patates, patlıcan, kabak, su kabağı) kabul edilebilir Pb miktarından fazla biriktiğini saptamışlardır. Abou vd. (2017), farklı bitki türlerinde kuyu suyu ve atık suyun yetiştiricilikte etkilerinin araştırıldığı çalışmada kolza, buğday, arpa, keten ve marulda atık su ile sulamanın bitki tohumlarındaki Pb miktarını arttırdığı saptanmıştır.

Pinamonti vd. (1997), yaptıkları çalışmada kentsel katı atık kompostunu bitkisel üretimde kullanmışlardır. Altı yıllık bir deneme sonucunda toprakta Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, ve Cr'un konsantrasyonlarının arttığı, meyve ve sebzede ise Pb, Cd' un arttığını tespit etmişlerdir.

Foroughi vve Teicher (1980), hıyar ve domates yetiştiriciliğinde kentsel atık kompostu ve arıtma çamuru uygulamalarının toprakta Pb miktarını artırdığını, meyvedeki artışın ise bitki kök ve yaprağına göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Atık sular ile sulanmış alanlarda yetişen domates meyvesinde 0.03 mg kg⁻¹ Pb saptanmıştır (Trüby ve Raba, 1990, Özkan 2008).

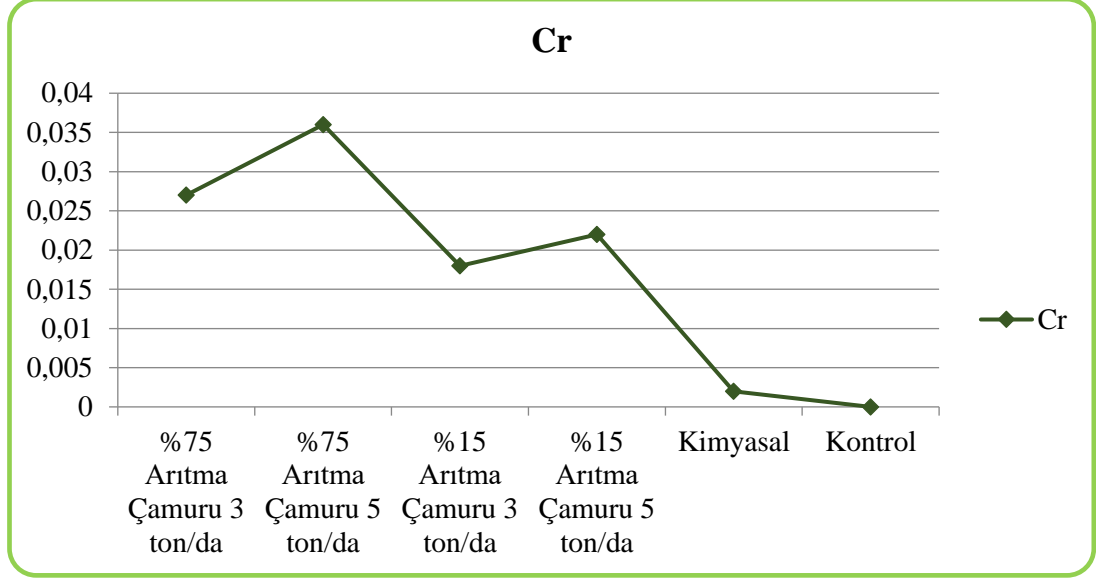


Şekil 5.10. Meyve suyundaki kurşun içeriği

5.13.3. Krom (Cr)

Denemelerde elde edilen Cr (Krom) değerleri Şekil 5.11’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Cr değerleri <0,001 ile 0.036ppm arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun ölçülen Cr değeri en düşük <0,001 ile Kontrol ve en yüksek 0.036ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

Rattan vd. (2005), Chary vd. (2008). Almaz (2017), arıtma çamuru uygulamalarının kumlu tın bünyeli toprağın ve mısırın ağır metal içeriği üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında bitkilerin krom (Cr) miktarlarının 0.38– 1.15 mg/kg arasında değişim gösterdiğini arıtma çamuru uygulama miktarı arttıkça krom kalıntı değerinin de arttığını saptamıştır. Keser (2013), tere ve roka yetiştiriciliğinde 20 gün süre ile atık su uygulamasından sonra yapraklardaki krom miktarını kontrole göre tere de 2.07 µg/g azalttığı roka da ise 0.11 µg/g arttırdığını saptamıştır. Ekşi (2007), kuru ve yaş atık çamur uygulamalarının pancar (*Beta vulgaris L.*) yaprak kısımlarında en düşük krom kalıntısına şebeke suyu ile sulanan örneklerde 4.52 µg/L olarak belirlemiş ve önemli düzeyde farklı bulmuştur.

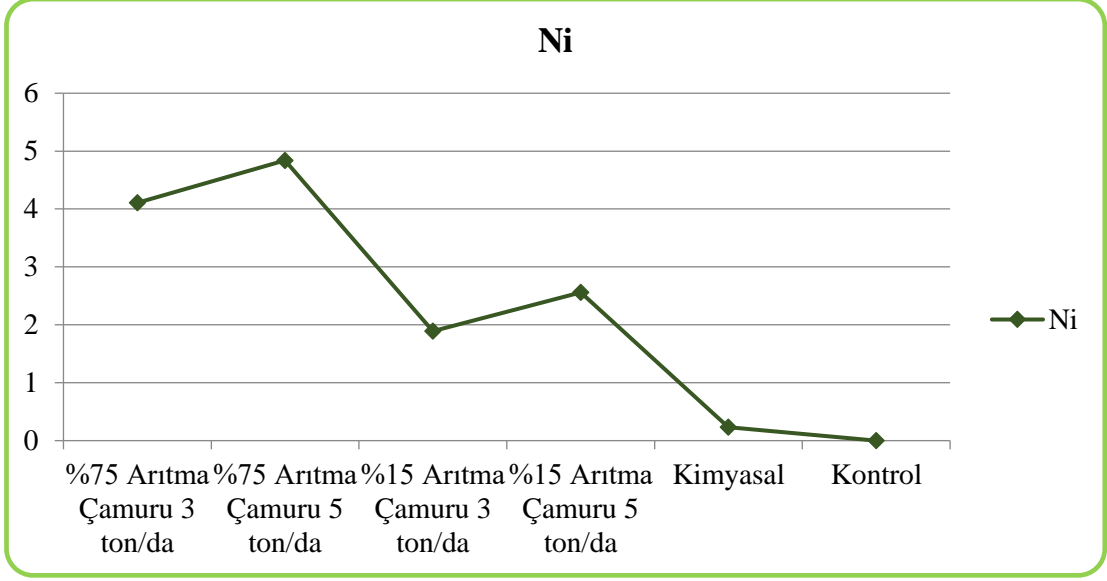


Şekil 5.11. Meyve suyundaki krom içeriği

5.13.4. Nikel (Ni)

Denemelerde elde edilen Ni (Nikel) değerleri Şekil 5.12’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Ni değerleri <0,010 ile 4.84ppm arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun ölçülen Ni değeri en düşük <0,010 ile Kontrol ve en yüksek ise ise 4.84ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

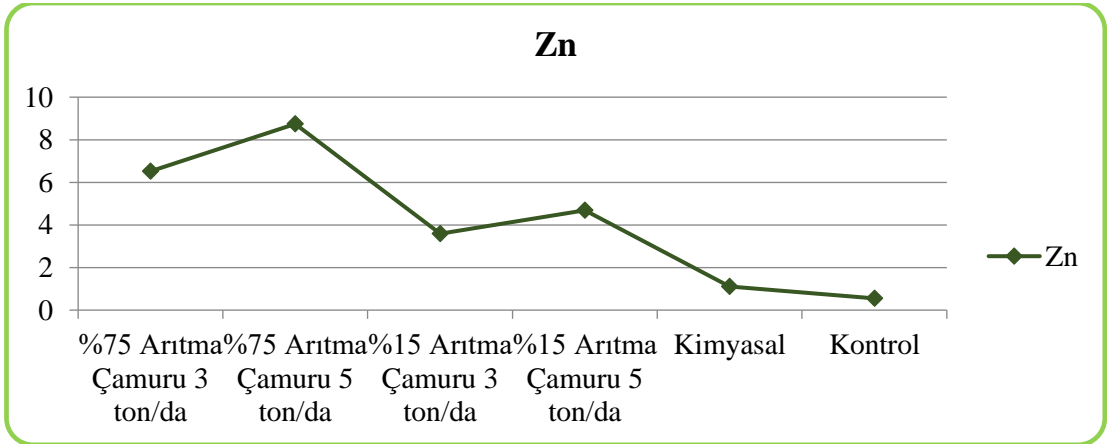
Benzer bir çalışma Topçuoğlu vd. (2002), domates yetiştiriciliğinde iki farklı bölgenin arıtma tesislerinden alınan ve toprağa uygulanan arıtma çamurunun bitki gelişimi ile yapraktaki ve meyvedeki bitki besin maddeleri ve ağır metal içerikleri ile sonraki yetiştirme dönemlerinde birikim etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak arıtma çamuru uygulamalarının, toprağın verimlilik durumunu olumlu yönde etkilediği, fakat toprakta ağır metal birikimi açısından riskli olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 5.12. Meyve suyundaki nikel içeriği

5.13.5. Çinko (Zn)

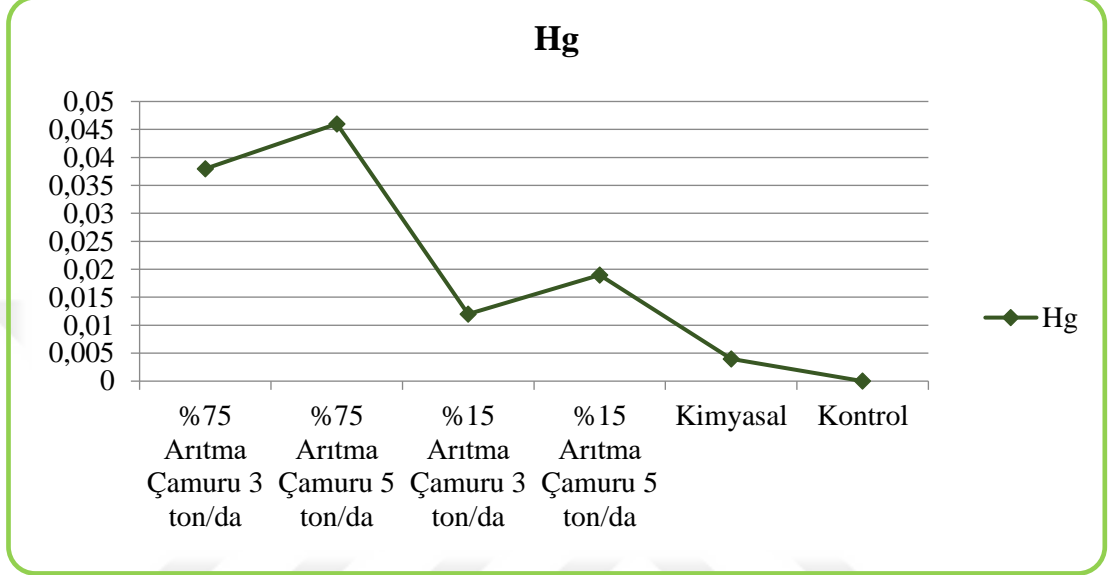
Denemelerde elde edilen Zn (Çinko) değerleri Şekil 5.13'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Zn değerleri 0.55ppm ile 8.74ppm arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun ölçülen Zn değeri en düşük 0.55ppm ile Kontrol ve en yüksek 8,74ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.



Şekil 5.13. Meyve suyundaki çinko içeriği

5.13.6. Cıva (Hg)

Denemelerde elde edilen Hg (Cıva) değerleri Şekil 5.14'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Hg değerleri <0,001 ile 0.046ppm arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun ölçülen Hg değeri en düşük <0,001 ile Kontrol ve en yüksek 0.046ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

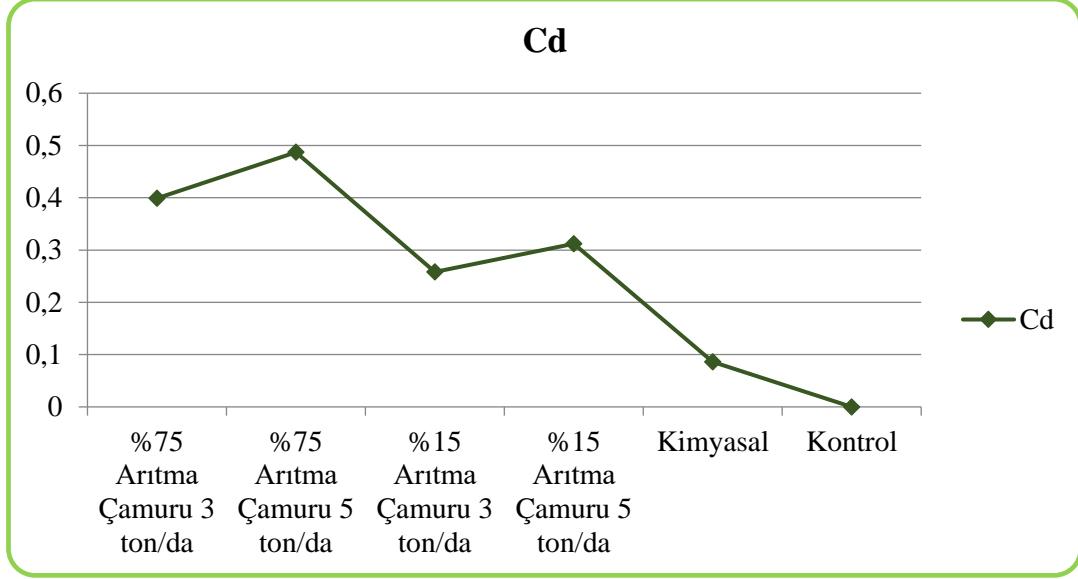


Şekil 5.14. Meyve suyundaki cıva içeriği

5.13.7. Kadminyum (Cd)

Denemelerde elde edilen Cd (Kadminyum) değerleri Şekil 5.15'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında Cd değerleri <0,010 ile 0.487 arasında değişmiştir. İstek F1 biber çeşidinin meyvesinden elde edilen suyun ölçülen Cd değeri en düşük <0,010 ile Kontrol ve en yüksek 0.487ppm ile %75 Arıtma Çamuru 5 ton/da belirlenmiştir.

Benzer şekilde Elmacı (1995), Antalya bölgesi sera yaprak, toprak, meyve örneklerinin ağır metal içeriklerini incelemiş, meyvede Cd yoğun miktarda bulunmuştur.



Şekil 5.15. Meyve suyundaki kadminyum içeriği

5.14. Toprak Analizi

Deneme kurulmadan önce yapılan toprak analizi sonucu killi tınlı tekstüre sahip toprakta bulunan P, Ca, K, Mg, Na, pH, EC, kireç, organik madde ve inorganik azot miktarları Çizelge 5.16’de verilmiştir.

Çizelge 5.16. Toprak analiz sonuçları

Parametreler	0-30 cm derinlik
P (ppm)	27.2
Ca (ppm)	3167.76
K (ppm)	159.01
Mg (ppm)	203.75
Na (ppm)	24.89
PH	7.32
EC (μ S/cm)	258
Kireç (%)	38.01
Org. Mad. (%)	1.36
İnorganik azot (%)	2.8

Çizelge 5.17. Malatya Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşletme Müdürlüğü Toprak Örneği Analiz Sonuçları “Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik” Limit Değerleri ve Analiz Yöntemleri

Parametre	Toprak	Yönetmelik Ek 1A Limit Değerleri pH ≥ 7	Analiz Yöntemleri
Kurşun (Pb mg / kg)	7,67	100	EPA 6020 B
Kadmiyum (Cd mg/kg)	0,17	1,5	
Krom (Cr mg/kg)	142,86	100	
Bakır (Cu mg/kg)	39,25	100	
Nikel (Ni mg/kg)	81,23	70	
Çinko (Zn mg/kg)	46,29	200	
Cıva (Hg mg/kg)	0,011	1	EPA 7473
Azot (TKN mg/kg)	543	...	SM- 4500-Norg. B
Fosfor (P mg/kg)	539	...	Yaş Yakma
pH	8,51	8,51	TS 8332 ISO 10390
Organik Madde (550 °C de) (%)	3,56	...	TS EN 12879
İletkenlik (dS/m)	0,195	...	ISO 11265
Nem (%)	< 1	...	TS 9546 EN 12280
Kuru Madde (%)	> 99	...	TS 9546 EN 12280

Çizelge 5.17. de verilen değerlerin Malatya Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşletme Müdürlüğü'nün talebi doğrultusunda TÜBİTAK MAM gönderdikleri toprağın analiz sonuçlarından elde edilen değerlerdir. Deneme sonrasında uygulama parsellerindeki toprak örnekleri laboratuvar analiz imkanlarımız olmadığı ve hizmet alımı için ödenek bulunmadığından yapılamamıştır. Gübre olarak verilen materyallerin sadece bitkideki sonuçları bu tezde sunulmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuçlara genel olarak baktığımız zaman, her iki deneme yılında benzerlik görülmektedir. Bitki büyüme parametrelerinde; bitki boyu, gövde çapı, gövde ve yaprak ağırlıkları en düşük sonuçlar, kontrol ve kimyasal uygulamalarından, en yüksek sonuçlar ise %15 ve % 75 kuruluk oranında arıtma çamuru ve 5 ton/da olan uygulamalardan elde edilmiştir. Çetinkale Demirkan vd. (2018), sığıla ağacında arıtma çamuru uygulamasının bitki büyümesini arttırdığını; Altunlu ve ark. (2018), kesme gül yetiştiriciliğinde arıtma çamurunun bitki gelişimini arttırdığını; Grigatti vd. (2007), üç farklı süs bitkisinde arıtma çamuru uygulamasının bitki kuru ağırlığını arttırdığını; Wang vd. (2003), bitkisel üretimde arıtma çamuru uygulamasının bitki büyüme parametrelerini arttırdığını bildirmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışma ile uyum gösteren bu çalışmalarda da bitki besin element içeriğinin arıtma çamuru uygulamasında arttığını buna bağlı büyümenin de arttığını söylemek mümkündür. Büyüme parametrelerine paralel olarak her iki deneme yılında alınan verim değerlerinde de en yüksek sonuç % 15 arıtma çamuru 5 ton/da uygulamasından elde edilmiştir. Arıtma çamuru uygulamaları bitki gelişime olumlu katkısı olmuş, bu da verime yansımıştır. Arıtma çamuru uygulamalarının yapraklarda besin element içeriğine olumlu etkisi olmuş sadece, demir ve çinko mikro element içerikleri kimyasal gübre uygulamasından elde edilmiştir. Diğer makro ve mikro elementlerde ise; % 75 arıtma çamuru 5 ton/da uygulamasında en yüksek içerikler belirlenmiştir. Rajabi Khinabi (2020), fiğ ve arpada, Topçuoğlu vd. (2003) domateste, Bozkurt ve ark. (2000) arpada, bizim çalışmamıza benzer şekilde yapraklardaki bitki besin içeriklerini arıtma çamuru uygulamalarında daha yüksek bulmuşlardır. Arıtma çamuru organik bir materyal olduğu için ve bünyesinde besin maddesini yüksek oranda bulundurduğu için bitkiler daha fazla besin elementi alımı yapmıştır. Biber meyve suyunda ağır metal içeriklerinin ise, sağlık açısından referans değerlerin çok altında kaldığı saptanmıştır. Rajabi ve Khinabi (2020) fiğ ve arpada, Demirtaş ve ark. (2013) domateste, Bozkurt ve ark. (2000) arpada, ağır metal içeriklerinin bizim çalışmamızda olduğu gibi toksik etki yapacak kadar yüksek olmadığı ve sınır değerlerin altında kaldığını belirtmişlerdir. Ancak bizim çalışmamızın aksine, Demirtaş ve ark. (2013) domates meyvelerinde, Topçuoğlu ve ark. (2003) domates yapraklarında arıtma çamurunun ağır metal içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Tüm bu bulgular değerlendirildiğinde % 15 kuruluk oranındaki arıtma çamuru 5 ton/da kullanımı açıkta meyve yetiştiriciliği için önerilebilir. Ancak, daha kuru materyal kullanmak, nakliye ve arazide toprağa karıştırma açısından daha kolaydır. Bu açıdan ikinci önerimiz % 75 kuruluk oranında arıtma çamuru 5 ton/da olabilir. Elbette bu önerimiz Malatya iline ait arıtma çamuru için geçerlidir. Çünkü diğer büyükşehirlerde, arıtma çamurunun içeriği farklıdır.

Nüfusumuzun gelişmesiyle kontrol altına alamadan ilerlemekte olan sanayi ve kentleşme sonucunda; endüstriyel ve kentsel atıklar hızla artmaktadır. Bu atıklar beraberinde atık su sorunlarından biri olan arıtma çamurunu oluşturmuştur. Arıtma çamurunun giderek artması sonucunda değerlendirilmesi istenilmektedir ve bu değerlendirme kapsamında, uzaklaştırma yöntemleri olan tarımda kullanılması tezde ele alınmıştır. Tarımsal üretiminde önemli bir besin kaynağı olan biber, ülkemizde ve dünyada yaygın olarak üretilen ve tüketilen önemli bir sebzedir.

Malatya İli, Battalgazi İlçesi koşullarında, F1 istek biber çeşidinin Malatya Büyükşehir Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinden çıkan, anaerobik koşullarda stabilize edilmiş, %15 ve %75 kuruluğa getirilmiş granül haldeki, arıtma çamuru kullanılmıştır. Açıkta biber yetiştiriciliğinde hem bitkide hem meyvede besin element ile ağır metal içeriği üzerine etkisi ile beraber, kimyasal gübreleme ve hiç gübre uygulanmayan parsellerle karşılaştırma yapılarak uygulamalar sonucu verim bakımından etkisi ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak; arıtma çamurları işlem görüp biber üretim alanlarında kullanılabilir. Tüketilen meyvelerdeki ağır metal birikimi çok düşük miktarlarda bulunmuş ve sağlığa zararlı olabilecek oranlarda değildir. Atık olarak nitelendirilen arıtma çamurları kurutularak gübre haline getirilebilir. Büyükşehirlerde peyzaj alanları, parklar, çim sahalarda rahatlıkla kullanılabilir. Bu alanların gübrenmesi için maliyeti olmayan arıtma çamurları hem organiktir hem de atık değerlendirilmesi bakımından önem taşımaktadır. Tarımsal alanlarda kullanılması için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Yaprakları yenen sebzeler için önermesek de meyvesi yenen sebzelerde ya da meyve üretiminde kullanımı araştırmalarla desteklenmelidir. Sebzelerde tohum üretimi yapılan alanlarda da kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Abou, S. M. A., Abuo, E. N., El-Zanaty, A. E. A., Yassen Abdel, A.A.A. (2017). Assessment of waste water quality for use in crop production: case studies of Al Gabal Al Asfar Waste water Treatment Plant (WWTP). *Bioscience Research*, **14**, 582-591.
- Akat, H., Demirkan, G.Ç., Akat, Ö., Yokaş, İ., (2015). 'Limonium sinuatum' yetiştiriciliğinde farklı ortamlara ilave edilen atık su arıtma çamurunun süs bitkisi yetiştirme materyali karışımı olarak kullanımı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **12**, 81-90
- Alloway, B.J., Jackson, A.P. (1991). The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. *Sci. Total Environ.* **100**, 151–176.
- Almaz, C. (2017). Arıtma Çamuru Uygulamalarının Kumlu Tın Bünyeli Toprağın ve Mısırın Ağır Metal İçeriği Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 13p.
- Alpaslan, N. (2004). Arıtma Çamurları. Atıksu Arıtma Tesislerinin Tasarım ve İşletim Esasları Kurs Notları. İzmir, 1-28.
- Altunlu, H., Akat, H., Akat Saraçoğlu, Ö. (2018). Toprağa arıtma çamuru uygulamasının gül üretiminde bitki gelişimi, verim ve klorofil içeriğine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences* **31**, 175-180.
- Anaç, D.A., Hakerlerler, H., İrget, M.E. (1993). Yağ fabrikası arıtma tesisi atıklarının zeytinliklerde organik gübre olarak kullanılması. *E.Ü.Z.F. Dergisi.* **30**, 25-32.
- Anomin, (2021b). <https://www.google.com/search?q=meteoroloji+genel+m%C3%BCd%C3%BCr%C3%BCl%C3%BCl%C4%9F%C3%BCl&oq=meteoroloji+&aqs=chrome.1.69i57j35i39i285j0i512j0i131i433l2j0i512j0i131i433j0i512j0i131i433i512j0i131i433.3931j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (Erişim tarihi: 20.06.2021).
- Anonim, (1983). Malatya ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu. Genel yayın no: 733, T.C. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı Toprak-Su Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2010). www.soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/sınır.html. (Erişim tarihi: 21.06.2021).

- Anonim, (2012). csb.gov.tr. (Erişim tarihi: 11.07.2021).
- Anonim, (2014). Belediye Atıksu İstatistikleri, 2012 (Erişim tarihi: 11.07.2021).
- Anonim, (2015). Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2015-2023). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: Atıksu eylem planı (Erişim tarihi: 12.06.2021).
- Anonim, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Biber Üretimi, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 20.06.2020).
- Anonim, (2021a). <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (Erişim tarihi: 18.06.2021).
- Atasoy, A. F., Aydoğdu, M. H., Kormaz, A., Kara, E., (2016). Urfa İsot Biberinin Özelliklerinin Belirlenerek Pazar Potansiyelinin Artırılması. Tarımsal Araştırma Destekleri Proje Sonuç Raporu, şanlıurfa.
- Basu, S. K., Krishna D.E.A., (2003). Historical and Botanical Perspectives. pp. 40-51. In Krishna De, A., (ed), *Capsicum: The genus Capsicum*, Taylor & Francis eLibrary, London and New York.
- Başay, S., Alpsoy, H.C. (2019). Biber (*Capsicum annum* L. var. Sürmeli) tohumlarına yapılan vermikompost çayı ön uygulamasının çimlenme parametreleri ve fide kalite özelliklerine etkisi, *Alatarım*. **18**, 23-29.
- Baxter, X., Darvell, L., Jones, J., Barraclough, T., Yates, N., Shield, I. (2014). *Miscanthus* combustion properties and variations with *Miscanthus* agronomy. *Fuel*. **117**, 851-869.
- Bilgili, M. (2013). Eysel Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Katı Atıklarla Birlikte Kompostlaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 16p.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu. H., Üstün, H. (2002). Biyokatıların (Arıtma Çamurlarının) Arazide Kullanımı. ASKİ Arıtma Tesisi Başkanlığı – Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Bozkurt, M.A., Erdal, İ., Çimrin, K.M., Karaca, S., Sağlam, M. (2000). Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin elementi ve ağır metal kapsamına etkisi. *A.Ü. Zir. Fak. Tarım Bil. Der.* **6**, 35-43.

- Chary, N.S., Kamala, C.T., Suman, D.S. 2008. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotoxicol. Environ.* **69**, 513–524.
- Cherfi A., Achour M., Cherfi M., Otmani S., Morsli A. (2015). Health risk assessment of heavy metals through consumption of vegetables irrigated with reclaimed urban wastewater in algeria. *Process Safety and Environmental Protection.* **98**: 245–252.
- Cisneros-Pineda, O., Torres-Tapia, L. W., Gutierrez-Pacheco, L. C., Contreras-Martín, F., Gonzalez-Estrada, T., Perazasanchez, S. R., (2007). Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry.* **104**, 1755-1760.
- Çakır, H. N., & Çimrin, K. M. (2018). Kentsel arıtma çamur uygulamalarının etkisi: 1. mısır bitkisi ve topraktaki bazı besin maddesi (N, P, K, Ca, Mg) içerikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi.* **21**, 882-890.
- Çetinkale Demirkan, G., Söğüt, Z., Yokaş, İ. (2018). Atık su arıtma çamuru uygulamalarının *platanus orientalis* (çınar) türüne etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* **55**, 51-58.
- Çimrin, K.M., Bozkurt, M.A., Erdal, İ. (2000). Kentsel arıtma çamurunun tarımda fosfor kaynağı olarak kullanılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric, Sci.),* **10**, 85-90.
- Davey, M. W., Montagu, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., (2000). Plant l-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effect of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* **80**, 825-860.
- Dede, Ö., Akbulut, D. (2017). Arıtma çamurlarının suverme özelliklerinin iyileştirilmesinde biyokütle ve kömür külü ilavesinin etkilerinin incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* **21**, 907-914.
- Demir, Z., Özbahçe, A., Demir, Y. (2018). Su kısıtı konullarında yüzey altı ve üstü damla sulama sistemlerinde fertigasyon uygulamalarının biberin verim ve kalitesine etkileri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, tarımsal araştırmalar ve

politikalar genel müdürlüğü, toprak gübre ve su kaynakları merkez araştırma enstitüsü, Proje Sonuç Raporu, Ankara.

Demirtaş, E. I., Öktüren, F., Arı, A. N. (2013). Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompostu kullanımının bakiye etkilerinin belirlenmesi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. **8**, 23-35.

Demirtaş, E.I., Arı, N., Özkan, C. F., Asri, F. Ö. (2016). Domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompost kullanımının verim kalite ve ağır metal kirliliği üzerine etkileri. *Derim*. **33**, 144-158.

Dindar, E., Topaç Şağban, F.O., Başkaya, H. S. (2010). Stabilize arıtma çamurlarının topraktaki azot ve üreaz aktivitesine etkileri, *İTÜ Dergisi/e*. **20**, 29-38.

Dolgen, D., Alpaslan, M.N., Delen, N. (2007). Agricultural recycling of treatment-plant sludge: A case study for a vegetable-processing factory. *J Envir. Manag.* **84**, 274-281.

Ekşi, 2007. Atıksu arıtma tesislerinden elde edilen çamurlar kullanılarak yetiştirilen *Triticumaestivum* L. ve *Beta vulgaris* L.'te ağır metal taşınımının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Elmacı, Ö.L. (1995). Güney Marmara Bölgesi sanayi domates alanlarındaki toprak, sulama suyu ve domates (*Lycopersicon esculentum*) meyvelerinde ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 26p.

Filibeli, A., Kaynak, G. (2006). Arıtma çamuru miktarının azaltılması ve özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan ön işlemler. *İTÜ dergisi/e*. **16**, 3-12.

Foroughi, M.F.V., Teicher, K. (1980). Wirkung von steigenden Müll-KlorschlamCompost-Gaben auf den Schwermetallgehalt von tomaten, Gurken und Bohnen imGefaBversuch. *LandWirch. Forsch.* **37**, 254-266.

Franco-Hernández, O., Mckelligan-Gonzalez, A. N., Lopez-Olguin, A. M., Espinosa-Ceron, F., Escamilla-Silva, E., Dendooven, L. (2003). Dynamics of carbon, nitrogen and phosphorus in soil amended with irradiated, pasteurized and limed biosolids. *Bioresource Technology*. **87**, 93-102.

Gebhardt, S.E., Thomas, R.G. (2002). Nutritive value of foods. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service Home and Garden Bulletin Number, Maryland.

- Gomez, I., Navarro-Pedreno, J., Mataix, J., Fragoso, M.A.C. Beusichem, M.L. (1993). Effects of Organic Waste Fertilization and Saline Irrigation on Mineral Composition of Tomato Leaves and Fruits. Eighth International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, 31 August-8 September, Lisbon, Portugal, 333-337.
- Gökal, A. (2014). Konya Organize Sanayi Bölgesi Arıtma Çamurlarının Ağır Metaller Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 15p.
- Grigatti, M., Giorgioni M. E., Ciavatta, C. (2007). Compostbased growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technology*. **98**, 3526-3534.
- Guo, T.R., Zhang, G.R. (2007). Physiological changes in barley plants under combined toxicity of aluminum, copper and cadmium. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. **57**, 82-188.
- Güngör, Y., Erözel A.Z., Yıldırım, O. (1989). Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.
- Hakerlerler, H. (1980). Kentsel atıkların gübre olarak değerlendirilmeleri. *E.Ü.Z.F. Dergisi*, **17**, 113-131.
- Hornero-Mendez, D., Minguez-Mosquera, M. I. (2000). Xanthophyll Esterification Accompanying Carotenoid Overaccumulation in Chromoplast of Capsicum Annum Ripening Fruits is a Constitutive Process and Useful for Ripeness Index. *Journal Agricultural Food Chemistry*. **48**, 1617-1622.
- Kaçar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş. (2002). Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Bursa.
- Kadunc, V., Mihelic, R., Lobnik, F. (1994). Usability of compost from municipal sewage sludge and conifer bark in the plant production. *Kmetijstvo*, **63**, 191-203.
- Kaygısız, H. (2000). Sebzeçilik (Genel Teknikler, Özel Uygulamalar). Hasad Yayıncılık. İstanbul.

- Keser, G. 2013. Effects of irrigation with wastewater on the physiological properties and heavy metal content in *Lepidium sativum* L. and *Eruca sativa* (Mill.). *Environ Monit Assess.* **185**, 6209–6217.
- Kyle, M.A., McClintock, S.A. (1995). The availability of phosphorus in municipal wastewater sludge as a function of the phosphorus removal process and sludge treatment method. *Water Environment Research.* **67**, 282-289.
- Larson, W.E., Susag, R.H., Dowdy, R.H., Clappa, C.E., Larson, R.E. (1974). Use of sewage sludge in agriculture with adequate environmental safeguards, Sludge Handling and Disposal Seminar, 18-19 September 1974, Toronto.
- Linden, D.R., Clap, C.E., Dowdy, R.H. (1983). Hydrologic Management: Nutrients. pp 79-103 in Proceedings of the Workshop on Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land. Riverside, University of California.
- Magadoff, FR. Amadon, JF. (1980). Nitrogen availability from sewage sludge. *J. Environ, Qual.* **9**, 451-455.
- Martinez, F., Cuevas, C., Teresa, Walter, Iglesias I. (2002). Urban organic wastes effects on soil chemical properties in degraded semiarid ecosystem. In: Seventeenth WCSS, Symposium No. 20, Thailand.
- McBride, M. B. (1995). Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective?. *Journal of Environmental Quality*, **24**, 5-18.
- Meng, W., Wang, Z., Hu, B., Wang, Z., Li, H., Goodman, R. C. (2016). Heavy metals in soil and plants after long-term sewage irrigation at Tianjin China: a case study assessment. *Agricultural water management.* **171**, 153-161.
- Metcalf, Eddy. (1991). Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, 3. Baskı, Mc Graw-Hill Inc, New York.
- Metik, A. (2018). Zeytin Atığının Arıtma Çamuru ile Karıştırılıp Kurutulması ve Peletlenerek Yakılmasından Oluşan Külün İnşaat Malzemesi Olarak Değerlendirme Olanaklarının İncelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisan Tezi, Aydın, 15p.
- Minguez-Mosquera, M., S., Hornero-Mendez, D. (1994). Changes in Carotenoid Esterification during the Fruit Ripening of *Capsicum annuum* Cv. Bola. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **42**, 640-644.

- Miller, R.W., Azzari, A.S., Gardiner, D.T. (1995). Heavy metals in crops as affected by soil types and sewage sludge rates. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*. **26**, 703-711.
- Navas, A., Bermudez, F., Machin J. (1998). Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. *Geoderma*. **87**, 123-135.
- Niedermann M.S. (1990). Gram-negative colonization of the acute lung injury in systemic illness. *Clin Chest Med*. 10, 469-502.
- Önal, M.K., Topcuoğlu, B., Arı, N. (2003). Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi II gelişme ve meyve özellikleri ile meyvede mineral içerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **16**, 97-106.
- Özbek, E., Tatar, Ş.Y., Hasar., Arslan, E.I., İpek, U. (2004). Kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisi arıtma çamurlarındaki ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesi, *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. **16**, 31-38.
- Özkan, C.F. (2008). Antalya ve Çevresi Örtüaltı Domates Yetiştiriciliğinde Toprak Verimliliği, Bitki Besleme, Bazı Kalite Ve Stres Parametreleri Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 22p.
- Paulraj, C., Ramulu, U.S. (1994). Effect of soil application of low levels of urban sewage sludge on the uptake of nutrients and yield of certain vegetables. *Journal of the Indian society of soil science*. **42**, 485-487.
- Pedreno, N.J., Gomez, I., Moral, R., Mataix, J. (1996). Improving the agricultural value of a semi-arid soil by addition of sewage sludge and almond residue. *Agriculture Ecosystems and Environment*, **58**, 115-119.
- Pinemonti, F., Stringari, G., Zorzi, G. (1997). Use of Compost in Soilless Cultivation. *Compost Science and Utilization*. **5**, 38-46.
- Pinamonti F., Stringari, G., Gasperi, F., Zorzi, G. (1997). The use of compost: It's effects on heavy metal levels in soil and plants. Resources. *Conservation and Recycling*. **21**, 129-143.
- Rajabi Khiabani, S. (2020). Kentsel Arıtma Çamurunun Fiğ+Arpa Karışımının Verimi ve Kalitesi İle Bazı Toprak Özelliklerine Etkisi Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 8p.

- Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., Singh, A. K. (2005). Longterm impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater - a case study. *Agric Ecosyst & Environ.* **109**, 310–322.
- Samsunlu, A. (2015). Türkiye'de kentsel atıksu arıtma tesisi çamurlarının bertarafı. *Su ve Çevre Dergisi.* **88**, 32-34.
- Shober, A.L., Stehouwer, R.C., Macneal, K.E. (2003). Onfarm assessment of biosolids effects on soil and crop tissue quality. *J Environ. Qual.* **32**, 1873-1880.
- Singh, R.P., Agrawal, M. (2007). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management.* **28**, 347-358.
- Sommers, L.E. (1997). Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizer. *J. Environmental Quality.* **6**, 225-232.
- Soumare, M., Demeyer, A., Tack, F.M.G., Verloo, M.G. (2002). Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology.* **81**, 97-101.
- Spellman, F.R. (1997). Wastewater Biosolids to Compost. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A.
- Sunkar, M., Hatun Ü., Toprak A., (2013). Malatya havzası ve çevresinde iklim özelliklerinin meyveciliğe etkisi (pp 566-574). 3 rd International Geography Symposium, Fırat Üniversitesi, June 10-13 2013, Elazığ.
- Şahin, Ü. (2019). Arıtma Çamuru Karıştırılmış İnce Bünyeli Bir Toprakta Farklı Aralıklarla Atık Su Uygulamalarının Toprak Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 18p.
- Taşatar, B. (1997). Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 7p.
- Tekinel, O., Çevik, B., Kanber, R., Yazar, A., Baytorun, N. (1987). Damla sulama tekniğinin Çukurova koşullarında uygulanması konusunda yapılan araştırmalar. Türk-Alman Tarımında Sulamanın Mekanizasyonu Semineri, 5-8, Mayıs İzmir.

- Terzi, D. (2007). Türkiye'deki Bazı Arıtma Tesislerinden Çıkan Atık Çamurların Bitki Besin Elementleri ve Ağır Metal İçeriklerinin Yıl İçindeki Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 14p.
- Tirmizi, S.A., Javed, I., Saeed, A., Samina, F. (1996). A study of the inorganic elements in vegetable and soil samples of the polluted and nonpolluted areas of Bahawalpur city (Pakistan). *Hamdard-Medicus*. **39**, 90-95.
- Tlustos, P., Balik, J., Pavlikova, D., Szakova, J., Kaewrahn, S. (2000). Accumulation of potentially toxic elements in spinach grown on nine soils treated with sewage sludge. *Rostlinna Vyroba-UZPI (Czech Republic)*.
- Topcuoğlu, B., Önal, M.K., Arı, N. (2001). Toprağa kentsel katı atık kompostu ve kentsel atıksu arıtma çamuru uygulamalarının sera domatesinde kuru madde miktarı ve bazı bitki besin içerikleri üzerine etkisi. GAP II. Tarım Kongresi, 24-26 Ekim, Şanlıurfa.
- Topçuoğlu, B. (2002). Kentsel katı atık kompostu ve arıtma çamurunda ağır metallerin bitkiler ve çevre üzerine potansiyel etkileri ve kirletici limitleri. *Derim*. **19**, 38-48.
- Topçuoğlu, B., Kubilay Önal, M., Arı, N. (2003). Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi I. bitki besinleri ve ağır metal içerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **16**, 87-96.
- Topuz, A., (2002). Farklı Gamma Işınlama Dozlarının ve Depolamanın Kırmızı Pul Biberin (*Capsicum annum* L.) Bazı Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 25p.
- Trüby, P., Raba, A. (1990). Schwermetallaufnahme von gartenpflanzen der freiburger rieselfelder. *Agribological Research*. **43**, 139-146.
- Turalıoğlu, F.S., Acar, F.N. (1996). Çeşitli atıkların toprak ortamına etkileri. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, 13-15 Mayıs 1996, Mersin, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, 52-62, Mersin.
- Türkmen, N., Kirici, S., Özgüven, M., İnan, M., Kaya D.A. (2004). An Investigation of dye plants and their colourant substances in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Botanical Journal of The Linnean Society*. **146**, 71-77.

- Uluğ, Z. (2018). Solucan Gübresi ve Mikoriza Kullanımının Fasulye ve Soğanda Bitki Gelişimi Ve Verim Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 17p.
- Uzun, P., Bilgili, U. (2011). Arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **25**, 135-146.
- Vassilev, S., Baxter, D., Andersen, L., Vassileva, C. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*. **89**, 913-933.
- Villarroel De, J.R., Chang, A.C., Amrhein, C. (1993). Cd and Zn Phytoavailability of a fieldstabilized sludge treated soil. *Soil Science*. **155**, 197-205.
- Wang, Y., Zhang, W., Jin, Y., Johansen, J., Johansen, K.M. (2001). JIL-1 tandem kinazı histon H3 fosforilasyonuna aracılık eder ve Drosophila'da kromatin yapısının korunması için gereklidir. *Hücre*. **105**, 433-443.
- Wang, Y., Shirogane, T., Liu, D., Harper, J.W., Elledge, S.J. (2003) Exit from exit: resetting the cell cycle through Amn1 inhibition of G protein signaling. *Cell*. **112**, 697-709.
- Williams, J.H. (1979). Utilization of sewage sludge and other organic manures on agricultural land, First European Symposium: Treatment and Use of Sewage Sludge, 13- 15 February 1979, Cadarache, First European Symposium: Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings, 227-242, Cadarache.
- Yasui, H., Shibata, M. (1994). An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process. *Water Science and Technology*. **9**, 11-20.
- Yemiş, O. (2001). Kırmızı Biberlerden Oleoresin *Capsicum* Üretimi Üzerine Araştırma. Ankara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 18p.
- Yıldız, Ş., Yılmaz, E., Ölmez, E. (2009). Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneği. Y.-1.-1. Haziran (Dü.), Türkiye' de Katı Atık Sempozyumu. (TÜRKAY 2009) YTÜ, 15-17.

