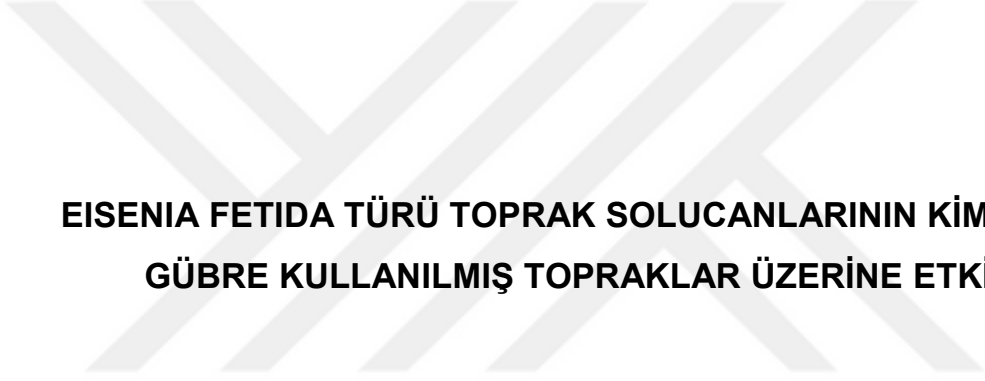


**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİMDALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**EISENIA FETIDA TÜRÜ TOPRAK SOLUCANLARININ KİMYASAL
GÜBRE KULLANILMIŞ TOPRAKLAR ÜZERİNE ETKİSİ**

CENGİZ ERDOĞAN

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EISENIA FETIDA TÜRÜ TOPRAK SOLUCANLARININ KİMYASAL
GÜBRE KULLANILMIŞ TOPRAKLAR ÜZERİNE ETKİSİ

CENGİZ ERDOĞAN

Doç. Dr. Ercan ARPAZ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Aykan KARADEMİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Özgür ZEYDAN
Jüri Üyesi, Bülent Ecevit Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 24.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemizde tarımsal faaliyetlerde kullanımı oldukça yaygın olan kimyasal gübrelerin yararları olduğu kadar zararları olduğu da bilinmektedir. Üretim gereği mahsulün beslenmesi, dayanıklılığı ve gelişimini topraktan yeterli besin kaynaklarını alamadığı düşüncesi ile gübreleme faaliyetleri gerçekleştirmekteyiz. Bir yandan ürün gelişimini arttırmayı hedeflerken diğer yandan sağlığınıza ve çevreye sağtığımız tehlikelerin çok farkında olamayabiliyoruz. Bu durumda en büyük etken zararların uzun vadede etkisini göstermesi ve yararların ise daha kısa vadede etkisini göstermesi denilebilir. Kullanılan kimyasal gübrelerin kirletici etkilerini gidermek amacıyla birçok yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmamızda uzun yıllar kimyasal gübre kullanılmış topraklardaki kirletici etkinin azaltılması ve toprağın verimliliğini arttırması için *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının etkisi araştırılmıştır.

Tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen proje danışmanım Doç. Dr. Ercan ARPAZ 'a, desteğinden faydalandığım sevgili eşim Özge ERDOĞAN 'a, ailemizin neşesi minik kızımız Elif Ela ERDOĞAN 'a ve hayatım boyunca her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürü borç bilirim.

Ocak – 2020

Cengiz ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
TABLolar DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ.....	1
1. TOPRAK KİRLİLİĞİ	2
1.1. Toprak Kirliliğinde Türkiye'deki Durum	2
1.2. Kimyasal Gübreler Ülkemizde Kullanımı	4
2. TOPRAK KİRLİLİĞİ GİDERİM YÖNTEMLERİ	7
2.1. Biyoremediasyon Yöntemleri.....	8
3. TOPRAK SOLUCANLARI VE ÖNEMİ.....	9
3.1. Eisenia Fetida Türü Toprak Solucanları	10
3.2. Eisenia Fetida Türü Toprak Solucanlarının Yaşamı	11
4. LİTERATÜR ÇALIŞMALARı	13
5. MATERYAL VE METOD.....	15
5.1. Çalışmada Kullanılan Toprak Numunesine Ait Bilgiler.....	15
5.2. Solucan Girdisi Öncesi Toprak Numunesi Analiz Değerleri	18
5.3. Solucan Aktivitesi Deney Düzenine Hazırlanması	18
5.4. Eisenia Fetida Türü Toprak Solucanlarının Hazırlanması.....	19
5.5. 60 Günlük Deney Sonunda Eisenia Fetida Popülasyon Analizi	23
5.6. Solucan Girdisi Sonrası Toprak Numunesi Analiz Değerleri	23
5.7. Bitki Aktivitesi Deney Düzenine Hazırlanması	23
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	25
6.1. Solucan Aktivitesi Deney Sonuçları.....	25
6.2. Bitki Aktivitesi Deney Sonuçları	27
6.2.1. Domates bitkisi gelişimi ve grafikleri	27
6.2.1.1. Analiz-1 domates bitkisi gelişimi	28
6.2.1.2. Analiz-2 domates bitkisi gelişimi	30
6.2.1.3. Analiz-1 ve analiz-2 domates bitkisi gelişim kıyası.....	32
6.2.2. Salatalık bitkisi gelişimi ve grafikleri.....	38
6.2.2.1. Analiz-1 salatalık bitkisi gelişimi.....	39
6.2.2.2. Analiz-2 salatalık bitkisi gelişimi.....	40
6.2.2.3. Analiz-1 ve analiz-2 salatalık bitkisi gelişim kıyası	42
6.2.3. Bitki aktivitesi sonrası toprak analizi sonuçları	49
KAYNAKLAR	54
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	56
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kimyasal gübre kullanımı	5
Şekil 3.1. Eisenia Fetida anatomisi	8
Şekil 5.1. Toprak numunesinin alındığı yere ilişkin bilgiler.....	15
Şekil 5.2. Toprak numunesinin alındığı numune noktası örneği	16
Şekil 5.3. Toprak numunesinin nemli ve kurutulduğu örnek	16
Şekil 5.4. Toprak numunesine ait numune etiketi bilgileri	17
Şekil 5.5. Deney düzeneği hazırlanma aşamaları	19
Şekil 5.6. Deney düzeneğine entegre edilecek solucanların hazırlanması	21
Şekil 5.7. Deney düzeneğin şematik hali.....	22
Şekil 6.1. Analiz-1 domates tohum gelişimi	29
Şekil 6.2. Aktivite öncesi dikilen domates ve salatalık bitkisinin gelişimi.....	30
Şekil 6.3. Analiz-2 domates tohum gelişimi	32
Şekil 6.4. Analiz-1 ve analiz-2 domates bitkisi boy gelişim grafiği	33
Şekil 6.5. Aktivite sonrası dikilen domates ve salatalık bitkisinin gelişimi	34
Şekil 6.6. Analiz-1 domates bitkisi gövde kalınlığı gelişimi	35
Şekil 6.7. Analiz-1 domates bitkisi yaprak boyu gelişimi.....	36
Şekil 6.8. Analiz-1 domates bitkisi yaprak sayısı gelişimi	37
Şekil 6.9. Analiz-1 domates bitkisi masul gelişimi.....	38
Şekil 6.10. Analiz-1 salatalık tohum gelişimi.....	40
Şekil 6.11. Analiz-2 salatalık tohum gelişimi.....	42
Şekil 6.12. Analiz-2 salatalık bitkisi boy gelişimi.....	43
Şekil 6.13. Analiz-2 salatalık bitkisi gövde kalınlığı gelişimi.....	44
Şekil 6.14. Analiz-2 salatalık bitkisi yaprak boyu gelişimi	45
Şekil 6.15. Analiz-2 salatalık bitkisi yaprak sayısı gelişimi.....	46
Şekil 6.16. Analiz-2 salatalık bitkisi mahsul adet gelişimi	47
Şekil 6.17. Analiz-2 salatalık bitkisi mahsul boy gelişimi.....	48
Şekil 6.18. Analiz-2 salatalık bitkisi 1. ve 2. mahsul gelişimi.....	49

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Kimyasal gübrelerin imalatındaki bazı kirlenici parametreler	3
Tablo 1.2. Toprak kirliliği parametreleri sınır değerleri.....	3
Tablo 1.3. Ülkemizde son 10 yılda kullanılan kimyasal gübre miktarı	4
Tablo 1.4. Organik bitkisel üretim 2009-2018.....	6
Tablo 5.1. Solucan girdisi öncesi toprak numunesi ve analiz değerleri.....	18
Tablo 5.2. Solucan girdisi sonrası toprak numunesi ve analiz değerleri	24
Tablo 6.1. Aktivite öncesi ve sonrası toprak analiz değerleri	26
Tablo 6.2. Aktivite öncesi toprağa dikilen domates bitkisi gelişimi	28
Tablo 6.3. Aktivite sonrası toprağa dikilen domates bitkisi gelişimi.....	31
Tablo 6.4. Aktivite öncesi toprağa dikilen salatalık bitkisi gelişimi.....	39
Tablo 6.5. Aktivite sonrası toprağa dikilen salatalık bitkisi gelişimi	41
Tablo 6.6. Aktivite öncesi bitki analizi sonrası toprak analizi değerleri.....	50
Tablo 6.7. Aktivite öncesi bitki analizi sonrası toprak analizi değerleri.....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

As	:Arsenik
B	:Bor
Ca	:Kalsiyum
CaCO ₃	:Kireç
Cd	:Kadmiyum
Cl	:Klor
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
Fe	:Demir
Hg	:Civa
K	:Potasyum
K ₂ O	:Potasyum Oksit
Mg	:Magnezyum
Mn	:Mangan
Mo	:Molibden
N	:Azot
Ni	:Nikel
P	:Fosfor
Pb	:Kurşun
P ₂ O ₅	:Difosfat Pentaoksit
S	:Kükürt
Sb	:Antimon
Se	:Selenyum
V	:Vanadyum
Zn	:Çinko
%	:Yüzde
watts	:Enerji

Kısaltmalar

ATP	:Adenozin Tri Fosfat
cm	:Santimetre
cm ³	:Santimetreküp
C ⁰	:Santigrat Derece
da	:Dekar
DNA	:Deoksiribo Nükleik Asit
EN	:Europen Norm (Avrupa Normu)
gr	:Gram
Hz	:Hertz

ISO	:International Organization for Standardization
Kg	:Kilogram
mg	:Miligram
ml	:Mililitre
mm	:Milimetre
m ²	:Metrekare
pH	:Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü)
Rev	:Revizyon
sa	:Saat
TS	:Türk Standartları



EISENIA FETIDA TÜRÜ TOPRAK SOLUCANLARININ KİMYASAL GÜBRE KULLANILMIŞ TOPRAKLAR ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Tarımsal üretim faaliyetleri bitkilerin gelişimi için gerekli besin maddelerini ve ortam koşullarını sağlayabilen topraklarda artabilmektedir. Bu doğrultuda sürekli işlenen ve yapısındaki maddelerin zamanla azalması sonucu bitkilerin yeterli seviyede besin maddesi alamaması gelişimlerini etkilemektedir. Tarım ile ilgilenenler toprağın yapısındaki bu eksiklikleri giderebilmek amacıyla gübrelere başvururlar. Bu gübreleme işlemi genellikle eskiden kalma alışkanlıklar, deneyimler ve tavsiyeler ile yapılmaktadır. Oysaki öncelikle toprağın yapısındaki madde miktarı belirlenmeli ve gübre uygulaması bu yönde olmalıdır. Yanlış yapılan gübre uygulamaları toprağı beslemek yerine tuzluluğun artmasına, ağır metal birikimine, nitrat kirliliğine, ötrofikasyona ve canlı habitatın zarar görmesine neden olmaktadır. *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının uzun yıllar kimyasal gübre kullanılmış topraklar üzerine etkisi araştırılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre CaCO_3 miktarı % 6,06'dan % 4,71'e ve Saturasyon % 95,7'den % 94,6'ya düşmüştür. Ayrıca Tuzluluk % 0,461'den % 0,625'e, EC 7,53mmhos/cm'den 10,33mmhos/cm'e, Fosfor 0'dan 5,04 Kg/da'a, Potasyum 111,83 Kg/da'dan 123,51 Kg/da'a, pH 6,96'dan 8,01'e, Organik madde miktarı % 0,758'den % 1,385'e yükselmiştir. Başlangıç popülasyonuna göre ise % 8,6 doğum oranı ve % 13,8 ölüm oranı gözlenmiştir. Ayrıca solucan aktiviteleri sonrasında analizi yapılan toprakta yapılan bitki aktiviteleri sonrasında toprak analizleri yapılmış ve organik madde miktarı % 1,385 iken bitkiler tarafından bünyelerine alınarak topraktaki oranı % 0,959'a düşürmüştür. Bu oran topraktaki organik maddenin % 69,24 'ünün bitkiler tarafından alınabilir olduğunu göstermektedir. Başlangıçta yapısında 5,04 kg/da fosfor bulunan toprak bitki analizlerinden sonra da 0,18 kg/da fosfor olarak ölçülmüştür. Bu değer bitkiler tarafından fosforun % 96,43 'ünün topraktan alındığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Eisenia Fetida, Kimyasal Gübre, Toprak Analizi, Toprak Kirliliği, Verimlilik.

THE EFFECT OF EISEIA FETIDA TYPE SOIL WORMS ON CHEMICAL FERTILIZED SOIL

ABSTRACT

It can increase in soils that can provide nutrients and environmental conditions necessary for the development of agricultural production activities. Continuously processed in this direction, and as a result of the decrease in time of the constructive plants affect the development of plants can not get enough nutrients. Those interested in agriculture apply to fertilizers in such a way that the soil structure releases can eliminate these deficiencies. This is done with old habits, experiences and conditions for fertilization. However, first of all, the amount of substance to be made by the soil should indicate the amount of material and fertilizer application. Improper fertilizer applications lead to increased salinity, heavy metal accumulation, nitrate pollution, eutrophication and damage to the habitat instead of feeding the soil. The effect of Eisenia Fetida type earthworms on soils used chemical fertilizer for long years was investigated.

According to the results of the research, the amount of CaCO_3 decreases from 6,06% to 4,71% and saturation decreases from 95.7% to 94.6%. In addition, Salinity from 0.461% to 0.625%, EC from 7.53mmhos / cm to 10.33mmhos / cm, Phosphorus from 0 to 5.04 Kg / da, Potassium from 111.83 Kg / da 123 . 51 Kg / da, pH 6.96 to 8.01, the amount of organic matter increased from 0.758% to 1.385%. According to the initial population, a birth rate of 8.6% and a mortality rate of 13.8% were observed. In addition, an analysis of worm activities was carried out and the amount of organic matter was applied to plants by 1.385% while the rate in soil was increased to 0.959%. This ratio shows that 69.24% of the organic ones in the soil can be taken up by the plants. Initially 5.04 kg / ha phosphorus soil analysis after the analysis of 0.18 kg / da phosphorus measured. This value indicates that 96.43% of the phosphorus is taken from the soil by the plants.

Keywords: Eisenia Fetida, Chemical Fertilizer, Soil Analysis, Soil Pollution, Productivity

GİRİŞ

Tarımsal topraklar, bitkilerin yetişme evresinde gereksinim duydukları tüm besin maddelerinin bitkiler tarafından bünyelerine alınması ve erozyon gibi doğal etkenlerden kaynaklanan sebeplerle zamana bağlı olarak azalmakta ve besin maddeleri yönünde fakirleşmektedir. Bu fakirleşme, bilinçli gübreleme, toprağın düzenli olarak işlenmesi ve sulanması gibi faaliyetler sonucunda iyileştirilebilir. Bu verimliliğin devam ettirilebilmesi için, zamanla eksilen besin maddelerinin tekrar toprağa kazandırılması, bir başka deyişle gübrenmesi gerekmektedir [1]. Gübreleme ile toprağın verimliliği, bitkilerin gelişerek mahsul verebilmeleri açısından ihtiyaç duydukları makro (N, P, K, Ca, Mg, S) ve mikro (Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, Cl) besin elementlerinin yeterli ve uygun oranlarda bünyesine alabilmesi sayesinde artış gösterebilmektedir [2]. Bilinçsizce ve aşırı dozda nitrat azotu içeren kimyasal gübrelerin kullanılması sonucu bileşimindeki nitrat toprakta sulama ve yağmur suyu gibi etkenlerle yıkanıp derinliklere doğru hareket eder ve yeraltı sularına karışabilmektedir. Yapılan bazı çalışmalara göre kimyasal gübrelerin topraktaki etkileri kısa dönemde kendini etmemekle beraber uzun dönemde kirletici etki göstermektedir. Bunun nedeni olarak toprağın yapısı gereği güçlü bir tamponlama değerine sahip olması, dolayısıyla kirletici parametreleri filtre görevi görerek bünyesinde biriktirmesi olarak gösterebiliriz. Bu kirleticiler zamanla bitki besin maddelerinin köklerinden başlayarak bünyelerinde birikmekte, toksik özellik göstermekte ve bu bitki besin maddeleri ile beslenen insan ve hayvanlarda olumsuz bir etki yaratmaktadır. Azot ve potasyum oranı yüksek olan kimyasal gübreler toprağın pH'sını arttırarak yetiştirilecek olan bitkilerin verimini etkilemektedir [3].

1. TOPRAK KİRLİLİĞİ

Toprak kirliliğini kısaca yapısındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki deformasyonlar olarak tanımlayabiliriz. Toprağın tamponlama özelliği sayesinde filtre görevi görerek yapısındaki kirleticileri absorbe eder ve sonrasında oluşabilecek hava ve su ekosistemindeki kirliliği de önleyebilmektedir. Toprağın kirlenmesinde tarımsal faaliyetlerde kullanılan böcek öldürücü pestisitlerin, kimyasal gübrelerin, evsel ve endüstriyel nitelikli atıkların, arıtma çamurlarının topraklarla teması ve araçların emisyonlarının etkisi büyüktür. Bu kirleticilerin bir kısmı toprakta ayrışarak kaybolabilirken, bir kısmı ayrışmadığı için topraktan giderilemez ve kirletici etki yaratır. Bunlara örnek olarak ağırlığı 4,5 gr/cm³ den fazla olan kurşun, kadmilyum, bakır, nikel, civa, çinko gibi ağır metalleri örnek verebiliriz. Ağır metaller birçok endüstriyel faaliyetler vasıtasıyla toprağa karışabilirken, tarımsal faaliyetler sonucu da toprağa karışabilmektedir [4]. Kirleticiler tarımsal faaliyetler sonucunda üretilen mahsullerde, bu mahsullerden veya tarım alanlarından beslenen hayvanların etinden sütünden insanlara ulaşarak sağlığına da etki etmektedir. Bu kimyasallar, topraktaki canlıları da olumsuz etkilemekte, toprak flora ve faunasını bozmaktadır. Toprak için önemli bir organizma grubunu oluşturan toprak solucanlarının da azalmasına sebebiyet vermektedir [5].

1.1. Toprak Kirliliğinde Türkiye'deki Durum

Ülkemizde artan sanayileşme, nüfus artışı ve kentleşme neticesinde verimli tarımsal arazilerin betonlaşması ve kirlenmesi neticesinde büyük oranlardaki tarımsal araziler ve topraklar geri kazanımı mümkün olmayacak derecede tahrip olmuştur. Özellikle belirli bölgelerde yoğunlaşan sanayi, gerek ekonomik nedenler gerekse sanayileşme sonucu tarımsal alanların kullanım amacını değiştirmiştir. Tarım alanlarına ve yakınlarına kurulan sanayi tesislerinin bu alanlarda önemli kirletici kaynakları oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca daha kaliteli ve fazla miktarda ürün temin edebilmek amacıyla kullanılan kimyasal gübreler ve tarım ilaçları da bu kirletici kaynaklarına ilave olarak etki etmektedir. Fosfat ve nitrat içerikli gübrelerin

bir çoğunun Arsenik, kadmiyum, kurşun, krom, çinko ve civa gibi ağır metalleri barındırdığı gösterilmektedir. Kimyasal gübrelerin imalatındaki bazı kirletici parametreler Tablo 1.1. 'de gösterilmiştir [4].

Tablo 1.1. Kimyasal gübrelerin imalatındaki bazı kirletici parametreler [4].

NACE Kodu (Rev 2)	Endüstriyel Faaliyet	Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri
2015	Kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn

Ülkemizde 24609 sayılı 10/12/2001 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ile başlayan süreç, 25831 sayılı 31/5/2005 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ile revize edilmiş, daha sonra 27605 sayılı 08.06.2010 tarihli resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Toprak Kirliliğinin Kontrolü Ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik kapsamında değiştirilerek bugün ki yasal çerçeve belirlenmiştir [6]. Tablo 1.2.'de kirletici parametrelerin sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 1.2. Toprak kirliliği parametreleri sınır değerleri [6].

Ağır Metal (Toplam)	PH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

1.2. Kimyasal Gübreler Ve Ülkemizde Kullanımı

Kimyasal gübreler genelde üç çeşit gübre olarak sınıflandırılır: Azotlu Gübre, Fosforlu Gübre ve Potasyumlu Gübre. İçlerinde azotlu gübreler (N) hem uluslararası alanda hem de ülkemizde en çok kullanılan çeşittir. Günümüzde gelişen bilim ve teknoloji sayesinde gübre çeşitlerinde artış meydana gelmektedir. Bu sebeple bir sınıflama ihtiyacı doğmuştur. Günümüzde çoğunlukla bu gübreler Kimyasal gübre ve Organik Gübreler olarak belirtilmiştir [7].

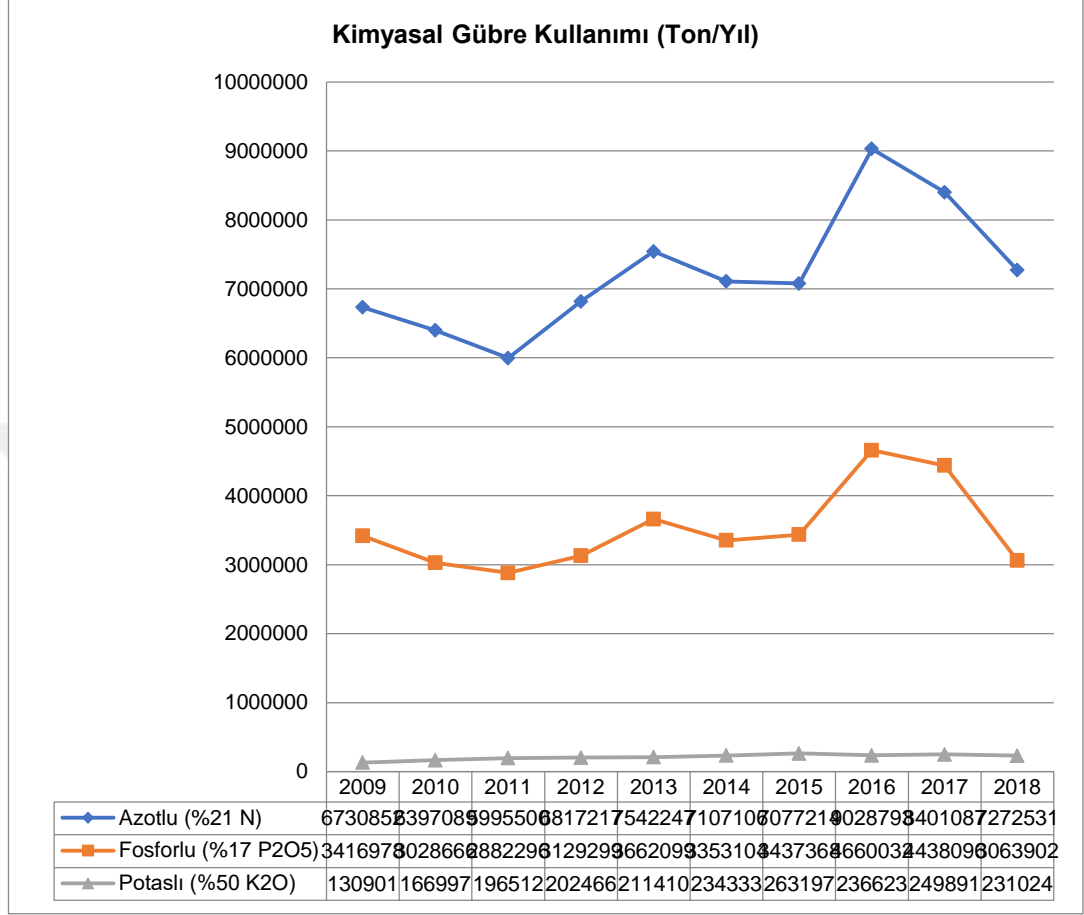
Bu gübrelerin bilinçsizce kullanımı, toprak analizi yapılmadan veya aşırı dozda uygulanmaları toprağın yapısını bozmaktadır [1]. Ülkemizde son 10 yılda kullanılan kimyasal gübre miktarı Tablo 1.3.'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Ülkemizde son 10 yılda kullanılan kimyasal gübre miktarı [8].

Kimyasal gübre kullanımı (Ton/Yıl) 2009-2018	Kullanılan gübre	Azotlu (%21 N)	Fosforlu (%17 P ₂ O ₅)	Potaslı (%50 K ₂ O)
2009	10278731	6730852	3416978	130901
2010	9592752	6397089	3028666	166997
2011	9074308	5995500	2882296	196512
2012	10148982	6817217	3129299	202466
2013	11415756	7542247	3662099	211410
2014	10694543	7107106	3353104	234333
2015	10777779	7077214	3437368	263197
2016	13925448	9028793	4660032	236623
2017	13089074	8401087	4438096	249891
2018	10567457	7272531	3063902	231024

Son on yıllık dönemde ülkemizde toplam 109.564.830 ton kimyasal gübre kullanımı gerçekleşirken, 72.369.636 ton azotlu gübre, 35.071.840 ton fosforlu gübre ve 2.123.354 ton potaslı gübre kullanımı gerçekleşmiştir.

Ülkemizde son 10 yılda kullanılan azotlu, fosforlu ve potaslı kimyasal gübre miktarını içeren grafik Şekil 1.1. 'de, Organik bitkisel üretim Tablo 1.4.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Kimyasal gübre kullanımı 2009-2018

Tablodaki verilere göre;

Azotlu Kimyasal Gübre Kullanımında; 2009-2011 yılları arası düşüş, 2009-2013 yılları arası artış, 2013-2015 yılları arası düşüş, 2015-2016 yılları arası artış, 2016-2018 yılları arası düşüş görülmüştür.

Fosforlu Kimyasal Gübre Kullanımında; 2009-2011 yılları arası düşüş, 2009-2013 yılları arası artış, 2013-2014 yılları arası düşüş, 2014-2016 yılları arası artış, 2016-2018 yılları arası düşüş görülmüştür.

Potaslı Kimyasal Gübre Kullanımında; 2009-2015 yılları arası artış, 2015-2016 yılları arası düşüş, 2016-2017 yılları arası artış, 2017-2018 yılları arası düşüş görülmüştür.

Tablo 1.4. Organik bitkisel üretim, 2009-2018 [9].

	Ürün sayısı	Çiftçi sayısı	Alan	Üretim
YIL	Adet	Adet	Hektar	Ton
2009	212	35 565	501 641	983 715
2010	216	42 097	510 033	1 343 737
2011	225	42 460	614 618	1 659 543
2012	204	54 635	702 909	1 750 127
2013	213	60 797	769 014	1 620 466
2014	208	71 472	842 216	1 642 235
2015	197	69 967	515 268	1 829 291
2016	238	67 878	523 777	2 473 600
2017	214	75 067	543 033	2 406 606
2018	213	79 563	626 885	2 371 612

Organik bitkisel üretim tablosuna göre 2009-2018 yılları arası çiftçi sayısında % 123,72 oranında artış, ekilen alan sayısında % 24,97 artış, üretim miktarında % 141,09 artış görülmüştür.

2016 yılı sonrası kimyasal gübre kullanımında yaşanan düşüşün, çiftçilerin toprağın yapısı hakkında bilinçlenmesi, toprağı işlemeden önce toprak analizi yapılması ve uygun formlarda ve miktarlarda gübre seçilmesi, kimyasal gübrelerden ziyade alternatif organik gübrelere ve organik üretime yönelmesi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

2. TOPRAK KİRLİLİĞİ GİDERİM YÖNTEMLERİ

Toprak kirliliği gelişen teknolojiler sayesinde yerinde iyileştirme ve yerinde olmayan iyileştirme teknikleri ile topraktan giderilebilmesi hedeflenmektedir. Kimyasal gübrelerin yapısında bulunan kirleticiler, ağır metaller bu teknikler ile uzaklaştırılabilmektedir.

Yerinde iyileştirme tekniklerine göre toprak başka bir yere taşınmadan bulunduğu alan içerisinde işlenmesi, yerinde olmayan iyileştirme tekniklerine göre de toprağın taşınarak farklı bir sahada işlenmesi olarak söylenebilir.

Yerinde iyileştirme teknikleri olarak, kirleticilerin başka bir ortama taşınmasını engellemek amacıyla yüzey geçirimsiz tabaka ile kaplanır. Bu teknik yüzey kaplama olarak adlandırılır.

Kapsülleme tekniğine göre de kirleticilerin daha fazla bir alana yayılmasını engellemek amacıyla fiziksel bir bariyer oluşturarak kirleticiler kısıtlı alana hapsedilir.

Elektro kinetik arıtım tekniği sayesinde kirleticiler elektriksel adsorpsiyon ile uzaklaştırılabılır.

Bir başka teknik olarak ekstraksiyon sıvısı ile toprağın yıkanması kullanılmaktadır.

Topraktaki kirleticilerin bir kimyasal ajan ile tutulması işlemi de kimyasal immobilizasyon tekniği olarak kullanılır.

Topraktaki kirleticilerin bitkiler tarafından absorbe edilmesi ile arıtım şekli ekonomik, uygulanması basit teknikler olduğu için tercih edilmektedir. Bu tekniğe göre kirleticiler mahsul beklentisi olmayan, kökler vasıtasıyla topraktaki kirleticileri bünyesinde toplayan ve daha sonra topraktan fiziksel olarak sökülerek kirleticiler ile birlikte uzaklaştırılması hedeflenir. Bu teknik fitoremediasyon olarak adlandırılır. Fitoremediasyon tekniğinin bitkiler yerine canlılar, mikroorganizmalar ile yapılması işlemine de biyoremediasyon tekniği denir. Bu teknik bölüm 2.1. de detaylandırılmıştır.

Yerinde olmayan teknikler için kirlenmiş toprakların kirleticilere maruz kaldığı alandan alınması ve işlem yapılabilir güvenli bir alana taşınması ve depolanması işlemi kullanılır. Bu teknikte kirlenmiş toprak içeriğindeki katı partiküllerden filtre edilir ve sonrasında toprak özel olarak hazırlanmış çözeltilerle yıkanır.

Toprak yüksek sıcaklıklarda eritilir ve sonra soğutularak cam gibi bir hale dönüştürülür. İçeriğindeki kirleticiler bu cam tabaka içerisinde tutularak uzaklaştırılabilir. Bu tekniğe vitrifikasyon tekniği denilir [10].

2.1. Biyoremediasyon Yöntemi

Biyoremediasyon tekniğine göre ortama eklenen mikroorganizmalar toprakta bulunan kirleticileri besin kaynağı olarak kullanması ile kirleticilerin bozunarak parçalanmasını sağlamaktadırlar.

Mikroorganizmalar kirleticilerin doğal olarak bozunabilme reaksiyonlarını hızlandırır. Ortamdaki organik formdaki kirleticileri daha düşük formlardaki moleküllere dönüştürürler.

Biyoremediasyon tekniklerinin verimli olabilmesi için mikroorganizmaların bulunduğu ortam koşullarının dengelenmesi gerekmektedir. Ortamın pH, oksijen, sıcaklık, nem değerleri kontrolü yapılması gerekmektedir.

Oksijenli koşullarda mikroorganizmaları ortamdaki organik kirleticileri su, karbondioksit gibi düşük moleküllü formlara dönüştürürler. Oksijensiz koşullarda ise metan, karbondioksit ve hidrojen gazına dönüştürebilirler [11].

Bu çalışmada biyoremediasyon mikroorganizmaları olarak *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları kullanılmıştır.

3. TOPRAK SOLUCANLARI VE ÖNEMİ

Toprak solucanları toprağın içerisinde farklı katmanlarda yaşarlar. Bu katmanları üç gruba ayırırsak yüzeeye yakın yaşayan türler Epijeik, yüzeeyden 20-30 cm derinde yaşayan endojeik ve yaklaşık 100 cm ve daha derinlerde yaşayan türler olarak sınıflandırabiliriz. Bu türleri yüzeeydeki ve toprağa işlenmiş organik maddelerle beslenirler. Epijeik türler genellikle dağlık bölgelerde yerdeki yaprakların oluşturduğu katmanlarda yaygın olarak görülür. Anesik ve Endojeik türler ise tarım alanlarında, çayır gibi otlak alanlarda yaygın bulunurlar. Toprak solucanları karanlık ve yağmurlu havalarda, yağmur suyunun toprağın altındaki galerilerini suyla doldurması ve bu nedenle yeterli oksijen alamaması öngörüsüyle sudan yüzeeye kaçma eğilimi gösterirler. Ancak çok zayıf ışıklar ve kırmızı ışık haricinde üzerlerine ışık gelmesi durumunda toprağa geri kaçarlar. Vücutlarındaki nemli yapıyı sağlayan solöm denilen bir sıvı salgılayarak vücutlarındaki kurumayı önlerler. Kış aylarında yada soğuk ortamlarda toprağın derinlerine ilerlerler ve birbirlerine sarılarak bir yumak oluştururlar ve bu sayede dış ortamın olumsuz koşullarına direnç gösterirler. Toprak solucanları, çürüeyebilen organik maddeler ile beslenirler. Bunların dışında topraktaki Nematoda larvası ve Acarina, Collembola gibi mikroskobik canlılarla da beslenebilir. Solucanlar besinleri doğrudan ağızlarından alırlar ve toprağın organik olan humus kısmını tüketirler. Tükettikleri besinlerin sindirilebilir kısımlarını soğururlar, kalan kısımlarını ise dışkı olarak vücutlarından atarlar [12].

Bu dışkıya bazı kaynaklarda solucan gübresi bazı kaynaklarda ise solucan kotu da denilmektedir. Bu dışkının üretimi sıcaklık ile ilişkilidir. En yüksek solucan dışkısı üretimi 20 C⁰ sıcaklığın sağlanabildiği ortamlarda gerçekleştiği belirtilmiştir. Dışkının organik madde ve azot içeriği yüksektir. Suyu toprağa oranla daha çabuk emilimini sağlar ve bu sayede bitkilerin ihtiyaç duydukları suyu ve nemi daha kolay alabilmelerine yardımcı olur. Ayrıca topraktaki azot, fosfor, magnezyum ve potasyum gibi elementlerin topraktan daha fazla alınabilmesini sağlamaktadır. pH olarak toprağın pH'sından daha yüksektir. Bu sebeple toprakta pH artışı görülebilir [13].

Solucanlar yıl içerisinde hemen hemen her dönemde ılık ve nemli hava koşullarında aktif şekilde ürerler. Çiftleşme işlemi iki solucanın baş-ayak pozisyonuna gelmesiyle karşılıklı spermilerin iletilmesiyle oluşur ve bu işlem genellikle gece olur. Yaklaşık 2-3 saat sürer. Çiftleşmeden birkaç gün sonra yumurta kapsülü dediğimiz kokon oluşur. Bu kokon embriyoların beslenebilmesi için gerekli proteinli sıvıyı barındırır. Kokon solucanın vücut hareketleri ile dışarı atılırken, serbest kalan kokonun uçları kapatılarak oval bir şekil alır. Zigotun gelişimi kokonun içerisinde gerçekleşir ve sonra yavrular yumurtadan çıkarlar. *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarında her bir solucan 3-5 gün aralıklarla 2-10 kokon oluşturur. Bu kokonlardan her bir tanesi yaklaşık olarak 1-8 arası yumurta içerir ve ortalama 2 tane yumurta gelişerek embriyo oluşturur. Kokonlar sonbahar gibi düşük sıcaklığa sahip havalarda toprağa bırakılırken, ilkbahar gibi havaların ısınmasıyla yumurtadan çıkarlar. Bu kuluçka süresi *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarında 25 C⁰ de 51,5 günde meydana gelmektedir [14].

3.1. *Eisenia Fetida* Türü Toprak Solucanları

Eisenia Fetida türü toprak solucanları epijeik solucan türlerine ait grupta yer alır ve toprağın yüzeyine yakın üst tabakalarında 5-20 cm derinlikte, genellikle yaprakların çürüdüğü alanların altında yer alırlar. Fizyolojik yapıları ortalama 70 mm uzunluğunda, 3-5 mm çapında ve 1,4 gr ağırlığında koyu kırmızı renklidirler. Gün ışığına karşı duyarlıdırlar ve güneşten mümkün olduğunca kaçınırlar. Maruz kaldıklarında vücutları birkaç dakika içerisinde kuruyarak ölmelerine neden olmaktadır. Ortalama ömürleri 4,5 yıldır. Ortam şartlarının elverişli olduğu yerlerde yılda ortalama 1300 kat çoğalabilirler [15].

Eisenia Fetida için optimum şartların 14-27 C⁰ aralığında olması ile üreme kabiliyetleri maksimum seviyeye ulaşır. 7 C⁰'nin altında ve 40 C⁰'nin üzerindeki sıcaklıklarda faaliyetleri durur ve ölürler. Toprağın tuz içeriğinin fazla olması, Yüksek miktardaki ağır metal konsantrasyonu, pH değişimi gibi etkenlerden etkilenir. Aşırı asidik ve bazik koşullarda ölürler. Besinlerinin ve yaşam koşullarının pH aralığı 6,2-7,8 olması yaşamsal faaliyetleri için optimum değerdir. Toprakta galeriler açarak ilerlerler ve bu ilerleme sırasında tükettikleri toprağın humus kısmını dışkı ile geride bırakarak toprağı doğal gübreleme ile verimlileştirirler. Dışkıları azot, fosfor, potasyum ve kalsiyum açısından kimyasal gübrelere oranla daha zengindir. [15].

3.2. *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının Yaşamı

Eisenia Fetida türü toprak solucanlarında Yetişkin bir solucan günde ortalama 1,6 kokon üretebilir [12]. her bir solucan 3-5 gün aralıklarla 2-10 kokon oluşturur. Bu kokonlardan her bir tanesi yaklaşık olarak 1-8 arası yumurta içerir ve ortalama 2 tane yumurta gelişerek embriyo oluşturur. Kokonlar sonbahar gibi düşük sıcaklığa sahip havalarda toprağa bırakılırken, ilkbahar gibi havaların ısınmasıyla yumurtadan çıkarlar. Bu kuluçka süresi *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarında 25 C⁰de 51,5 günde meydana gelmektedir [12].

Genellikle renksiz oluşan kokonlar kısa zaman sonra açık renkli kahveye doğru dönüşür. Kokonlar ortalama 3,2-4,0 mm uzunluğunda, 2,0-2,7 mm çapında ve ortalama 12,65 mg ağırlığındadır. Kokonların ortalama kuluçka süreleri 23 gündür. Bu süre içerisinde yaklaşık %73'ü başarıyla oluşur [14].

Eisenia Fetida türü toprak solucanları besinleri hızlı tüketmesi ve hızlı üreme kapasiteleri sebebiyle ticari vermikompost üretiminde de en fazla tercih edilen türlerdir. Sindirim sitemlerindeki çeşitli enzimler ve bağırsaklarındaki mukus ve antibiyotikler sayesinde organik artıkların parçalanması konusunda gelişmişlerdir. Dışkıları zengin mineraller içerdiğinden dolayı toprağın yapısı ve verimliliğine, bitkilerin hızlı ve sağlıklı gelişimine önemli katkı sağlar [14].

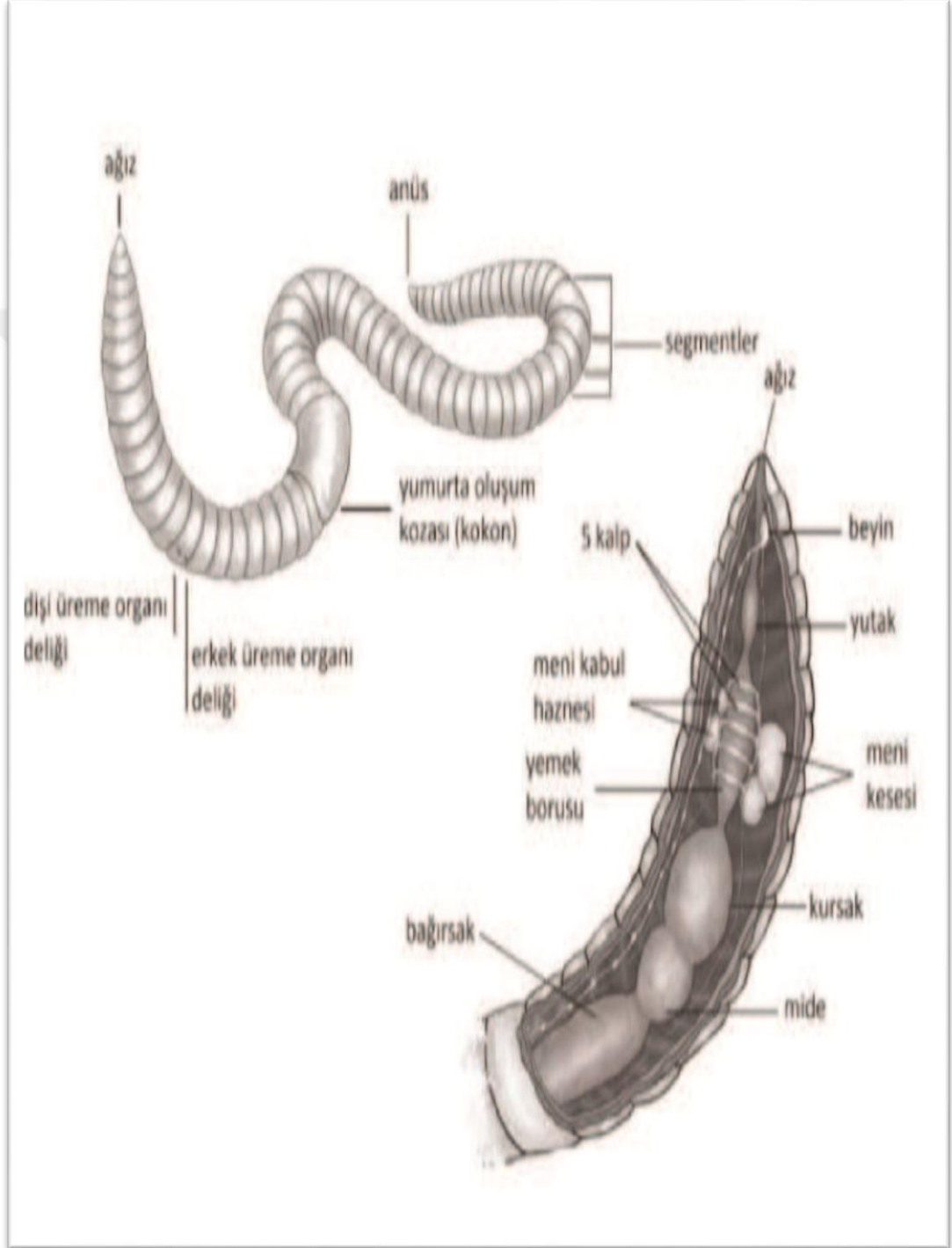
Aritma çamurları, sebze meyve gibi organik atıklar, tarımsal atıklar ve küçük ve büyük baş hayvanların gübrelerinin ayrıştırılmasında önemli katkı sağlarlar. Bu solucanlar uzun kullanımlar sonucu toprağın yapısını bozan ve kirlетici etki yaratan kimyasal gübrelere kıyasla, doğaya herhangi bir zararı bulunmayan, kimyasal içermeyen, organik atık ve artıkların parçalanarak geri dönüşümünü sağlayarak çevreyi ve doğayı koruyan vermikompostu üretirler [14].

Eisenia Fetida türü toprak solucanları erkek ve dişi üreme organlarına aynı anda sahip hermafrodit türlerdir. Çiftleşmeleri kafa kısımları ters yönlerde bakacak şekilde, vücutları düz ve yatay şekilde bağlanarak mukus salgırlar. Daha sonra bu mukus tabakası ile sperm değişimi sağlarlar. Sperm ve yumurtalar sert, ucu kapalı bir kapsül şeklindeki kokon adı verilen tabakaların içerisinde döllenir ve gelişirler [15].

Eisenia Fetida türü toprak solucanlarının ortalama 32-73 gün aralığında kuluçka süreleri mevcuttur. Solucanlar vücut ağırlığının üç katı, ortam neminin %75 ve sıcaklığının 20-25 C⁰ olduğu aralıklarda yeterli ve dengeli beslendiğinde biyokütleleri

3-4 ay içerisinde iki katına çıkabilir. Solucanların gelişimi ve biyokütle değişimleri tüketilen besinlerin büyüklüğüne göre farklılık gösterir [15].

Eisenia Fetida 'nın anatomisi Şekil 3.1.'de görülmektedir.



Şekil 3.1 *Eisenia fetida* anatomisi [8].

4. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Toprak solucanları, toprağın içerisindeki organik, çürüyebilen, bitki artıklarını parçalayarak toprağa karışmasını sağlar. Parçaladıkları besinlerin toprağın yüzeyine taşınması sırasında açtıkları galeriler sayesinde toprağın içerisindeki mineralizasyonun karışmasını, aynı zamanda toprağın havalanması ve su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Yapılan birçok çalışmada topraktaki solucan varlığının artmasıyla kimyasal gübre kullanımının azaldığı ve bu duruma bağlı çevresel etkilerin azaldığı gözlemlenmiştir [5].

Toprak solucanı bulunmayan topraklara solucan entegre edildiğinde, bitki çeşitliliğine artış sağlandığı, bitkilerin kök gelişiminin arttığı, kök hastalıklarında düşüş görüldüğü ve ürün rekoltesinde artış sağlandığı belirlenmiştir. Toprak solucanlarının tahıl gelişimini % 39, tohum rekoltesini % 35 ve tohumdaki azot içeriğini % 12 oranında artırdığını göstermektedir. Yeni Zelanda ve Avustralya gibi ülkelerde bazı toprak solucanı türleri üzerine yapılan çalışmalar, kirecin toprağa karışmasını ve toprağın pH'sının artırılmasını sağladığı görülmüştür [12].

Toprak solucanlarının en verimli olabildikleri optimum şartlar 0-35 C⁰ arası sıcaklık ve % 85 oranında nemin olduğu ortamlar olarak bilinmektedir. Bu optimum şartlar altında toprağın suyu filter kabiliyetini geliştirdiği, toprak kaymasını azalttığı, açtıkları galeriler ile hem toprağı havalandırarak oksijen seviyesini arttırdığı hemde toprağın alt katmanlarında bulunan minerallerin yüzeye taşınmasını, yüzeydeki atık ve kalıntıların uzaklaştırılmasını sağlar. Aynı zamanda mineral ve kalıntıları kompostlayarak bitkilerin temin edebileceği formlara dönüştürmesi ile verimliliği arttırmaktadır. Tahmini olarak bir toprak solucanının yıl boyu 36 ton toprağı işleyebildiği söylenmektedir [13].

Aritma çamuru uygulanan bir toprak ve dışkı örneklerinde toprak ve dışkıdaki bakır ve çinko değerlerinin ölçümü için 30 günlük deney uygulanmıştır. Deney sonucuna göre dışkıdaki toplam çinko ve bakır içeriklerinin kontrol topraklarına oranla büyük oranda fazla olduğu tespit edilmiştir [13].

Bir başka arıtma çamuru uygulaması yapılan araştırma da, solucan aktivitelerin topraktaki azot ve fosfor gibi kullanılabilir elementleri arttırdığı gözlenmiştir. Aynı çalışmada solucanların olduğu ve solucanların olmadığı arıtım ile organik madde ve azot içeriği karşılaştırması yapılmış ve sonuç olarak solucanların olduğu topraktaki arıtma çamurunun organik madde oranı, solucanların olmadığı topraktaki uygulamaya oranla daha az olduğu tespit edilmiştir. Neden olarak solucanlar ile birlikte bol miktarda mevcut olan bakteri ve mikropların arıtma çamurundaki organik madde işlenmesini hızlandırması tahmin edilmiştir [13].

Arıtma çamurunun kompostlanması sürecinde solucanlar ve enzim aktiviteleri gözlemlenmiştir. Toprak solucanları 24 saat boyunca toprakta bekletilmişlerdir. Solucan aktiviteleri sonucu nutrienlerin topraktan alınabilirliğinin arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda enzim aktiviteleri toprağa oranla dışkılarda daha fazla olduğu belirlenmiş, sebep olarak enzimlerin solucanların sindirim sisteminde parçalanmasından kaynaklanabileceği sonucuna ulaşılabilmektedir [13].

Kağıt endüstrisi arıtma çamurundan *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları kullanılarak ağır metallerin giderimi çalışmasında 60 günlük deney sonuçlarına göre Cd (%32-37), Cr (47,3-80,9), Cu (%68,8-88,4) ve Pb (%95,3-97,5) oranında azalma görülmüştür. Ayrıca azot, fosfor ve potasyum seviyelerinde artış görülmüştür [16].

Fındık zurufu arıtma çamuru ile oluşturulan kompostun içerisine enjekte edilen toprak solucanlarının 90 günlük deney çalışması sonunda en az toksisiteyi Pb'de gösterdikleri, Zn'nun komposttan toprak solucanlarının dokularına geçerek artış gösterdiği bu sayede Zn'nun *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları aracılığıyla ortamdaki uzaklaştırılabileceği öngörülmüştür [17].

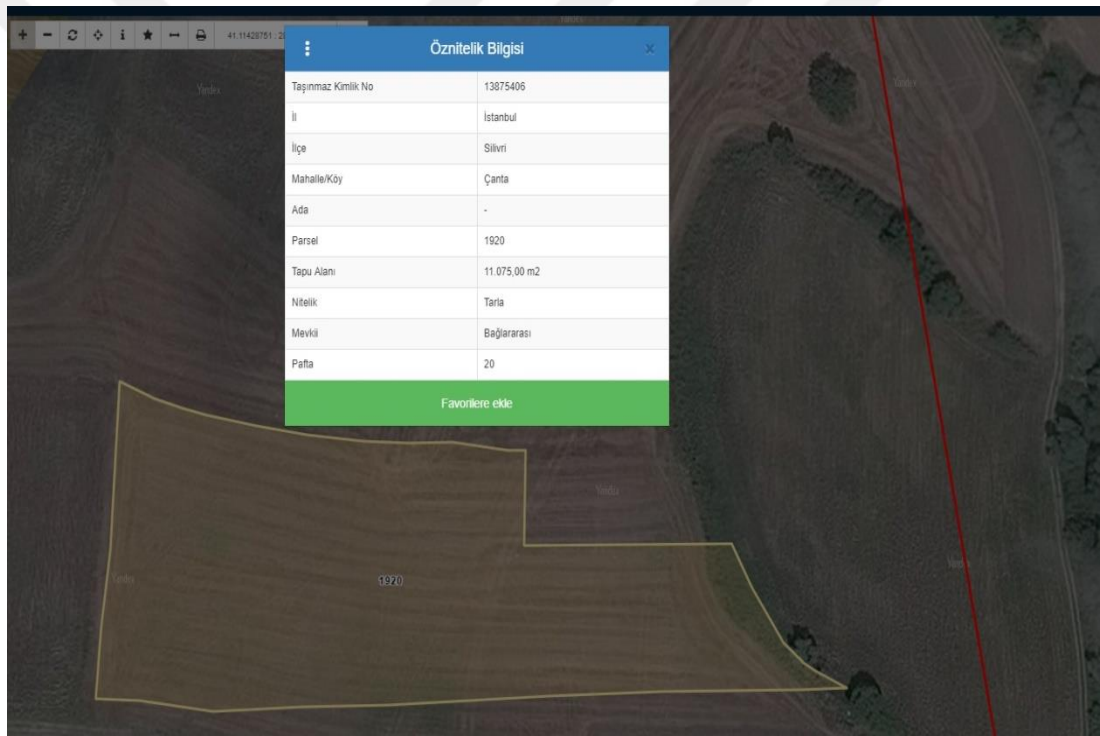
Yapılan bir başka çalışmada arıtma çamurunun *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı ile kompostlanma öncesi ve sonrası karşılaştırmasında su içeriğinin, pH'ının ve ortamdaki organik madde miktarının azaldığı, bakır, nikel, kadmiyum, kurşun ve çinko içeriğinin azaldığı görülmüştür [18].

5. MATERYAL VE METOD

5.1. Çalışmada Kullanılan Toprak Numunesine Ait Bilgiler

Numune 02 Aralık 2018 tarihinde 41,11426124 enlem, 28,09278667 boylam koordinatlarına sahip, İstanbul İli, Silivri İlçesi, Çanta Köy mevkiinden, 1920 parsel nolu, 11075 m2 toplam alana sahip arazi üzerinden alınmıştır.

Numunenin alındığı araziye ait bilgiler Şekil 5.1. 'de verilmiştir.



Şekil.5.1. Toprak numunesinin alındığı yere ilişkin bilgiler.

Toprak numunesi numune noktalarının yüzeydeki ilk 10 cm'lik toprağı sıyrılarak sonrasında dikine açılan V kanalın yan yüzeylerinden 5'er cm'lik sıyirmalar alınmıştır. Bu örnekleme işlemi toplam arazi sınırları içerisinde tarlanın bir ucundan diğer ucuna doğru zigzaglar çizilerek 10 ayrı noktadan alınan numunelerin belirli bir plastik kap içerisinde kompozit karıştırılması sonucu hazırlanmıştır.

Örnek numune noktası ve numune şekli Şekil 5.2.'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Toprak numunesinin alındığı numune noktası örneği

Daha sonra alınan bu numuneler içerisindeki taş vb. kaba maddelerden temizlenerek, içerisindeki nemin alınması için endüstriyel kurutma fırınında 120 C⁰'de 1 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan toprak numunesi bez bir torba içerisine konulmuştur. Numuneye ait etiket bilgileri iki ayrı kağıda yazılarak bir tanesi numune torbası içerisine diğeri numune torbası ile birlikte ilgili analizin yapılacağı laboratuvar görevlisine teslim edilmiştir. Alınan toprak numunesi ve kurutulmuş hali Şekil 5.3.'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Toprak numunesinin nemli ve kurutulduğu örnek

Alınan toprak numunesinin üzerindeki numuneye ait bilgiler şekil 5.4.'de verilmiştir. Numune etiketi 2 nüsha hazırlanıp bir nüshası torbanın içerisine konulmuştur.



Şekil 5.4. Toprak numunesine ait numune etiketi bilgileri

5.2. Solucan Girdisi Öncesi Toprak Numunesi Analiz Değerleri

Alınan numuneye ait arazide yaklaşık 10 yılı aşkın süredir kimyasal gübre kullanılmış ve hiç toprak analizi yapılmamıştır. Çiftçiler geçmişten gelen tecrübeler ve bilgilerle belirli dönemlerde toprağın ihtiyacını bilmeden gübreleme işlemi yapmışlardır. Son olarak 20/20 azotlu gübrenin kullanıldığı arazide bir önceki yıl buğday ve son olarak da ayçiçeği bitkisi yetiştirilmiştir. Solucan girdisi öncesi yapılan toprak analiz değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Solucan girdisi öncesi toprak numunesi ve analiz değerleri

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Solucan Girdisi Öncesi Ölçülen Değer	Sonuç	Referans Değer
pH (Toprak)	TS 8332 ISO 10390	-	6,96	Nötr	7,5-8,5
Elektriksel iletkenlik	TS 8334	Mmhos/cm	7,53	Hafif Tuzlu	8-15
Tuz	TS 8334	%	0,461	Orta Tuzlu	0,35-0,65
Kireç (CaCO ₃)	TS EN ISO 10693	%	6,06	Orta Kireçli	1-5
Organik Madde	TS 8336	%	0,758	Çok Az	1-2
Saturasyon (Suyla Doygunluk)	TS 8333	%	95,7	Killi	71-110
P ₂ O ₅	TS 8340	Kg/da	0	Çok Az	3-6
K ₂ O	TS 8341	Kg/da	111,83	Yüksek	>40

5.3. Solucan Aktivitesi Deney Düzenine Hazırlanması

Hazırlanan deney ortamında iki adet şeffaf konik biçiminde plastik kap seçilmiştir. Bu kaplardan içerisine toprak numunesi ve solucanların konulacağı olanın tabanında 0,3 mm çapında delikler açılmıştır. Bu delikler toprağın nemlendirilmesi esnasında fazla suyun süzülerek içerisine geçirildiği kabın içerisinde birikmesini sağlamaktadır. İçteki kap içerisine solucanların buldukları kaptan dışarıya çıkışını engellemek ve aynı zamanda süzülen suyu filtrelemek amacıyla pamuklu ince bir bez serilmiştir. Bezin üzerine solucanların bulunduğu kabın içerisindeki oksijen ihtiyacını sağlayabilmek için 10 cm genişlikte bir hava taşı konulmuş ve bu hava taşı 50 Hz. 6 watts güce sahip bir hava motoruna bağlanmıştır. Sonrasında deney süreci boyunca 1 sa/gün hava motoru çalıştırılmış toplamda 60 saat ortama hava vermiştir. İçteki

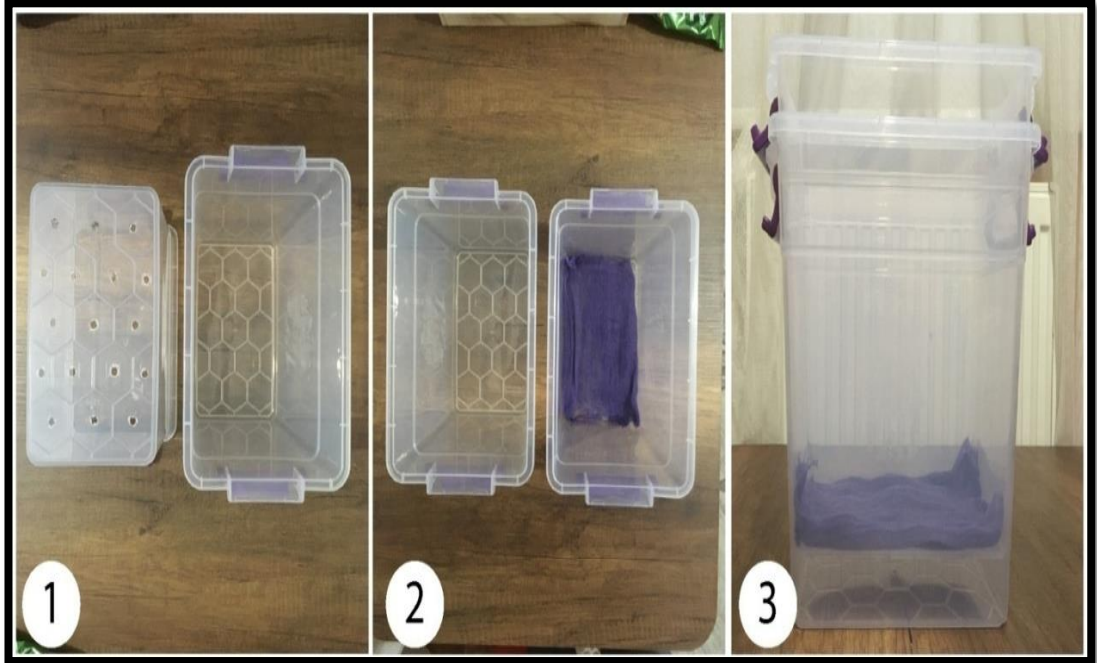
kap diğ erinin içerisine geçirilmiş ve sonrasında içi su dolu bir akvaryum içerisine konulmuştur. Akvaryum içerisinde bir ısıtıcı vasıtasıyla su ortamı ısıtılmış, bu sayede deney ortamının sıcaklığının belirli bir seviyede tutulması hedeflenmiştir.

Değ erler su ortamına konulan bir termometre ile günlük kayıt edilmiştir. Analizi yapılan toprak numunesi içerisine *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarından 500 adet entegre edilmiştir.

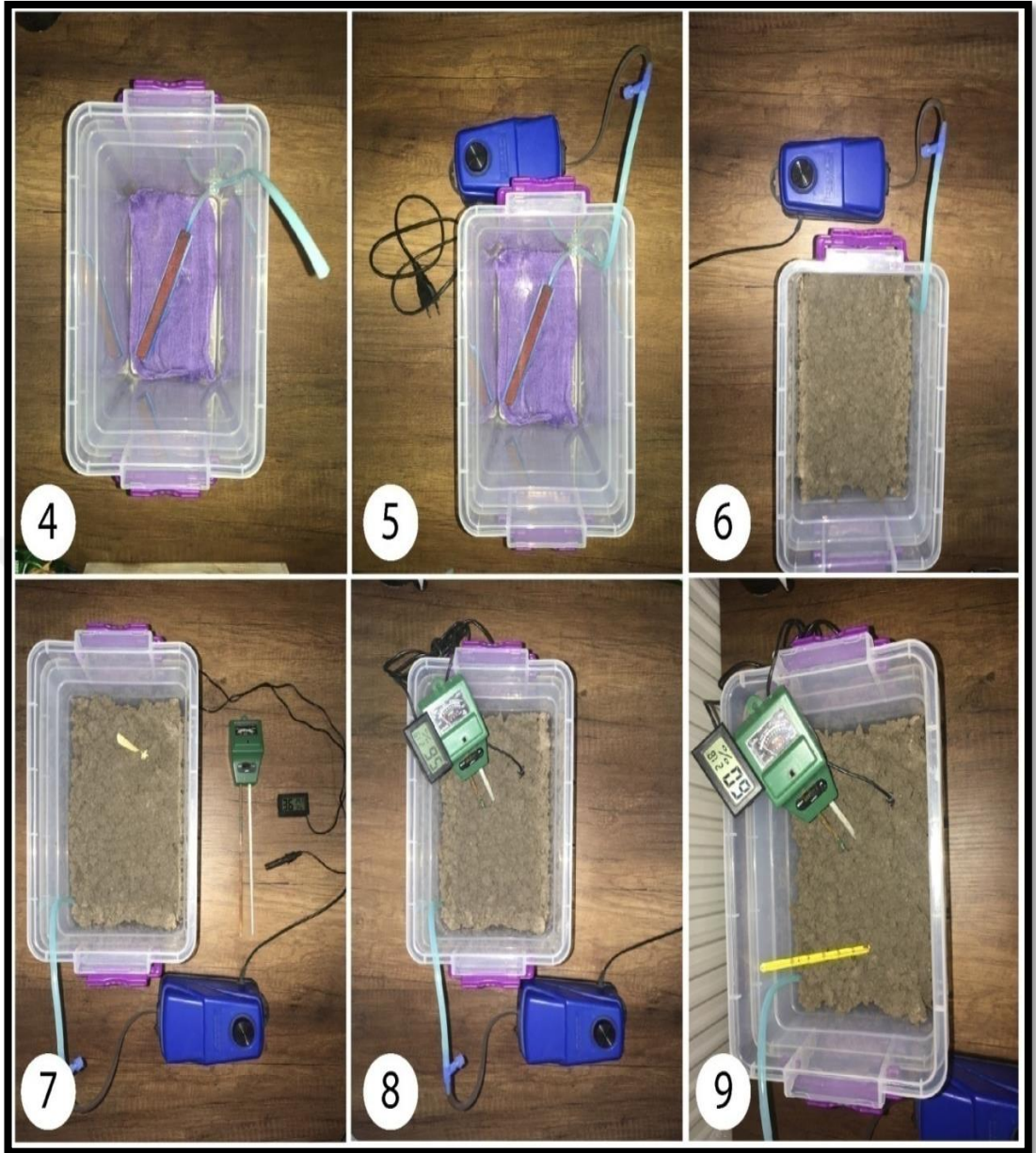
5.4. *Eisenia Fetida* Türü Toprak Solucanlarının Hazırlanması

Ortalama ağırlığı 0,20804 gr olan 500 adet *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı seçilerek hassas terazi ile tartılmıştır. Tartım sonucuna göre maksimum ağırlık 0,71 gr, minimum ağırlık 0,03 gr olarak ölçülmüştür. Toplam popülasyon ağırlığı 104,02 gr olarak belirlenmiştir.

Popülasyon sayım ve tartım işlemi sonrasında *Eisenia Fetida* türü toprak solucanları deney düzeneği içerisine yerleştirilmiş, deney öncesi analizi yapılmış toprak içerisine entegre edilmiştir. Deney düzeneğinin hazırlanma aşamaları şekil 5.5’de verilmiştir.



şekil 5.5. Deney düzeneği hazırlanma aşamaları



Şekil 5.5. Deney düzeneği hazırlanma aşamaları (devamı)

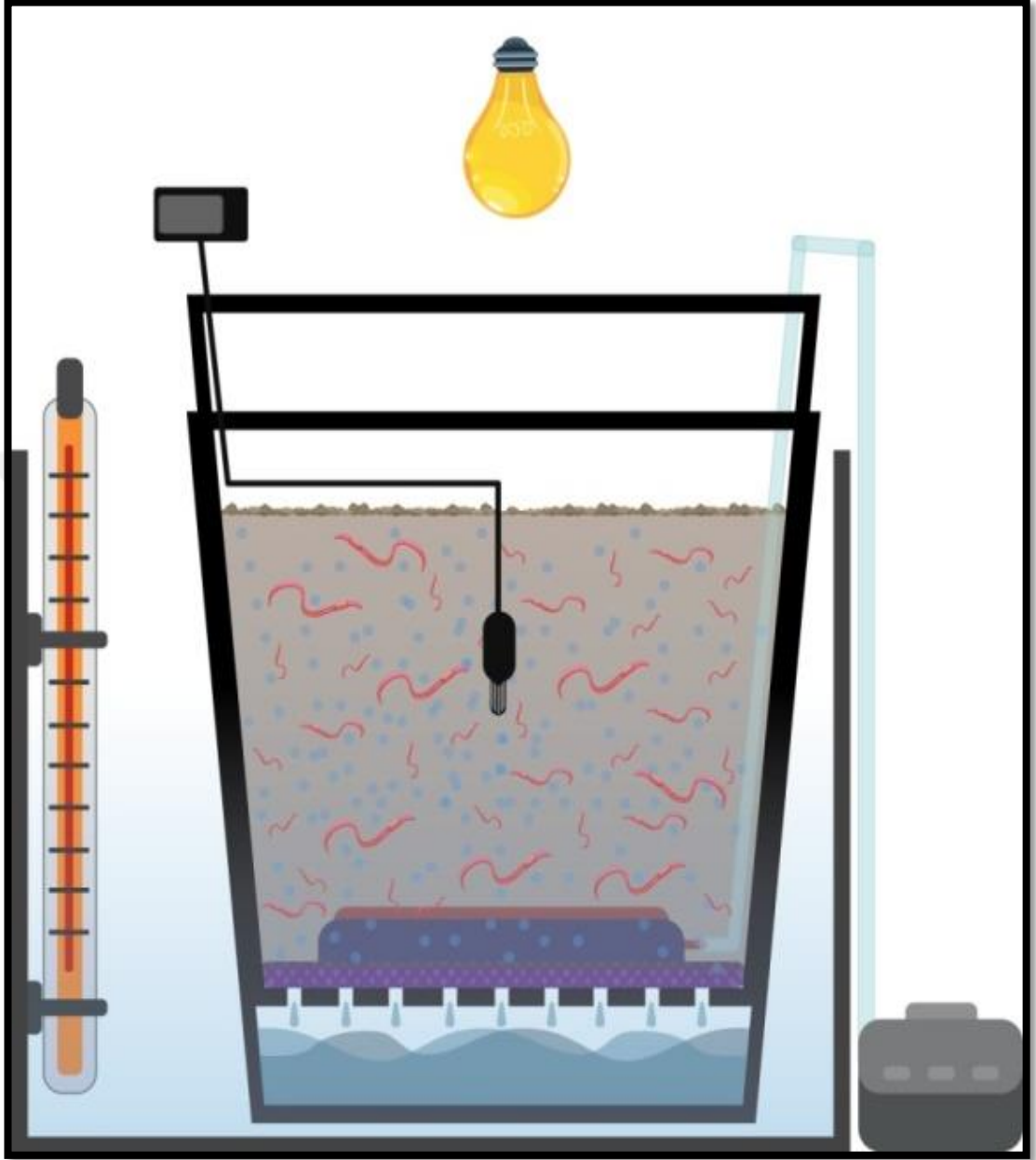
Toprağın içerisine sıcaklık ve nem seviyelerinin tespiti için dijital bir sıcaklık ve nem ölçer yerleştirilmiştir. Deney süresi boyunca sabah ve akşam toprak sıcaklığı ve nemi ile dış ortam diye adlandırdığımız sucul ortamın sıcaklığı ölçülmüştür. Deney düzeneği solucanların analizi yapılan toprak içerisine herhangi bir besin maddesi ilave edilmemesi, bu sebeple besin arayışı içerisine girerek bulunduğu ortamı terk etmesini önlemek için solucanların ışığa olan duyarlılıklarını varsayarak 9 Watt'lık beyaz led ampul ile desteklenmiştir. Gündüzleri 12 saat gün ışığından faydalanan ortam geceleri 12 saat boyunca yapay olarak aydınlatılmıştır.

Deney düzeneğine entegre edilecek solucanların hazırlanması Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Deney Düzeneğine entegre edilecek solucanların hazırlanması

Deney düzeneğinin şematik hali Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Deney düzeneğinin şematik hali

Solucanlar için optimum ortam şartlarının sağlanması amacıyla deney ortamının nemini % 60-70 aralığında tutabilmek için günlük 200 ml su, toprak yüzeyine püskürtülmüş ve toprağın içerisinde süzülerek alt katmanlarında nemli kalmasının sağlanması hedeflenmiştir. Süzülerek içteki kabın tabanındaki deliklerden dıştaki kabın içerisinde biriken su, haftalık olarak boşaltılmış ve içerisinde kaçma ihtimali olan solucanlar kontrol edilmiştir.

60 günlük deney sürecinde günlük deney kabı ölçümleri yapılarak 1. ay deney kabı sabah ortalama sıcaklık 25,2 C⁰, ortalama nem % 64,03, akşam ortalama sıcaklık 25,46 C⁰, ortalama nem % 66,23 ve dış ortam sabah ortalama sıcaklık 20,36 C⁰, akşam ortalama sıcaklık 20,26 C⁰ ölçülmüştür.

2. ay deney kabı sabah ortalama sıcaklık 26,16 C⁰, ortalama nem % 66,43, akşam ortalama sıcaklık 26,53 C⁰, ortalama nem % 66,93 ve dış ortam sabah ortalama sıcaklık 24,16 C⁰, akşam ortalama sıcaklık 24,26 C⁰ ölçülmüştür.

5.5. 60 Günlük Deney Sonunda *Eisenia Fetida* Popülasyon Analizi

60 günlük deney süreci sonrasında topraktan ayrıştırılan *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonu hassas terazi ile tartılarak popülasyon ağırlığı ve popülasyon miktarındaki değişimi belirleyebilmek için sayım yapılmıştır.

Yapılan sayım ve tartım sonuçlarına göre 60 günün sonunda ortalama ağırlığı 0,1358 gr olan 492 adet *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonunda maksimum ağırlık 0,8 gr minimum ağırlık 0,01 gr olarak ölçülmüştür.

5.6. Solucan Girdisi Sonrası Toprak Numunesi Analiz Değerleri

Deney süreci sonunda solucanlardan ayıklanan toprak numunesi 2 eşit parçaya ayrılmıştır. 2 kg'a yakın bir miktar toprak numune torbasına konularak tekrar etiketlenmiş ve analizi yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiştir. Ayrılan diğer kısım toprak bitki yetiştirmek amacıyla değerlendirilmiştir. Solucan girdisi sonrası yapılan toprak analiz değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

5.7. Bitki Aktivitesi Deney Düzeninin Hazırlanması

Solucan aktivitesi ile işlenmiş toprak ve solucanların girmedığı başlangıç toprağı analizleri sonrasında iki ayrı plastik saksı içerisine konulmuştur. Saksılardan başlangıç analizi yapılan toprak Analiz-1 olarak, solucanların aktivitesi sonrası işlenmiş toprak Analiz-2 olarak adlandırılmıştır ve ilgili saksıların üzerine işaretlenmiştir.

Tablo 5.2. Solucan girdisi sonrası toprak numunesi ve analiz değerleri

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Solucan Girdisi Sonrası Ölçülen Değer	Sonuç	Referans Değer
pH (Toprak)	TS 8332 ISO 10390	-	8,01	Hafif Alkali	7,5-8,5
Elektriksel iletkenlik	TS 8334	Mmhos/cm	10,33	Orta Derecede Tuzlu	8-15
Tuz	TS 8334	%	0,625	Orta Derecede Tuzlu	0,35-0,65
Kireç (CaCO ₃)	TS EN ISO 10693	%	4,71	Kireçli	1-5
Organik Madde	TS 8336	%	1,385	Az	1-2
Saturasyon (Suyla Doygunluk)	TS 8333	%	94,6	Killi	71-110
P ₂ O ₅	TS 8340	Kg/da	5,04	Az	3-6
K ₂ O	TS 8341	Kg/da	123,51	Yüksek	>40

Daha sonra domates ve salatalık tohumları her saksıya bir domates ve bir salatalık tohumu gelecek şekilde Analiz-1 ve Analiz-2 saksısına 1-3 cm derinlikte eşit miktarda ekilmiştir. Tohum dikilen analiz-1 ve analiz-2 saksıları 15 Haziran 2019 – 15 Eylül 2019 tarihleri arasında balkonda bekletilmiştir. Gün içerisinde saat 14:00'a kadar direkt güneş ışığı alabilen saksılara günlük olarak bir su bardağı 250 ml su ilave edilmiştir. Tohum ekim tarihi 15 Haziran 2019 tarihinden itibaren haftalık olarak bitki gelişimleri takip edilmiş ve dijital kumpas ile gövde kalınlığı, yaprak genişliği ve belirli bir yüksekliğe kadar boy ölçümü gerçekleştirilmiştir. İlerleyen dönemlerdeki boy artışından ve yaprak gelişiminden dolayı kumpas yerine şerit metre kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

90 günlük bitki aktivitesi deneyi sonrasında Analiz-1 ve Analiz-2 saksılarında yer alan topraklar içerisindeki bitkiler söküldükten sonra tekrar analizi yapılmak üzere laboratuara verilmiştir. Bu süreçteki amaç Solucan aktivitesi öncesindeki toprağın ve solucan aktivitesi sonrasındaki toprağın bitki gelişimine olan etkisinin araştırılması ve bitkilerin bu topraklardan gerekli maddeleri ne kadar temin edebildiğinin araştırılmasıdır. Bitki aktivitesi ile ilgili deney sonuçları bölüm 6.2.'de verilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Solucan Aktivitesi Deney Sonuçları

Tablo verilerine göre başlangıçta 500 adet *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonunda maksimum ağırlığı 0,71 gr olan solucan ağırlığı, 60 günlük deney süreci sonunda maksimum 0,8 gr ağırlığa yükselmiştir. En küçük solucanın ağırlığı başlangıç tartımında 0,03 gr iken 60 günlük deney süreci sonunda 0,03 gr olan 2 adet, 0,02 gr olan 8 adet ve 0,01 gr olan 33 adet toplamda başlangıç verilerine göre 43 adet yeni solucan yavrusunun türediği görülmüştür.

Buna göre toprakta solucanların beslenme, gelişme ve üreme faaliyetlerinin devam ettiği görülmüştür.

Ayrıca başlangıç verilerine göre 0,03 gr ağırlıktan büyük olan 69 adet solucanın öldüğü görülmüştür. 60 günlük deney süreci sonunda popülasyonun toplam nüfusu 500 adetten 492 adete düşmüştür.

Aynı zamanda başlangıç popülasyon ağırlığı 104,2 gr iken 60 günlük deney süreci sonunda 66,84 gr.'a düşmüştür. Toplamda popülasyon canlı sayısı 8 adet gerilerken, toplam popülasyon ağırlığı 37,36 gr azalmıştır. Solucan aktivitesi öncesi ve sonrası toprak analiz değerleri Tablo 6.1.'de verilmiştir.

Tablodaki sonuçlara bakıldığında *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının 60 günlük deney süreci sonunda topraktaki kireç miktarı % 6,06'dan % 4,71'e düşmüştür.

Bu düşüş ile toprağın tuzluluğu % 0,461'den % 0,625'e yükselmiş ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği 7,53 mmhos/cm'den 10,33 mmhos/cm'ye yükselmiştir. Bu değişim su tutma kapasitesi düşürür.

Tablo 6.1. Aktivite öncesi ve sonrası toprak analiz değerleri

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Solucanın Girdisi Öncesi Ölçülen Değer	Sonuç	Solucanın Girdisi Sonrası Ölçülen Değer	Sonuç	Referans Değer
pH (Toprak)	TS 8332 ISO 10390	-	6,96	Nötr	8,01	Hafif Alkali	7,5-8,5
EC (Elektriksel iletkenlik)	TS 8334	Mmhos/cm	7,53	Hafif Tuzlu	10,33	Orta Derecede Tuzlu	8-15
Tuz	TS 8334	%	0,461	Orta Derecede Tuzlu	0,625	Orta Derecede Tuzlu	0,35-0,65
Kireç (CaCO ₃)	TS EN ISO 10693	%	6,06	Orta Kireçli	4,71	Kireçli	1-5
Organik Madde	TS 8336	%	0,758	Çok Az	1,385	Az	1-2
Saturasyon (Suyla Doygunluk)	TS 8333	%	95,7	Killi	94,6	Killi	71-110
P ₂ O ₅	TS 8340	Kg/da	0	Çok Az	5,04	Az	3-6
K ₂ O	TS 8341	Kg/da	111,83	Yüksek	123,51	Yüksek	>40

Aynı zamanda başlangıçta 0 olan fosfor 5,04 Kg/da'a yükselmiştir. Bitkilerin ATP ve nükleik asitlerin oluşumunda fosfora ihtiyaçları vardır. Bitkilerin DNA'sının oluşumunda önemli rol oynar. Hücrelerin bölünmesinde ve ürün oluşumunda etkili bir rolü vardır. Eksikliğinde büyüme olgunlaşma, yaprak sayısı ve gelişimi azalır. 111,83 Kg/da olan potasyum 123,51 Kg/da'ya yükselmiştir. Potasyumun eksikliğinde bitkilerde turgor basıncı düşer bu sebeple bitkinin soğuk, kuraklık ve don gibi etkenlere karşı direnci azalır. Bu artışın toprağın pH'sını da arttırdığı

düşünüldüğünden 6,96'dan 8,01'e yükseltmiştir. pH'nın artışı topraktaki Fe,Mn,Zn gibi iz elementlerin hareket kabiliyetini azaltır. Toprağın suya doygunluğu % 95,7'den % 94,6'ya düşmüştür. Toprağın başlangıç analizine göre organik madde miktarı % 0,758'den % 1,385'e yükselmiştir.

Solucan girdisi öncesi ve sonrası duruma göre başlangıçta 500 adet olan *Eisenia Fetida* türü toprak solucanı popülasyonu deney süreci sonunda 492 adet olarak sayılmıştır. Başlangıç popülasyonuna göre 8 adet solucanın azaldığı görülse de, başlangıçta 0,03 gr olan en küçük bireyin ağırlığı, 0,03 gr.'dan daha düşük olan 0,01 gr 33 adet, 0,02 gr 8 adet ve 0,03 gr 2 adet olmak üzere toplamda 43 adet yeni bireyin doğduğunu göstermektedir.

Öte yandan 0,03 gr.'dan büyük olan popülasyon sayısında 69 adet bireyin azaldığı gözlemlenmiştir. Popülasyon içerisindeki en büyük ağırlık 0,8 gr olarak ölçülmüştür. Başlangıç verilerine göre değerlendirildiğine % 8,6 doğum oranı ve % 13,8 ölüm oranı gözlemlenmiştir.

6.2. Bitki Aktivitesi Deney Sonuçları

6.2.1. Domates bitkisi gelişimi ve grafikleri

Domates bitkisinin kimyasal gübre kullanılmış toprakta ve bu toprağın solucan aktiviteleri sonrası analizi yapılmış toprakta yetiştirilmesi hedeflenmiştir. Solucan girdisi öncesinde analizi yapılmış ilk toprak numunesi Analiz-1 olarak, solucan aktivitesi sonra analizi yapılmış toprak numunesi Analiz-2 olarak adlandırılmıştır.

Her iki toprak Plastik bir saksı içerisine yerleştirilmiş ve içerisine aynı tip ve özellikteki domates tohumları toprağın yüzeyden 1-3 cm derinliğe gelecek şekilde ekilmiştir. Daha sonra tohumun yüzeyi toprak ile örtülerek 90 günlük deney süreci izlenmiştir.

Bu süreçte tohumlardaki gelişimin izlenmesi ve sonrasında karşılaştırılması hedeflenmiştir.

6.2.1.1. Analiz-1 domates bitkisi gelişimi

Eisenia Fetida aktivitesi öncesi toprağa dikilen domates bitkisi gelişimi Tablo 6.2'de verilmiştir.

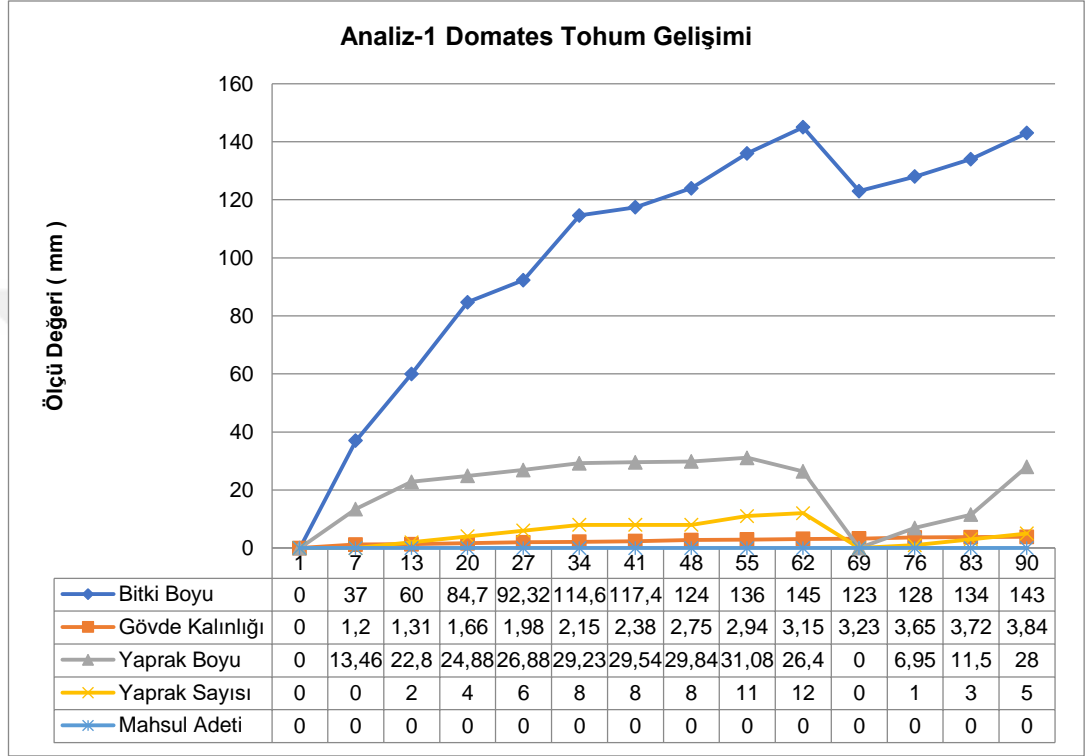
Tablo 6.2. Aktivite öncesi toprağa dikilen domates bitkisi gelişimi

GÜN	Bitki Boyu	Gövde Kalınlığı	Yaprak Boyu	Yaprak Sayısı	Mahsul Adeti
1	0	0	0	0	0
7	37	1,2	13,46	0	0
13	60	1,31	22,8	2	0
20	84,7	1,66	24,88	4	0
27	92,32	1,98	26,88	6	0
34	114,59	2,15	29,23	8	0
41	117,43	2,38	29,54	8	0
48	124	2,75	29,84	8	0
55	136	2,94	31,08	11	0
62	145	3,15	26,4	12	0
69	123	3,23	0	0	0
76	128	3,65	6,95	1	0
83	134	3,72	11,5	3	0
90	143	3,84	28	5	0

15 Haziran 2019 tarihinde tohum dikimi gerçekleştirilen analiz-1 kabında, bitki boyu 145 mm, bitki gövde kalınlığı 3,84 mm, bitki yaprak boyu 31,08 mm ve yaprak sayısı 12 adete kadar yükselmiştir. Bu 90 günlük süreç boyunca analiz-1 kabında herhangi bir mahsul gelişimi görülmemiştir. 12 haftalık yetiştirme süreci Şekil 6.2.'de verilmiştir.

Analiz-1 tablosundaki verilere göre domates bitkisinin tohum gelişim grafiği Şekil 6.1.'de verilmiştir.

Tablodaki verilere baktığımızda bitki boyu 1. , 7. , 13. ve 20. günlerde hızlı bir yükseliş grafiği oluştururken, 27. ve 62. günler arasında başlangıca göre daha yavaş bir büyüme eğrisi oluşturmuştur. 62. ve 69. günler arasında bitki uç kısmı kuruyarak boy kısmında gerileme görülmüştür. 69. ve 90. günler aralığında ise 62. gündeki boy uzunluğuna ulaşabilmiştir.



Şekil 6.1. Analiz-1 domates tohum gelişimi

Bitki gövde kalınlığı düzenli bir ivmeyle artarken 90. gün sonunda 3,84 mm. 'ye ulaşmıştır. Bitki yaprak boyu en büyük yaprağın ölçümüne göre belirlenmiştir. 1. ve 55. günler aralığında 31.mm ye kadar yükselen yaprak boyu 55. günde kuruyup düzen en büyük yaprak yerine bir sonraki en büyük yaprağın büyüklüğü 62. günde ölçülerek 26,4 olarak ölçülmüştür. 69. günde ise tüm yapraklar döküldüğü için yaprak boy değeri sıfır olarak ölçülmüştür. 69. günden deney süreci sonuna kadar büyüyen en büyük yaprağın boy değeri 28 mm ye ulaşmıştır. Analiz-1'de ilk 7 gün her hangi bir yaprak oluşumu gözlenmezken, 13. günde 2 yaprak ile başlayan süreç 34. güne kadar her hafta 2'şer yaprak artarak toplamda 8 adete kadar ulaşmıştır. 48. güne yaprak sayısı değişmezken 62. Günde toplamda 12 yaprak tespit edilmiştir. 69. günde ise yapraklar kuruyup dökülerek sıfır adet yaprak tespit edilmiştir. Sonrasında deney süreci sonuna 5 adet yaprak oluşumu gözlenmiştir. Tüm bu süreçler içerisinde herhangi bir mahsul oluşumu görülmemiştir.



Şekil 6.2. Aktivite öncesi dikilen domates ve salatalık bitkisinin gelişimi

6.2.1.2. Analiz-2 domates bitkisi gelişimi

Aktivite sonrası toprağa dikilen domates bitkisi gelişimi Tablo 6.3.'de grafiği Şekil 6.3.'de verilmiştir.

Tablo 6.3. Aktivite sonrası toprağa dikilen domates bitkisi gelişimi

GÜN	Bitki Boyu	Gövde Kalınlığı	Yaprak Boyu	Yaprak Sayısı	Mahsul Adeti
1	0	0	0	0	0
7	29	1,24	12	0	0
13	55	1,26	22,4	2	0
20	96	2,01	34,77	8	0
27	131,41	2,37	38,6	8	0
34	170,7	3,48	45,66	11	0
41	310,4	3,62	45,73	18	0
48	265	3,89	45,94	23	0
55	277	3,95	47,8	25	0
62	310	4,5	49	23	0
69	335	4,58	50,12	36	0
76	350	4,65	54	42	0
83	365	5,12	57	45	0
90	378	5,5	61	49	0

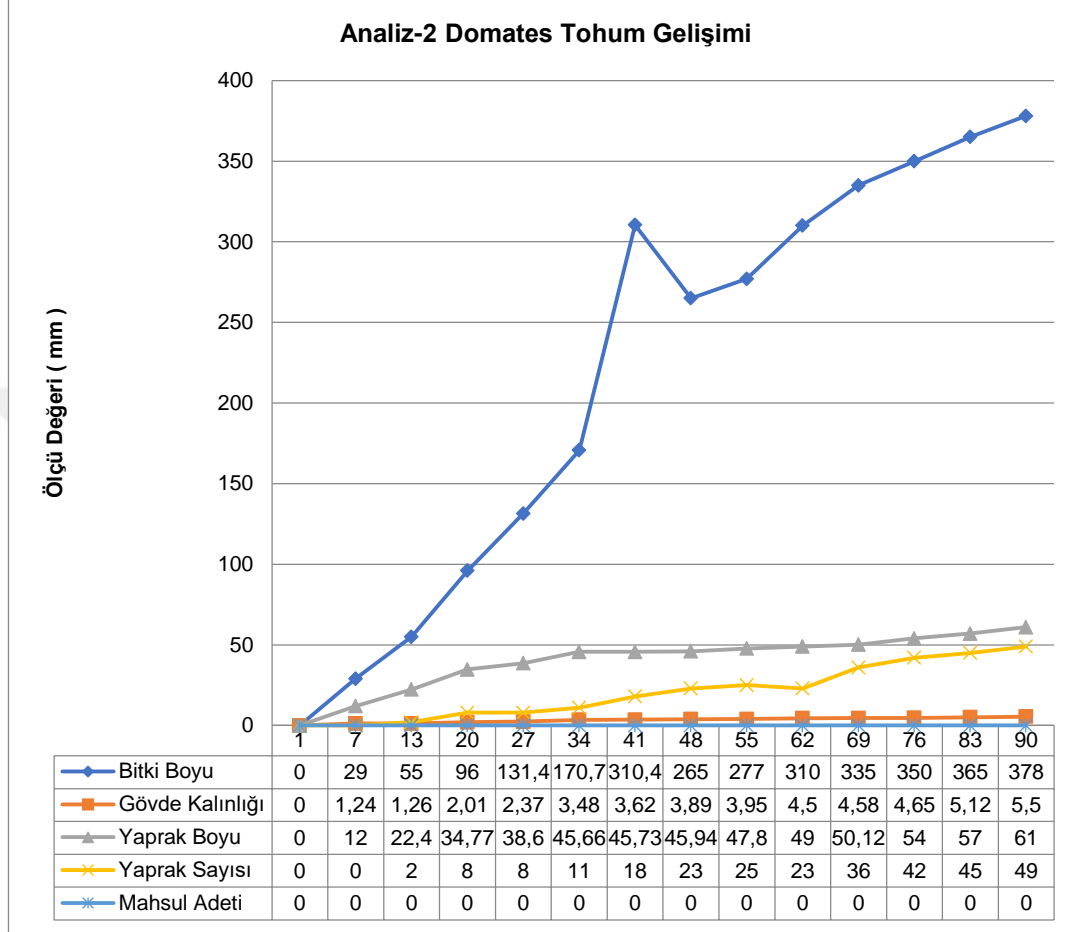
15 Haziran 2019 tarihinde tohum dikimi gerçekleştirilen analiz-2 kabında, bitki boyu 378 mm, bitki gövde kalınlığı 5,5 mm, bitki yaprak boyu 61 mm ve yaprak sayısı 49 adete kadar yükselmiştir. Bu 90 günlük süreç boyunca analiz-2 kabında herhangi bir mahsul gelişimi görülmemiştir. 12 haftalık yetiştirme süreci Şekil 12.'de verilmiştir.

Tablodaki verilere baktığımızda bitki boyu 1. , 7. , 13. ve 20. günlerde hızlı bir yükseliş grafiği oluştururken, 27. ve 62. günler arasında başlangıca göre daha yavaş bir büyüme eğrisi oluşturmuştur. 62. ve 69. günler arasında bitki uç kısmı kuruyarak boy kısmında gerileme görülmüştür. 69. ve 90. günler aralığında ise 62. gündeki boy uzunluğuna ulaşabilmiştir.

Bitki gövde kalınlığı düzenli bir ivmeyle artarken 90. gün sonunda 3,84 mm. 'ye ulaşmıştır.

Bitki yaprak boyu en büyük yaprağın ölçümüne göre belirlenmiştir. 1. ve 55. günler aralığında 31.mm ye kadar yükselen yaprak boyu 55. Günde kuruyup düzen en büyük yaprak yerine bir sonraki en büyük yaprağın büyüklüğü 62. günde ölçülerek 26,4 olarak ölçülmüştür. 69. günde ise tüm yapraklar döküldüğü için yaprak boy değeri sıfır olarak ölçülmüştür. 69. günden deney süreci sonuna kadar büyüyen en büyük yaprağın boy değeri 28 mm ye ulaşmıştır.

Analiz-1'de ilk 7 gün her hangi bir yaprak oluşumu gözlenmezken, 13. günde 2 yaprak ile başlayan süreç 34. güne kadar her hafta 2'şer yaprak artarak toplamda 8 adete kadar ulaşmıştır.



Şekil 6.3. Analiz-2 domates tohum gelişimi

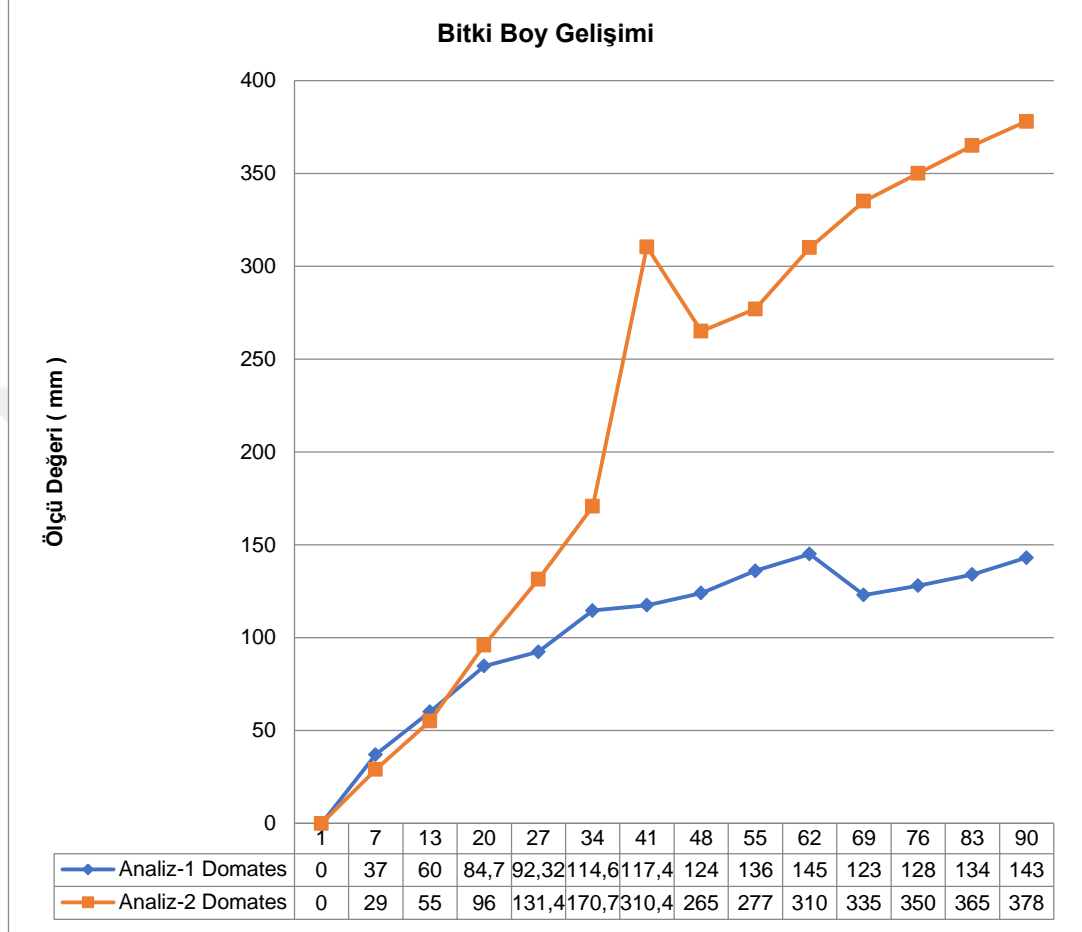
48. güne yaprak sayısı değişmezken 62. günde toplamda 12 yaprak tespit edilmiştir. 69. günde ise yapraklar kuruyup dökülerek sıfır adet yaprak tespit edilmiştir.

Sonrasında deney süreci sonuna 5 adet yaprak oluşumu gözlenmiştir. Tüm bu süreçler içerisinde herhangi bir mahsul oluşumu görülmemiştir.

6.2.1.3. Analiz-1 ve analiz-2 domates bitkisi gelişim kıyası

Tablodaki verilere göre analiz 1 domates bitkisi ile analiz 2 domates bitkisi boy gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. analiz-1 ve analiz-2 domates bitkisi boy gelişimi grafiği Şekil 6.4.'de verilmiştir.

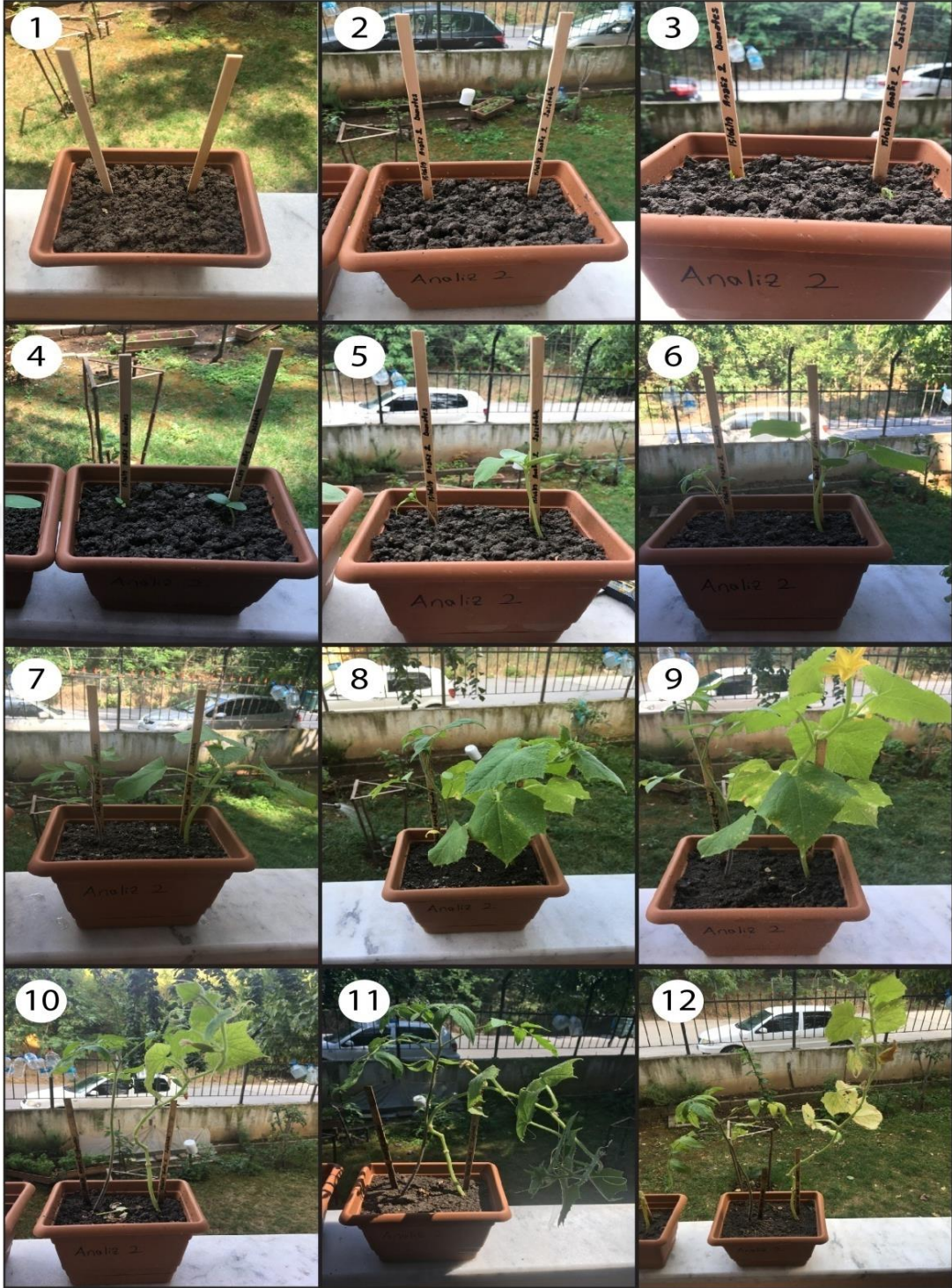
Analiz-1 de dikili olan domates tohumu 13. güne kadar analiz-2 de dikili olan domates tohumuna oranla hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. Fakat 20. günden sonra analiz-2 de dikili olan domates bitkisi daha hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir.



Şekil 6.4. Analiz-1 ve analiz-2 domates bitkisi boy gelişimi grafiği

34. ve 41. günler arası analiz-2 de dikili olan domates bitkisi yaklaşık 2,5 kat hızlı büyüme gerçekleştirmiştir. 41. ve 48. günler arasında analiz-2 de dikili olan domates bitkisi uç kısmının kurumamasından dolayı bir miktar boy kaybı yaşamıştır. Fakat sonrasında 265 mm iken 90. gün sonunda 378 mm'ye kadar ulaşmıştır. Bu süreç içerisinde Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi ise 90. gün sonunda 143 mm'ye ulaşabilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen domates tohumu, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen domates tohumuna oranla daha fazla bir boy gelişimi göstermiştir.

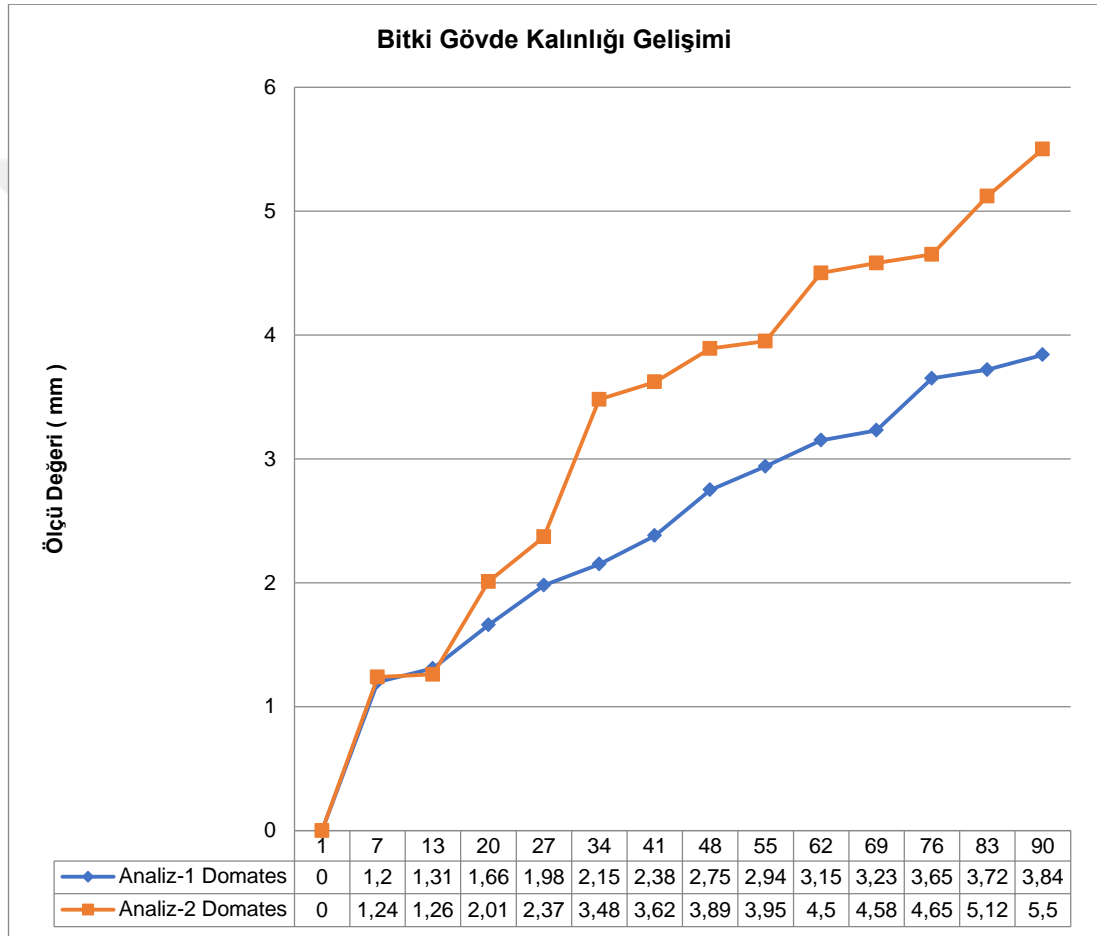


Şekil 6.5. Aktivite sonrası dikilen domates ve salatalık bitkisinin gelişimi

Tablodaki verilere göre Analiz 1 domates bitkisi ile Analiz 2 domates bitkisi gövde kalınlığı gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 domates bitkisi gövde kalınlığı gelişimi grafiği Şekil 6.6.'da verilmiştir.

Analiz-1 de dikili olan domates tohumu 13. güne kadar analiz-2 de dikili olan domates tohumuna oranla hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir.

13. gün de Analiz-1 de dikili olan domates tohumu 1,31 mm ye ulaşırken, analiz-2 de dikili olan domates tohumunun gövdesi 1,26 mm'ye ulaşabilmiştir. Fakat 20. günden sonra analiz-2 de dikili olan domates bitkisi daha hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. 27. ve 37. günler arası analiz-2 de dikili olan domates bitkisi yaklaşık 0,1 kat hızlı büyüme gerçekleştirmiştir.

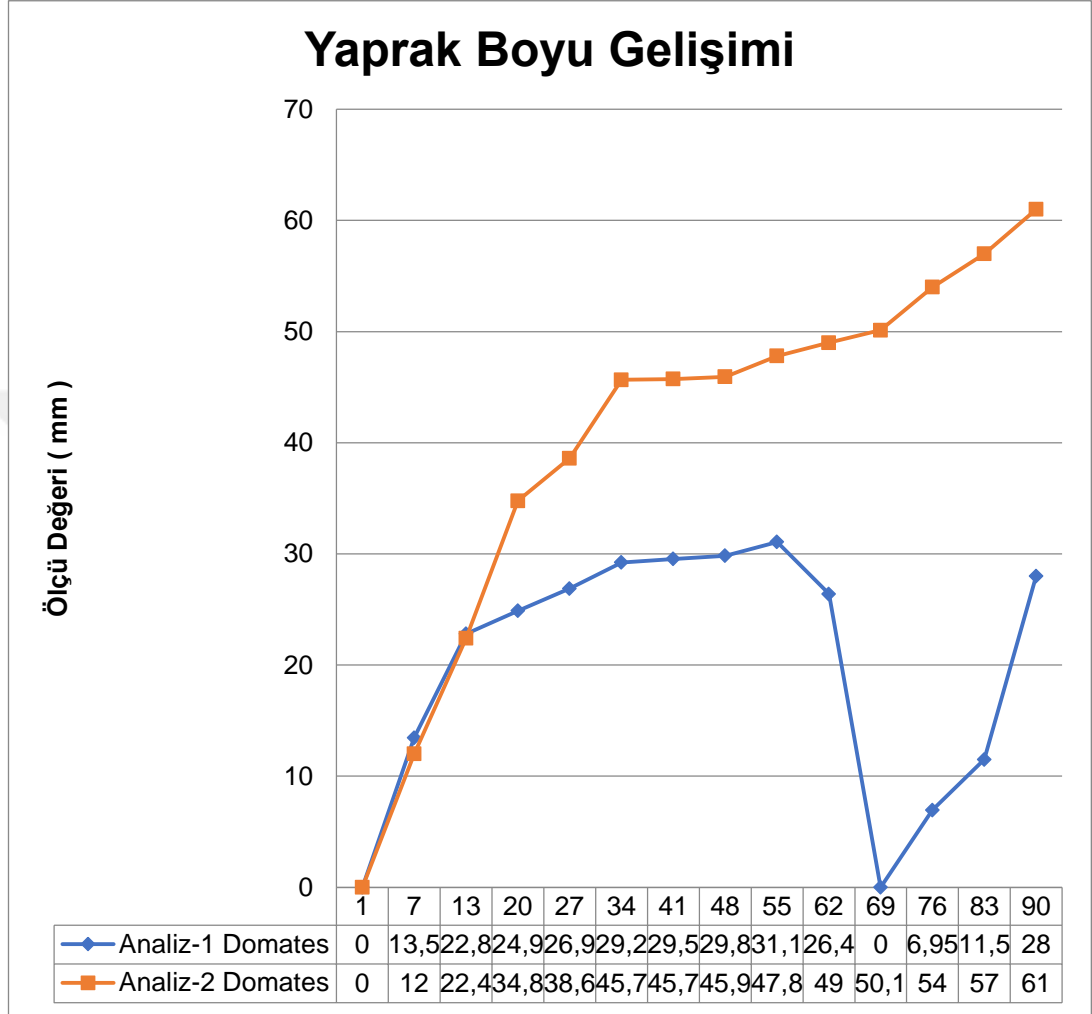


Şekil 6.6. Analiz-1 domates bitkisi gövde kalınlığı gelişimi

90. gün Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi 3,84 mm kalınlığa ulaşırken, analiz-2 de dikili olan domates tohumu 90. gün sonunda 5,5 mm'ye ulaşabilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen domates tohumu, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen domates tohumuna oranla daha fazla bir gövde kalınlığına ulaşarak analiz-1 de dikili olan domates bitkisine oranla %43 daha fazla gelişim göstermiştir.

Tablodaki verilere göre Analiz 1 domates bitkisi ile Analiz 2 domates bitkisi yaprak boyu gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 domates bitkisi yaprak boyu gelişimi grafiği Şekil 6.7.'de verilmiştir.

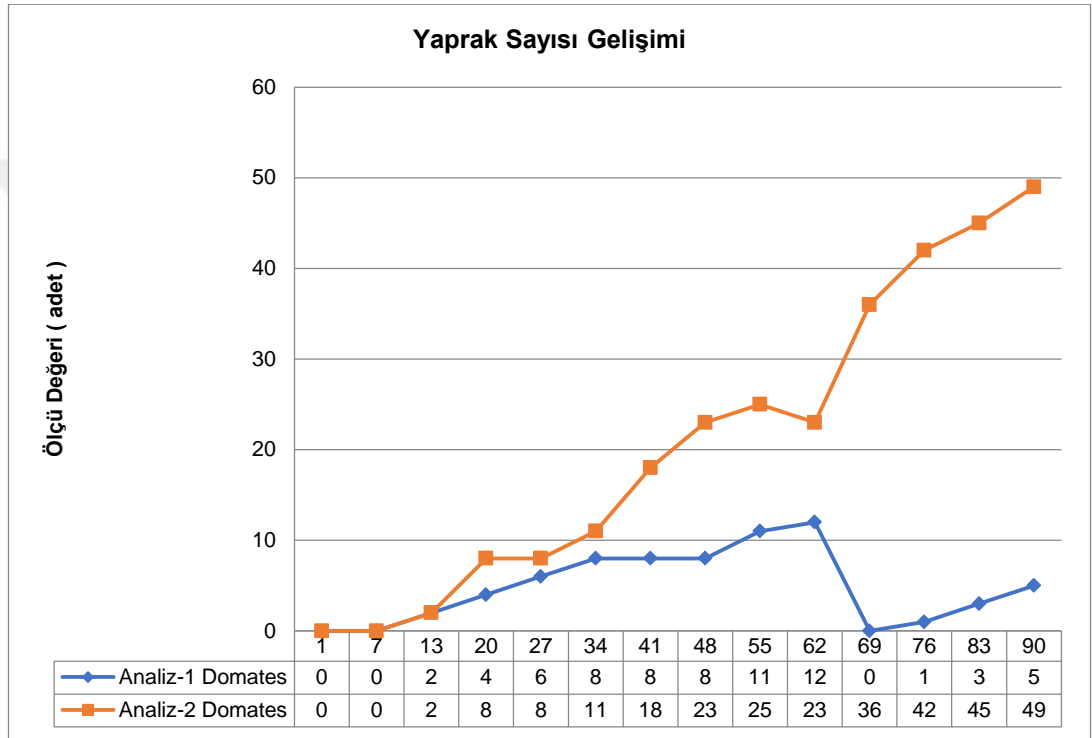


Şekil 6.7. Analiz-1 domates bitkisi yaprak boyu gelişimi

Analiz-1 de dikili olan domates tohumu 7. güne kadar analiz-2 de dikili olan domates tohumuna oranla hızlı bir yaprak gelişimi gerçekleştirmiştir. 13. gün de Analiz-1 de dikili olan domates yaprağı 22,8 mm ye ulaşırken, analiz-2 de dikili olan domates yaprağı 22,4 mm'ye ulaşabilmiştir. Fakat 20. günden sonra analiz-2 de dikili olan domates bitkisi yaprağı daha hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. 13.günden 69.güne kadar analiz-2 de dikili olan domates bitkisi yaprağı 27,7 mm büyürken, analiz-1 de dikili olan domates bitkisi yaprağı 3,6 mm uzayabilmiştir. 69. gün ise yaprağını dökerek yapraksız olarak kalmıştır. 90. gün Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi yaprağı 28 mm ye ulaşırken, analiz-2 de dikili olan domates tohumu 90. gün sonunda 61 mm'ye ulaşabilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen domates bitkisi yaprağı, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen domates bitkisi yaprağına oranla yaklaşık 2 kat daha fazla gelişim göstermiştir.

Tablodaki verilere göre Analiz 1 domates bitkisi ile Analiz 2 domates bitkisi yaprak sayısı gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 domates bitkisi yaprak sayısı gelişimi grafiği Şekil 6.8.'de verilmiştir.



Şekil 6.8. Analiz-1 domates bitkisi yaprak sayısı gelişimi

Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi ve analiz-2 de dikili olan domates bitkisi yaprak sayısı 13. günde 2 adet yaprak oluşturmuştur. Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi 13. günden 48. güne kadar 11 adet yaprak oluştururken, analiz-2 de dikili olan domates bitkisi bu süre içerisinde 25 adete ulaşabilmiştir. Analiz-2 de dikili olan domates bitkisi 55. ve 62. günler arasında 2 adet yaprak kaybederken, Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi 62. gün 12 adet yaprağına sahip iken 62. ve 69. günler arasında tüm yaprakları kuruyup dökülmüş ve sıfır adet yaprak sayısı kaydedilmiştir. 62. günden 90. güne kadar toplam 5 adet yaprak oluşumu gözlemlenen Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi, 62. günden 90. güne kadar 26 adet yaprak oluşturan analiz-2 de dikili olan domates bitkisinin gerisinde kalmıştır. Toplamda 90 gün

sonunda Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi 5 adet yaprak sahibiyken, Analiz-2 de dikili olan domates bitkisi 49 adet yaprak sahibi olmuştur.

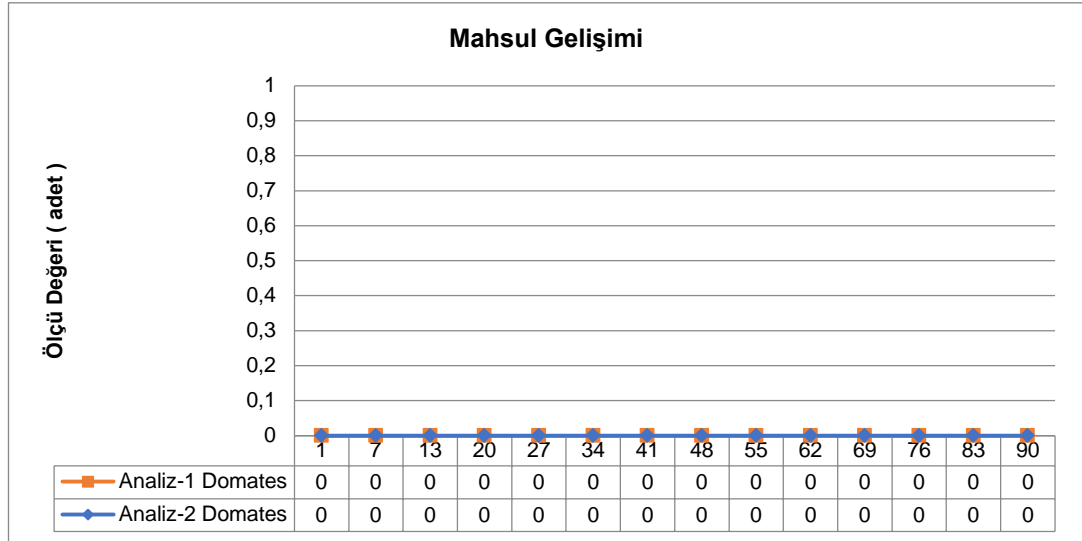
Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen domates bitkisi, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen domates bitkisine oranla daha fazla yaprak sayısına ulaşarak yaklaşık 10 kat daha fazla gelişim göstermiştir.

Tablodaki verilere göre Analiz 1 domates bitkisi ile Analiz 2 domates bitkisi mahsul gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 domates bitkisi mahsul gelişimi grafiği Şekil 6.9. 'da verilmiştir.

Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi ve analiz-2 de dikili olan domates bitkisi 90 günlük deney süreci boyunca mahsul oluşumu gerçekleştirememişlerdir.

6.2.2. Salatalık bitkisi gelişimi ve grafikleri

Salatalık bitkisinin kimyasal gübre kullanılmış toprakta ve bu toprağın solucan aktiviteleri sonrası analizi yapılmış toprakta yetiştirilmesi hedeflenmiştir. Solucan girdisi öncesinde analizi yapılmış ilk toprak numunesi Analiz-1 olarak, solucan aktivitesi sonra analizi yapılmış toprak numunesi Analiz-2 olarak adlandırılmıştır.



Şekil 6.9. Analiz-1 domates bitkisi mahsul gelişimi

Her iki toprak Plastik bir saksı içerisine yerleştirilmiş ve içerisine aynı tip ve özellikteki salatalık tohumları yüzeyden 1-3 cm derinliğe ekilmiştir. Daha sonra yüzeyi toprak ile örtülerek 90 günlük deney süreci izlenmiştir.

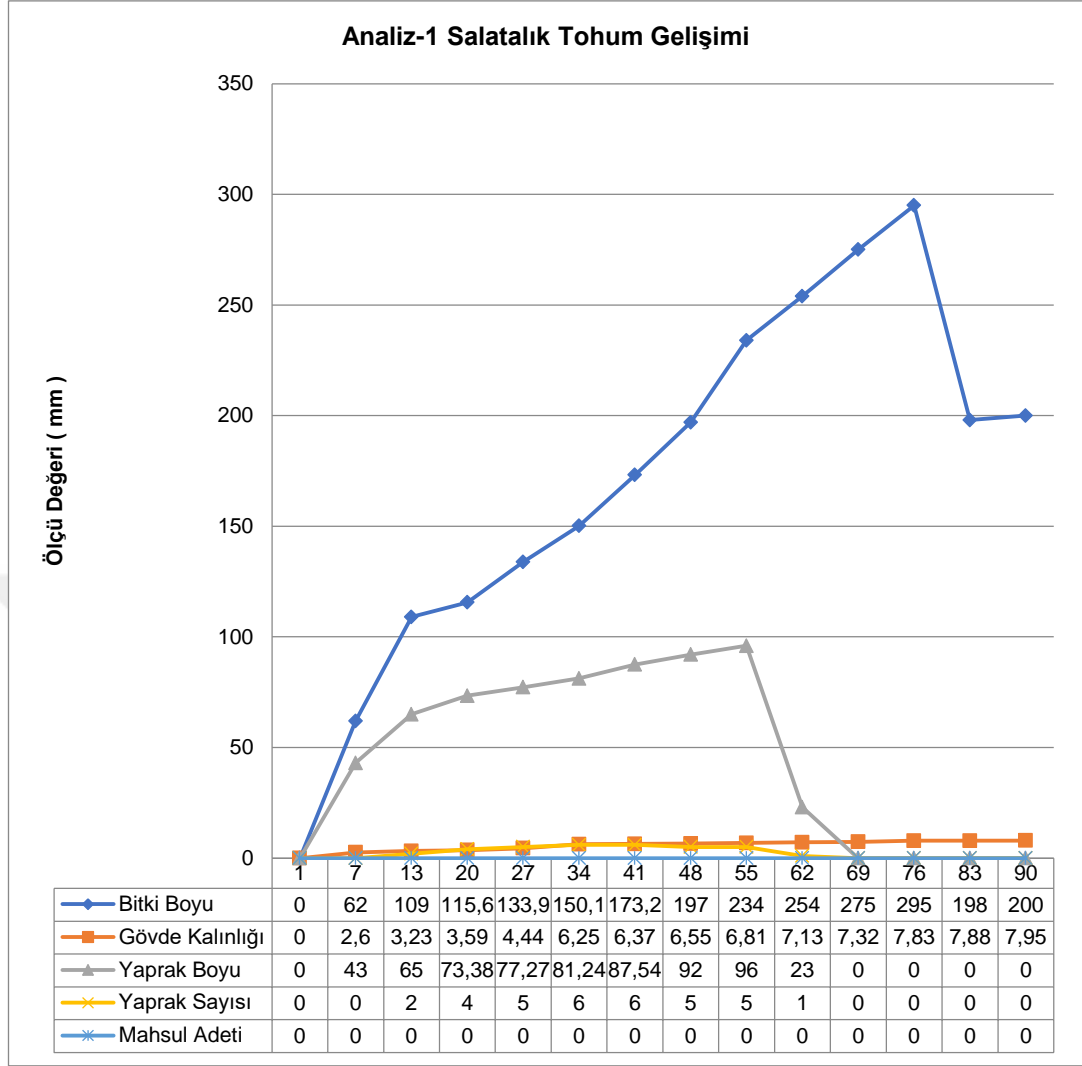
6.2.2.1. Analiz-1 salatalık bitkisi gelişimi

Aktivite öncesi toprağa dikilen salatalık bitkisi gelişimi Tablo 6.4.'de verilmiştir.

Tablo 6.4. Aktivite öncesi toprağa dikilen salatalık bitkisi gelişimi

GÜN	Bitki Boyu	Gövde Kalınlığı	Yaprak Boyu	Yaprak Sayısı	Mahsul Adeti
1	0	0	0	0	0
7	62	2,6	43	0	0
13	109	3,23	65	2	0
20	115,55	3,59	73,38	4	0
27	133,9	4,44	77,27	5	0
34	150,13	6,25	81,24	6	0
41	173,15	6,37	87,54	6	0
48	197	6,55	92	5	0
55	234	6,81	96	5	0
62	254	7,13	23	1	0
69	275	7,32	0	0	0
76	295	7,83	0	0	0
83	198	7,88	0	0	0
90	200	7,95	0	0	0

15 Haziran 2019 tarihinde tohum dikimi gerçekleştirilen analiz-1 kabında, bitki boyu 200 mm, bitki gövde kalınlığı 7,95 mm, bitki yaprak boyu 87,54 mm ve yaprak sayısı 6 adete kadar yükselmiştir. Bu 90 günlük süreç boyunca analiz-1 kabında herhangi bir mahsul gelişimi görülmemiştir. Solucan aktivitesi öncesi salatalık bitkisi dikilen analiz-1 kabındaki salatalık tohum gelişim grafiği Şekil 6.10. 'da verilmiştir. Tablodaki verilere baktığımızda bitki boyu 1. ve 13. günlerde hızlı bir yükseliş grafiği oluştururken, 20. ve 76. günler % 156 bir büyüme eğrisi oluşturmuştur. 76. ve 83. günler arasında bitki uç kısmı kuruyarak boy kısmında gerileme görülmüştür. 83. ve 90. günler aralığında ise 2 mm uzayarak toplamda 200 mm boya ulaşmıştır. Bitki gövde kalınlığı düzenli bir ivmeyle artarken 90. gün sonunda 7,95 mm. 'ye ulaşmıştır. Bitki yaprak boyu en büyük yaprağın ölçümüne göre belirlenmiştir. 1. ve 55. günler aralığında 96.mm ye kadar yükselen yaprak boyu 55. günde kuruyup düşen en büyük yaprak yerine bir sonraki en büyük yaprağın büyüklüğü 62. günde ölçülerek 23 olarak ölçülmüştür. 69. günde ise tüm yapraklar döküldüğü için yaprak boy değeri sıfır olarak ölçülmüştür. 69. günden deney süreci sonuna kadar yaprak oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil 6.10. Analiz-1 salatalık tohum gelişimi

Analiz-1'de ilk 7 gün her hangi bir yaprak oluşumu gözlenmezken, 13. günde 2 yaprak ile başlayan süreç 41. güne kadar toplamda 6 adete kadar ulaşmıştır. 48. güne yaprak sayısı 1 adet azalırken 62. günde toplamda 1 yaprak tespit edilmiştir. 69. günde ise yapraklar kuruyup dökülerek sıfır adet yaprak tespit edilmiştir. Sonrasında deney süreci sonuna yaprak oluşumu gözlenmemiştir. Tüm bu süreçler içerisinde herhangi bir mahsul oluşumu görülmemiştir.

6.2.2.2. Analiz-2 salatalık bitkisi gelişimi

Aktivite sonrası toprağa dikilen salatalık bitkisi gelişimi Tablo 6.5.'de verilmiştir.

Tablo 6.5. Aktivitesi sonrası toprağa dikilen salatalık bitkisi gelişimi

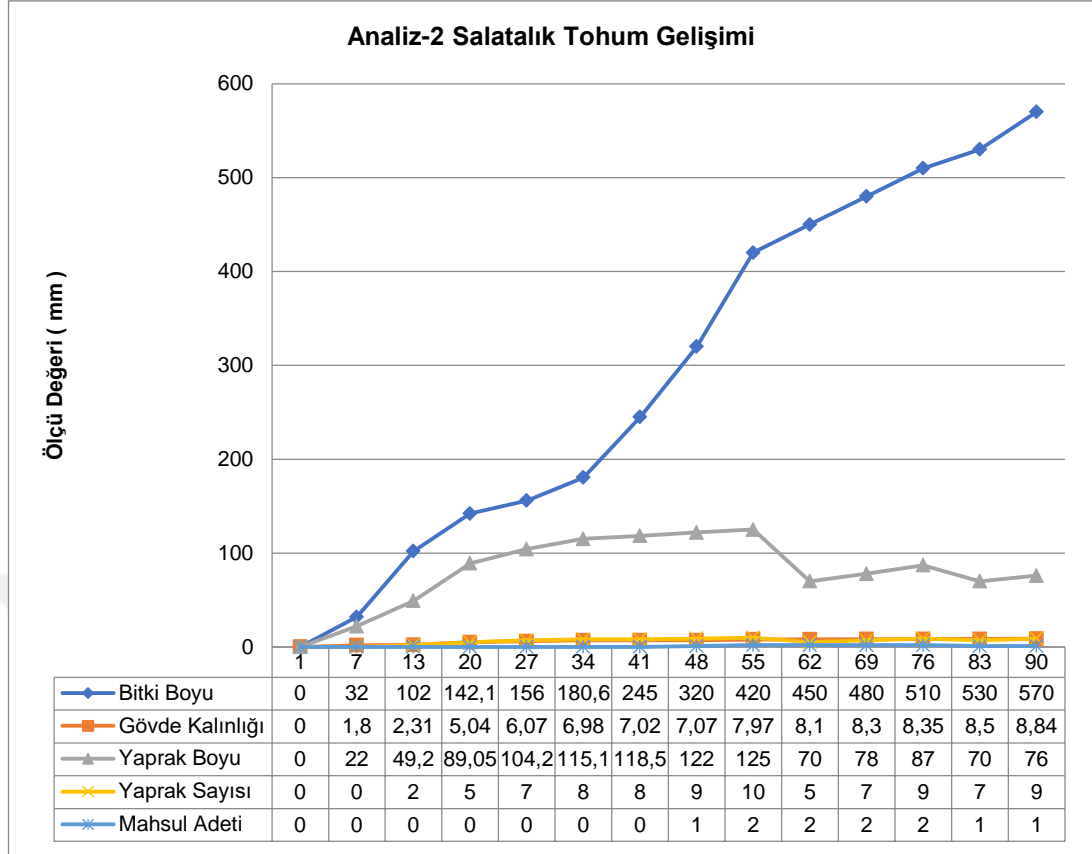
Gün	Bitki Boyu	Gövde Kalınlığı	Yaprak Boyu	Yaprak Sayısı	Mahsul Adeti	1.Mahsul Boyu	2.Mahsul Boyu
1	0	0	0	0	0		
7	32	1,8	22	0	0		
13	102	2,31	49,2	2	0		
20	142,1	5,04	89,05	5	0		
27	155,96	6,07	104,18	7	0		
34	180,55	6,98	115,13	8	0		
41	245	7,02	118,45	8	0		
48	320	7,07	122	9	1	19,9	0
55	420	7,97	125	10	2	27,35	19,83
62	450	8,1	70	5	2	34	22,8
69	480	8,3	78	7	2	36,1	25,03
76	510	8,35	87	9	2	37,41	27,08
83	530	8,5	70	7	1	40,15	0
90	570	8,84	76	9	1	42,97	0

15 Haziran 2019 tarihinde tohum dikimi gerçekleştirilen analiz-2 kabında, bitki boyu 570 mm, bitki gövde kalınlığı 8,84 mm, bitki yaprak boyu 125 mm ve yaprak sayısı 10 adete kadar yükselmiştir. Bu 90 günlük süreç boyunca analiz-2 kabında 2 adet salatalık mahsul gelişimi görülmüştür.

Solucan aktivitesi sonrası salatalık bitkisi dikilen analiz-2 kabındaki salatalık tohum gelişim grafiği Şekil 19. 'da verilmiştir.

Tablodaki verilere baktığımızda bitki boyu 1. ve 13. günlerde hızlı bir yükseliş grafiği oluştururken, 20.gün 142 mm ve 55. gün 420 mm ye kadar yükselmiştir. 55. ve 76. günler arasında daha yavaş bir büyüme hızı görülürken 76. ve 90. Günler aralığında ise 60 mm uzayarak toplamda 570 mm boya ulaşmıştır.

Bitki gövde kalınlığı düzenli bir ivmeyle artarken 90. gün sonunda 8,84 mm. 'ye ulaşmıştır. Bitki yaprak boyu en büyük yaprağın ölçümüne göre belirlenmiştir.

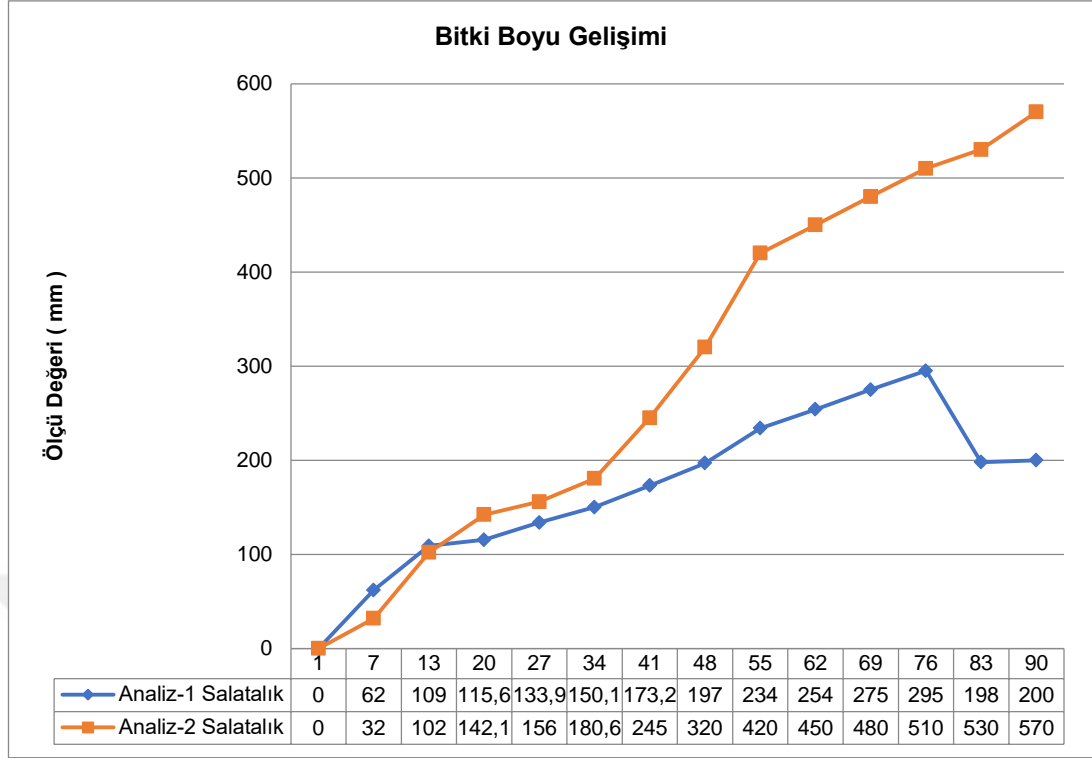


Şekil 6.11. Analiz-2 salatalık tohum gelişimi

1. ve 55. günler aralığında 125.mm ye kadar yükselen yaprak boyu 55. günde kuruyup düşen en büyük yaprak yerine bir sonraki en büyük yaprağın büyüklüğü 62. günde ölçülerek 70 mm olarak ölçülmüştür. 62. günden deney süreci sonuna kadar 6 mm uzayarak toplamda 76 mm yaprak boyu gözlemlenmiştir. Analiz-2’de ilk 7 gün her hangi bir yaprak oluşumu gözlenmezken, 13. günde 2 yaprak ile başlayan süreç 55. güne kadar toplamda 10 adete kadar ulaşmıştır. 62. güne yaprak sayısı 5 adet azalırken 62. günde toplamda 5 adet yaprak tespit edilmiştir. 62. günden deney süreci sonuna kadar 4 adet yaprak gelişimi gözlenirken 90. gün sonunda toplamda 9 adet yaprak oluşumu gözlenmiştir. Tüm bu süreçler içerisinde 2 adet salatalık mahsul oluşumu görülmüştür.

6.2.2.3. Analiz-1 ve analiz-2 salatalık bitkisi gelişim kıyası

Tablodaki verilere göre Analiz 1 salatalık bitkisi ile Analiz 2 salatalık bitkisi boy gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 salatalık bitkisi boy gelişimi grafiği Şekil 6.12. 'de verilmiştir.

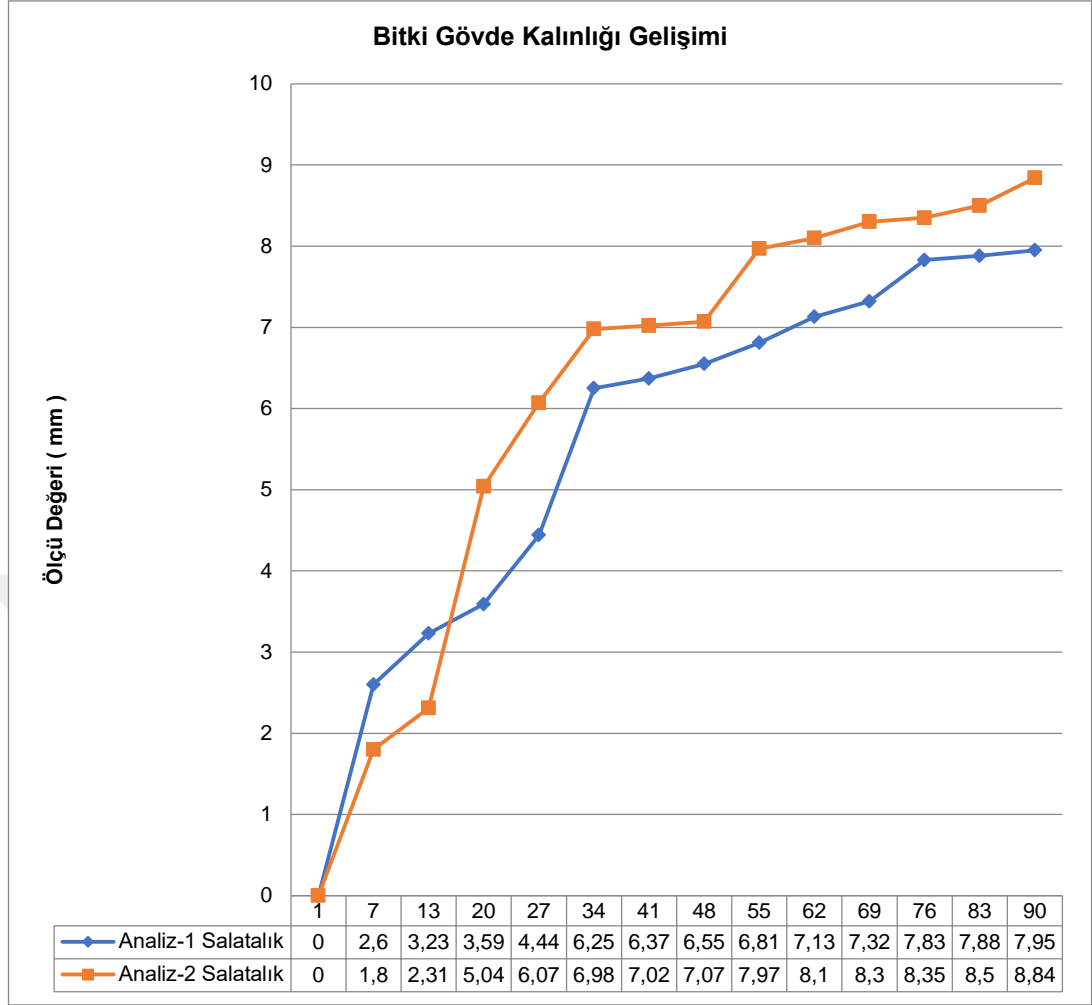


Şekil 6.12. Salatalık bitkisi boy gelişimi

Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi 20. güne kadar analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisine oranla hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. Fakat 20. günden sonra analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi daha hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. 34. ve 55. günler arası analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaklaşık 2,5 kat hızlı büyüme gerçekleştirmiştir. Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi 76. güne kadar uzama kaydederken, 76. ve 83. günler arasında analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi uç kısmının kurumasından dolayı bir miktar boy kaybı yaşamıştır. Fakat sonrasında 83. günde 198 mm iken 90. gün sonunda 200 mm'ye ulaşmıştır. Bu süreç içerisinde Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi ise 90. gün sonunda 570 mm 'ye ulaşabilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen salatalık bitkisi, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen salatalık bitkisine oranla daha fazla bir boy gelişimi göstermiştir.

Tablodaki verilere göre Analiz 1 salatalık bitkisi ile Analiz 2 salatalık bitkisi gövde kalınlığı gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 salatalık bitkisi gövde kalınlığı gelişimi grafiği Şekil 7.13. 'de verilmiştir.

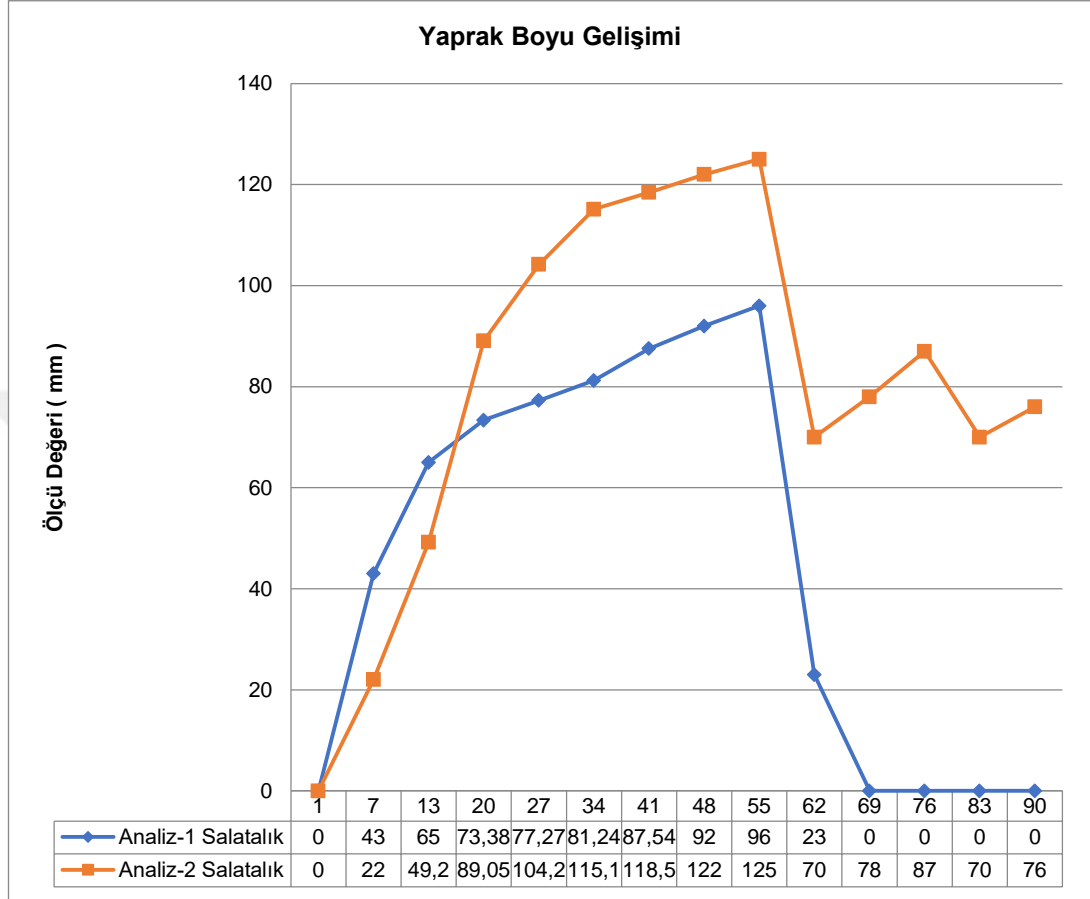


Şekil 6.13. Analiz-2 salatalık bitkisi gövde kalınlığı gelişimi

Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi 20. güne kadar analiz-2’de dikili olan salatalık bitkisine oranla hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. 20. gün de analiz-1’de dikili olan salatalık bitkisi 3,59 mm ye ulaşırken, analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisinin gövdesi 5,04 mm ‘ye kadar ulaşabilmiştir. 20. günden sonra analiz-2’de dikili olan salatalık bitkisi daha hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. 13. ve 34. günler arası analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaklaşık 2,1 kat hızlı büyüme gerçekleştirmiştir. 34. ve 48. günler arası daha yavaş bir büyüme gerçekleştirirken 90. gün sonunda analiz-2’de dikili olan salatalık bitkisi 8,84 mm kalınlığa ulaşırken, analiz-1’de dikili olan salatalık bitkisi 7,95 mm ‘ye ulaşabilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen domates tohumu, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen domates tohumuna oranla yaklaşık %10 daha fazla gelişim göstermiştir.

Tablodaki verilere göre Analiz 1 salatalık bitkisi ile Analiz 2 salatalık bitkisi yaprak boyu gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 salatalık bitkisi yaprak boyu gelişimi grafiği Şekil 6.14. 'de verilmiştir.

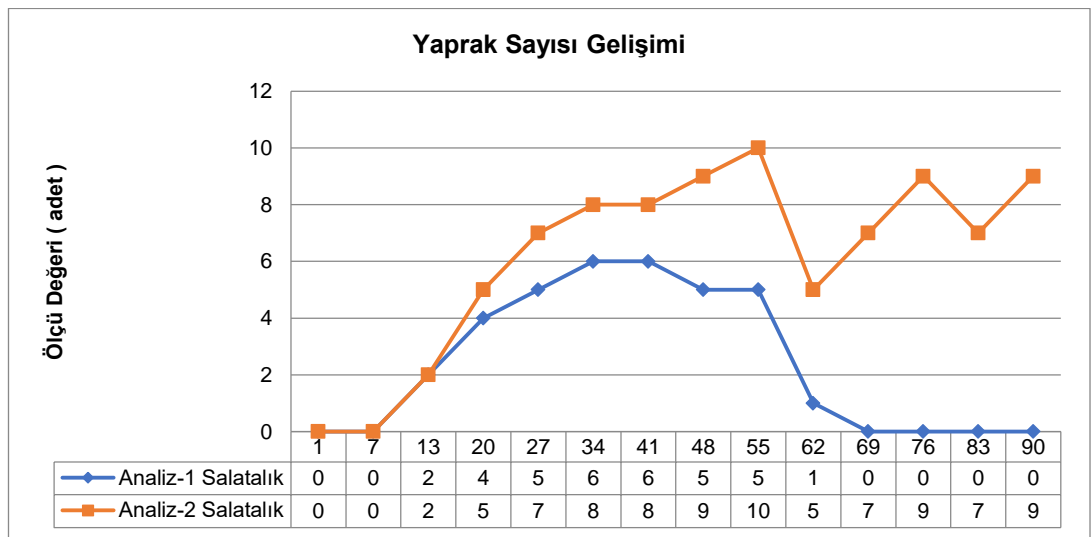


Şekil 6.14. Analiz-2 salatalık bitkisi yaprak boyu gelişimi

Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi 27. güne kadar analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisine oranla hızlı bir yaprak gelişimi gerçekleştirmiştir. 7. gün de Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı 43 mm ye ulaşırken, analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı 22 mm'ye ulaşabilmiştir. Fakat 20. günden sonra analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı daha hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir.

20.günden 55.güne kadar analiz-2 de dikili olan domates bitkisi yaprağı 35,95 mm büyürken, analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı 22,62 mm uzayabilmiştir. 55. gün ise her iki salatalık bitkisi de yaprağını dökerek 62 . günde Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı 23 mm, Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı ise 70 mm olarak ölçülmüştür .

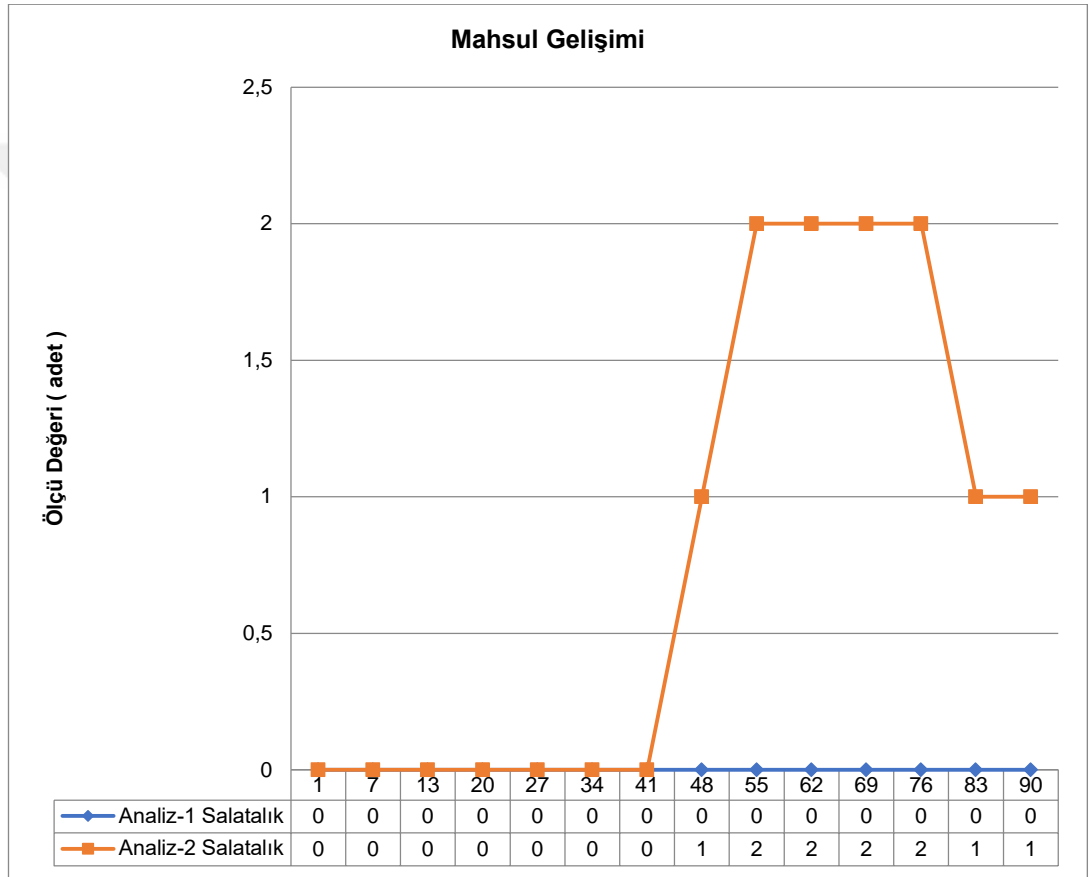
69. gün ise Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı tamamen tükenirken Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı 78 mm ölçülmüştür.90. gün Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı tamamen dökülürken, analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaprağı 76 mm 'ye ulaşabilmiştir. Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen salatalık bitkisi yaprağı, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen salatalık bitkisi yaprağına oranla daha dirençli kalarak ciddi bir gelişim göstermiştir. Tablodaki verilere göre Analiz 1 salatalık bitkisi ile Analiz 2 salatalık bitkisi yaprak sayısı gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 salatalık bitkisi yaprak sayısı gelişimi grafiği Şekil 6.15. 'de verilmiştir. Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi ve analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi yaprak sayısı 13. günde 2 adet yaprak oluşturmuştur. Analiz-1 de dikili olan domates bitkisi 13. günden 41. güne kadar 6 adet yaprak oluştururken, analiz-2 de dikili olan domates bitkisi bu süre içerisinde 8 adet yaprağa ulaşabilmiştir. Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi 55. ve 62. günler arasında 2 adet yaprak kaybederken, Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi 55. gün 5 adet yaprağa sahip iken 62. ve 69. günler arasında tüm yaprakları kuruyup dökülmüş ve sıfır adet yaprak sayısı kaydedilmiştir. 62. günden 90. güne kadar toplam 2 adet yaprak oluşumu gözlemlenen Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi, 62. günden 90. güne kadar 0 adet yaprak oluşturan analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisini geride bırakmıştır. Toplamda 90 gün sonunda Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi hiç yaprak sahibi olamazken, Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi 9 adet yaprak sahibi olmuştur.



Şekil 6.15. Analiz-2 salatalık bitkisi yaprak sayısı gelişimi

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen salatalık bitkisi, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağa dikilen salatalık bitkisine oranla daha fazla yaprak sayısına ulaşarak yaklaşık 9 kat daha fazla gelişim göstermiştir.

Tablodaki verilere göre Analiz 1 salatalık bitkisi ile Analiz 2 salatalık bitkisi mahsul gelişimi karşılaştırması yapılmıştır. Analiz-1 ve Analiz-2 salatalık bitkisi mahsul gelişimi grafiği Şekil 6.16. 'da verilmiştir.

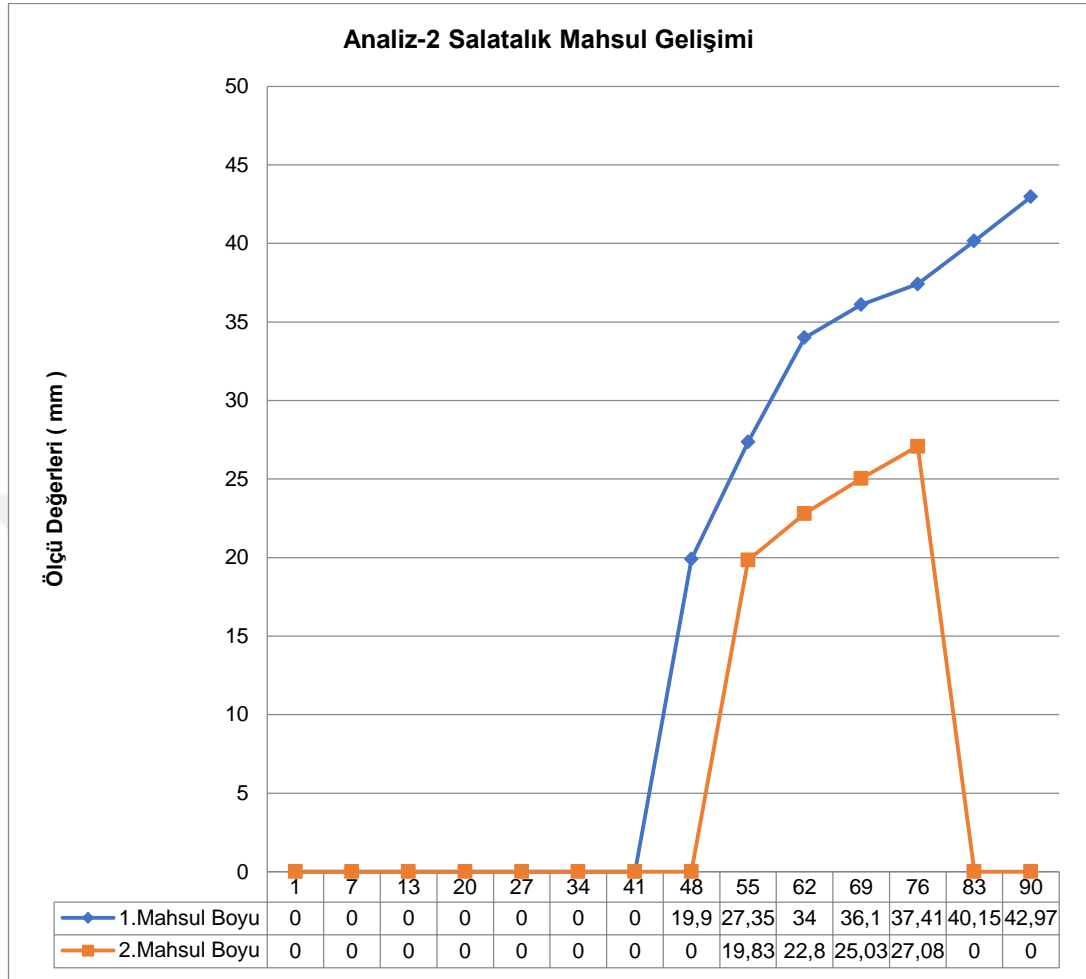


Şekil 6.16. Analiz-2 salatalık bitkisi mahsul adet gelişimi

Analiz-1 de dikili olan salatalık bitkisi ve analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi 90 günlük deney süreci boyunca 48. güne kadar mahsul oluşumu gerçekleştirememişlerdir.

48. gün analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi 1 adet mahsul verirken, 55. gün ikinci mahsulü vermiştir. 76. gün mahsullerden biri kuruyup gelişmezken 90. gün sonunda 1 adet mahsul üretimi sağlayabilmiştir.

Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi mahsul gelişimi Şekil 6.17. 'de verilmiştir.



Şekil 6.17. Analiz-2 salatalık bitkisi mahsul boy gelişimi

Analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi 48. gün ilk mahsulü verirken uzunluğu 19,9 mm olarak ölçülmüştür.55. gün 19,9 mm olarak ölçülen ilk mahsul 27,35 mm 'ye yükselirken, ikinci mahsul oluşumu gözlenmiş ve uzunluğu 19,83 mm olarak ölçülmüştür.

76. güne kadar ilk mahsulün boyu 37,41 mm'ye ulaşırken, ikinci mahsulün boyu 27,08 mm 'ye ulaşabilmiştir. 83. gün ise gelişemeyen ikinci mahsul kururken, ilk mahsulün büyümesi yavaşlarsa bile 40,15 mm 'ye ilerlemiştir.

90. gün sonunda ise analiz-2 de dikili olan salatalık bitkisi mahsullerinden sadece ilk mahsul 42,97 mm 'ye uzayarak gelişebilmiş, ikinci mahsul kuruyup dökülmüştür. Salatalık Bitkisi 1. ve 2. Mahsul Gelişimi Şekil 6.18. 'de verilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında solucan aktivitesi sonrasındaki toprağa dikilen salatalık bitkisi, tüm mahsullerin tam verimli gelişebilmesini sağlayamamış ama mahsulün 90 günlük süreç sonunda sağlam kalabilmesini sağlamıştır.



Şekil 6.18. Analiz-2 salatalık bitkisi 1. ve 2. mahsul gelişimi

6.2.3. Bitki aktivitesi sonrası toprak analizi sonuçları

Solucan girdisi öncesi alınan toprak numunesinin yapılan analizi sonrasında bitki yetiştirme süreci uygulanmış ve sonrasında bitkiler 90 günlük analiz süreci sonunda sökülerek toprak tekrar laboratuara analize gönderilmiştir. Bu süreçte solucanların aktivitesi öncesi işlenmemiş toprağa dikilen domates ve salatalık bitkilerinin toprağın yapısında bulunan maddelerin ne kadarını toprak temin ederek gelişebileceğinin araştırması yapılmıştır. Aktivite öncesi bitki aktivitesi sonrası toprak analizi değerleri Tablo 6.6. 'da verilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında başlangıç ph değeri 6,96'dan 7,96'ya yükselerek toprakta hafif alkali değer oluşmuştur. Toprağın Tuz miktarı % 0,461 'den % 0,489'a yükselmiştir. Buda toprağın elektriksel iletkenliğini arttırarak 7,53 Mmhos/cm 'den . 7,71 Mmhos/cm 'ye yükselmiştir.

Topraktaki kireç miktarı % 6,06'dan % 5,8'e düşmüştür. Organik madde miktarı ise % 0,758 iken bitkiler tarafından bünyelerine alınarak topraktaki oranı % 0,465'e düşürmüştür. Bu oran topraktaki organik maddenin % 61,34'ünün bitkiler tarafından alınabilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.6. Aktivite öncesi bitki aktivitesi sonrası toprak analizi değerleri.

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Solucan Girdisi Öncesi Ölçülen Değer	Sonuç	55014'e Dikilen Analiz-1 sonrası Ölçülen Değer	Sonuç	Referans Değer
	<u>Numune Tarih/No</u>		<u>18.12.18/55014</u>		<u>31.10.19/58371</u>		
pH	TS 8332 ISO 10390	-	6,96	Nötr	7,96	Hafif Alkali	6,5- 8,5
EC	TS 8334	Mmhos /cm	7,53	Hafif Tuzlu	7,71	Hafif Tuzlu	4 - >15
Tuz	TS 8334	%	0,461	Orta Tuzlu	0,489	Orta Tuzlu	0,35- 0,65
Kireç (CaCO₃)	TS EN ISO 10693	%	6,06	Orta Kireçli	5,8	Orta Kireçli	1 - 15
Organik Madde	TS 8336	%	0,758	Çok Az	0,465	Çok Az	<1 - 2
Saturasyon	TS 8333	%	95,7	Killi	99	Killi	51- 110
P₂O₅	TS 8340	Kg/da	0	Çok Az	0	Çok Az	<3 - 6
K₂O	TS 8341	Kg/da	111,83	Yüksek	215,44	Yüksek	>40

Toprağın suya doygunluğu % 95,7'den %99'a yükselmiştir. Başlangıçta yapısında fosfor bulunmayan toprak bitki analizlerinden sonra da fosfor bulunduramamıştır.

Potasyum miktarı 111,83 kg/da iken bitki aktivitesi sonrasında 215,44 kg/da 'a yükselmiştir. Topraktaki referans değerlerin üzerinde kalmıştır.

Aktivite sonrası bitki aktivitesi sonrası toprak analizi değerleri Tablo 6.7.'de verilmiştir.

Tablodaki verilere bakıldığında başlangıç pH değeri 8,01'den 7,99'a düşmüştür. Toprağın Tuz miktarı % 0,625 'den % 0,644'a yükselmiştir. Buda toprağın elektriksel iletkenliğini artırarak 10,33 Mmhos/cm 'den . 15,25 Mmhos/cm 'ye yükselmiştir.

Tablo 6.7. Aktivite sonrası bitki aktivitesi sonrası toprak analizi değerleri.

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Solucan Girdisi Sonrası Ölçülen Değer		56043'e Dikilen Bitkiler sonrası Ölçülen Değer		Referans Değer
			12.03.19/56043	Sonuç	24.10.19/58317	Sonuç	
			Numune Tarih/No				
			12.03.19/56043		24.10.19/58317		
pH	TS 8332 ISO 10390	-	8,01	Hafif Alkali	7,99	Hafif Alkali	6,5- 8,5
EC	TS 8334	Mmhos /cm	10,33	Orta Tuzlu	15,25	Çok Tuzlu	4 - >15
Tuz	TS 8334	%	0,625	Orta Tuzlu	0,644	Orta Tuzlu	0,35- 0,65
Kireç (CaCO ₃)	TS EN ISO 10693	%	4,71	Kireçli	5,94	Orta Kireçli	1 - 15
Organik Madde	TS 8336	%	1,385	Az	0,959	Çok Az	<1 - 2
Saturasyon	TS 8333	%	94,6	Killi	66	Killi-Tınlı	51- 110
P ₂ O ₅	TS 8340	Kg/da	5,04	Az	0,18	Çok Az	<3 - 6
K ₂ O	TS 8341	Kg/da	123,51	Yüksek	221,07	Yüksek	>40

Topraktaki kireç miktarı % 4,71'den % 5,94 'e yükselmiştir. Organik madde miktarı ise % 1,385 iken bitkiler tarafından bünyelerine alınarak topraktaki oranı % 0,959'a düşürmüştür. Bu oran topraktaki organik maddenin % 69,24 'ünün bitkiler tarafından alınabilir olduğunu göstermektedir. Toprağın suya doygunluğu % 94,6'dan %66'a düşmüştür.

Bitkilerin ciddi oranda topraktan suyu absorbe ettiği görülmektedir. Başlangıçta yapısında 5,04 kg/da fosfor bulunan toprak bitki analizlerinden sonra da 0,18 kg/da fosfor olarak ölçülmüştür. Bu değer bitkiler tarafından fosforun % 96,43 'ünün topraktan alındığını göstermektedir. Potasyum miktarı 123,51 kg/da iken bitki aktivitesi sonrasında 221,04 kg/da 'a yükselmiştir. Topraktaki referans değerlerin üzerinde kalmıştır.

Bu çalışma ile *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının kimyasal gübre kullanılmış topraklar üzerinde verimliliği artırıcı etkisi olduğu vurgulanmıştır. Toprağın başlangıçtaki organik madde oranına göre % 0,627'lik bir artış göstermiştir. Bu artış miktarı başlangıç miktarına oranla % 82,71 artışı ifade etmektedir. Bu artışın sebebi solucanların toprağı işleme ile vücutlarındaki enzimlerle toprağı bırakılan gübrelerinin toprağın içeriğini zenginleştirmesi olarak yorumlayabiliriz.

Solucanların aktiviteleri sonrası toprağın yapısında olmayan fosforun olduğu gözlenmiş ve bu fosforun bitkilerin gelişimi açısından oldukça önemli olmasından dolayı topraktan %96,43 oranında alındığı görülmektedir. Fosforun eksikliğinde bitkilerde büyüme, olgunlaşma, yaprak sayısında ve gelişiminde azalma görülür.

Solucan girdisi öncesi analizi yapılan toprağı dikilen bitkilerin yaprak sayısındaki azalmanın solucan girdisi sonrası analizi yapılan toprağı dikilen bitkilerin yaprak sayısından daha fazla ve daha erken dönemde olması topraktaki fosforun eksikliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkiler fosforu atp ve nükleik asitlerin oluşumu sırasında kullanmalarından dolayı solucan aktivitesinin bitki gelişimi açısından önemli olan fosforun toprak formlarından çözünmesinde ve bitkiye aktarılmasında oldukça etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Potasyum miktarında solucan aktivitesi sonrasında artan bir değer görülmektedir. Bu miktarın artışı bitkilerde turgor basıncının artmasına bitkinin daha dik ve güçlü bir yapıda ilerlemesine olanak sağlamaktadır.

Bitki analizleri sonrasında görüldüğü üzere gelişimi fazla gerçekleşmeyen, solucan aktivitesi öncesindeki analizi yapılmış toprağı dikilen domates ve salatalık bitkilerinin tüm yapraklarını kaybetmesine rağmen gövdesinde herhangi bir eğim görülmemiştir. Buda bitkinin zorlu iklim şartlarına dayanabileceğini gösterir.

Solucan aktivitesi öncesinde analizi yapılan toprağı dikilen bitkilerin toprağın yapısındaki organik maddelerin %61,34'ünü alabilirken, solucan aktivitesi sonrası toprağı dikilen bitkilerin toprağın yapısındaki organik maddeleri %69,24 oranında alabildiğini göstermektedir.

Buradaki artışın solucanların topraktaki aktivitesi sonrası toprağın yapısındaki elementlerin bu aktivite sonrasında bitkiler tarafından daha kolay alınabilir formlara dönüşmüş olmasından dolayı yükselmiş olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada belirli bir popülasyon sayısında belirli bir kitle toprağa yapılan analizler neticesinde *Eisenia Fetida* türü toprak solucanlarının toprağın organik madde içeriğini arttırdığı, bu sayede bitkilerin iyileştirilen toprak yapısında gelişiminin daha fazla olduğu görüşmüştür. Bu gelişimin uzun yıllar kimyasal gübre kullanılmış topraklarda oluşan kirletici parametrelerin solucan aktivitesi ile giderilebileceği, toprağın verimliliğinin arttırılabileceğini görmüş olmaktadır.

Kimyasal gübre kullanımı hem ekonomik yönden tarımsal faaliyetlerde maliyet oluşturması, hem de kısa dönemde ürünün gelişimini sağladığı gibi görülse de uzun dönemde insan sağlığının bozulmasına ve çevre kirliliğine yol açacağı bilinmektedir.

Toprak kirliliğinin giderilmesinde solucan sayısının iyileştirme yapılacak topraklara göre sayıca fazla olması, solucan aktivitelerinde ve toprağın verimliliğinde artış sağlayacaktır. Bu artış hem yetiştirilen bitkilerin gelişimde önemli bir rol oynayacak, hem de insan sağlığı ve çevre kirliliğinde gelecek nesillere daha temiz ve yaşanabilir bir ekosistem bırakılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kılıç R., Korkmaz K., Kimyasal Gübrelerin Tarım Topraklarında Artık Etkileri, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2012, **5**(2), 87-90.
- [2] Karaman M.R., Brohi A.R., Müftüoğlu N.M., Öztaş T. ve Zengin M., *Sürdürülebilir Toprak Verimliliği*, 3.Basım, Detay, Ankara, 3, 2012.
- [3] Savcı S., An Agricultural Pollutant Chemical Fertilizer, *International Journal of Environmental Science and Development*, 2011, (3), 78-79.
- [4] Durdu B., Tarıma Açık Alanlarda Toprak Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 2018, 527405.
- [5] Taciroğlu B., Kara E., Sak T., Toprakta Ağır Metal Gideriminde Solucanların Kullanımı, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 2016, **19**(2), 201-207
- [6] URL-2: <http://www.mevzuat.gov.tr/Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik>, (Ziyaret Tarihi: 19 Aralık 2019).
- [7] Şahin G., Türkiye'de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 2016, **22**(1), 19-20.
- [8] URL-1: [http://www.tuik.gov.tr/Kimyasal gübre kullanımı/2008-2018](http://www.tuik.gov.tr/Kimyasal_gubre_kullanimi/2008-2018), (Ziyaret Tarihi: 29 Aralık 2019).
- [9] URL-3: [http://www.tuik.gov.tr/Organik Bitkisel Üretim/2009-2018](http://www.tuik.gov.tr/Organik_Bitkisel_Uretim/2009-2018), (Ziyaret Tarihi: 19 Aralık 2019).
- [10] Çatalbaş A., Toprak İyileştiriciler ile Yüksek Miktarlarda Ağır Metal İçeren Toprağın İslahı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018, 523481.
- [11] Esen M., Toprak Yıkama Yöntemiyle Cd ve Pb ile Kirlenmiş Tarımsal Toprakların İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 2019, 570930.
- [12] Suthar S., Sajwan P., Kumar K., Vermiremediation of Heavy Metals in Wastewater Sludge from Paper and Pulp Industry Using Earthworm *Eisenia Fetida*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014, (109), 177-184.
- [13] Dindar E., Arıtma Çamuru Verilen Tarım Topraklarında Solucan Aktivitesinin Azot Formlarına ve Toprak Enzim Aktivitelerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2008, 255205.

- [14] Duran K., Kahverengi Deniz Yosunu ve Çiftlik Gübresi Kombinasyonlarının Eisenia Fetida Organik Gübresi Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun, 2019, 577732.
- [15] Mohammed A.R., Removal of Chromium, Copper and Arsenic From CCA-Treated Wood Sawdust Using California Red Worm(Eisenia Fatida), Master Thesis, Karadeniz Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Science, Trabzon, 2018, 542608.
- [16] Mısırlıoğlu M., *Toprak solucanları Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri*, 1.Basım, Nobel, Ankara, 1-23, 2011.
- [17] Hepşen Türkay F.Ş., Fındık Zurufu ve Arıtma Çamurunun Solucanlarla Kompostlanması ve Elde Edilen Yeni Kompostun Sera ve Tarla Koşullarındaki Toprakların Biyolojik Özelliklerinde Meydana Getirdiği Etkilerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2010, S:166.
- [18] Liu F., Zhu P., Xue J., Comparative Study on Physical and Chemical Characteristics of Sludge Vermicomposted by Eisenia Fetida, *Procedia Environmental Sciences*, 2012, **16**, 418-423.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Erdoğan C.**, Arpaz E., Eisenia Fatida Türü Toprak Solucanlarının Kimyasal Gübre Kullanılmış Topraklar Üzerine Etkisi, *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **2(2)**, 2019, 231-237.



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Bolu'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bolu'da tamamladı. 2006 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2011 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2011-2012 yılları arası Organize Çevre ve Danışmanlık Hizmetleri San. Tic. Ltd. Şti'nde Çevre Görevlisi, 2012-2016 yılları arasında Doğam Geri Dönüşüm Plastik İnş. Tur. Nak. San. Ve Tic. Ltd. Şti'nde Çevre ve C Sınıfı İş Güvenliği Mühendisi olarak çalıştı. 2016 yılından beri Tem Trafo ve Elektrik Malz. San. Ve Tic. Ltd. Şti.'nde Proses , Kalite ve Çevre Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

