

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI



BAZI BİYOPREPARATLARIN KÖK-UR NEMATODU,
***Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM YILMAZ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Mustafa İMREN

BOLU, TEMMUZ - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

İbrahim YILMAZ tarafından hazırlanan “**BAZI BİYOPREPARATLARIN KÖK-UR NEMATODU, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) ÜZERİNE ETKİSİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.
20/07/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Mustafa İMREN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Gülay KAÇAR
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Refik BOZBUĞA
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin 08/08/2023 tarihinde Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %15 olarak tespit edilmiştir.

.....
İBRAHİM YILMAZ

ÖZET

BAZI BİYOPREPARATLARIN KÖK-UR NEMATODU, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM YILMAZ

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MUSTAFA İMREN)

BOLU, TEMMUZ - 2023

XII+38

Sonyıllarda biyopreparatlar bitki paraziti nematodların mücadelesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada bazı biyopreparatların Kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) (Tylenchida: Meloidogynidae) üzerine etkisi araştırılmıştır. Denemelerde, kum ağırlıklı (%50 kum, %25 toprak ve %25 torf) toprak karışımı içeren 0.5 litrelik siyah saksılar kullanılmıştır. Denemeler (25±2 °C sıcaklık, %60±10 orantılı nem, 16:8 A:K) iklim odası koşullarında, 60 gün boyunca yürütülmüştür. Çalışma 8 karakterli [(1) *Bacillus licheniformis* ve *Bacillus subtilis* türü bakterileri içeren Biyopreparat-I (ABD) (2) Biyopreparat-I (BD) (3) Biyopreparat-I (CD) (4) Biyopreparat-I + *Bacillus licheniformis* türü bakterileri içeren Biyopreparat-II (5) *Purpureocillium lilacinus* 251'in sporlarını içeren Biyopreparat-III + Fluopyram etken maddeli nematisit Fluopyram 400 g/L (6) Abamectin 20 g/L (7) Kontrol (+) (8) Kontrol (-)] ile beş tekerrürlü olarak tedadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Çalışmada bitkilerin köklerindeki ırlanma indeksi, topraktaki ikinci dönem larva sayısı ve yumurta paketi sayısı esas alınarak, uygulamaların *M. incognita*'nın üremesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Kontrol (+) parseline oranla en düşük ırlanma oluşumu sırasıyla, Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (0.40±0.24), Abamectin 20 g/L (3.40±0.24) ve Biyopreparat-I (BD) (4.20±0.37), en yüksek ırlanma oluşumu ise Biyopreparat-I (CD) (5.00±0.31) uygulamasında gözlemlenmiştir. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (%99,76), Abamectin 20 g/L (%70,29) ve Biyopreparat-I (BD) (%57,36) uygulamalarının nematodun ikinci dönem larva sayısını önemli seviyede azalttığı saptanmıştır. Çalışma sonucunda *Bacillus* tabanlı biyopreparatların Kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita*'nın mücadelesinde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Kök-ur nematodu, Kontrol, Biyopreparat

ABSTRACT

THE EFFECT OF SOME BIOPREPARATIONS ON ROOT-KNOT NEMATODE, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White)

MSC THESIS

İBRAHİM YILMAZ

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

(SUPERVISOR: PROF. DR. MUSTAFA İMREN)

BOLU, JULY 2023

XII+38

In recent years, biopreparations have been widely used in the control of plant-parasitic nematodes. In this study, the effects of some biopreparations on Root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) (Tylenchida: Meloidogynidae) were investigated. The experiments were conducted in 0.5 liter black pots containing a sandy soil mixture (50% sand, 25% loam, and 25% turf). Experiments were conducted in a climate chamber under controlled conditions (25 ± 2 °C temperature, $60\pm 10\%$ relative humidity, 16:8 L:D) for 60 days. The study was set up a randomized complete plot design with eight treatments [(1) Biyopreparation-I (ABD) biological formulation containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* species (2) Biyopreparation-I (BD) (3) Biyopreparation-I (CD) (4) Biyopreparation-I + Biyopreparation-II containing *Bacillus licheniformis* species (5) Biopreparation-III containing spores of *Purpureocillium lilacinus* 251 + Fluopyram 400 g/L (6) Abamectin 20 g/L (7) Control (+) (8) Control (-)], each with five replications. The impact of the treatments on the reproduction of *M. incognita* was assessed based on the gall index, number of egg packs in plant roots, and the number of second-stage juveniles in the soil in this study. According to the study results, the lowest gall formation compared to the Control (+) treatment was observed in the following order: Biopreparation-III + Fluopyram 400 g/L (0.40 ± 0.24), Abamectin 20 g/L (3.40 ± 0.24), and Biyopreparation-I (BD) (4.20 ± 0.37), and the highest gall formation was observed in the Biyopreparation-I (CD) treatment (5.00 ± 0.31). Biopreparation-III + Fluopyram 400 g/L (99.76%), Abamectin 20 g/L (70.29%) and Biyopreparation-I (BD) (57.36%) significantly reduced the number of second-stage juveniles of the nematode. Based on the study findings, it can be concluded that *Bacillus*-based biopreparations can be used in the control of the Root-knot nematode *M. incognita*.

KEYWORDS: Root-knot nematode, Control, Biopreparation

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
FOTOĞRAF LİSTESİ	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xi
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Kök-ur Nematodları (<i>Meloidogyne spp.</i>) Hakkında Genel Bilgiler	3
1.1.1 Kök-ur nematodlarının yaşam döngüsü.....	4
1.1.2 Kök-ur nematodlarının mücadelesi	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1 Materyal.....	13
3.2 Metot.....	14
3.2.1 Saf nematod kültürünün elde edilmesi	14
3.2.2 Denemenin kurulması.....	14
3.2.3 Denemenin değerlendirilmesi.....	16
3.2.4 Uylanma /gal indeksi.....	16
3.2.5 İkinci dönem larva sayısı	18
3.2.6 Yumurta paketi sayısı	19
3.2.7 İstatistiksel analiz	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1 Uygulamaların uylanma / gal indeksine etkisi	21
4.2 Uygulamaların ikinci dönem larva sayısına etkisi.....	24
4.3 Yumurta kümesi reaksiyon skalası	26
4.4 Bitki boyları	27
4.5 Kök yaş ağırlığı.....	28
4.6 Kök kuru ağırlığı.....	28
5. TARTIŞMA	30
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	34
7. KAYNAKLAR	35

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Kök-ur nematodlarının yaşam döngüsü (Rothamsted Research Center, UK).....	4
Şekil 3.1. Kök-ur indeks çizelgesi (Root Evaluation Chart, Bridge ve Page 1980).....	19



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Dünya domates üretiminde önemli ülkeler (bin ton)	1
Tablo 1.2. Türkiye domates üretim alanı, üretim ve verimi (FAOSTAT, 2023).....	2
Tablo 1.3. Fungal ve bakteriyel biyokontrol ajanları (Askary ve Martinelli, 2015).....	6
Tablo 1.4. Bitki paraziti nematod mücadelesinde kullanılan bakteriyel ürünler(Abd-Elgawad ve Askary, 2018) (Migunova ve Sasanelli, 2021).....	7
Tablo 1.5. Bitki paraziti nematod mücadelesinde kullanılan fungal ürünler (Abd-Elgawad ve Askary, 2018)	8
Tablo 2.1. Denemeyi oluşturan uygulamalar ve dozları	13
Tablo 3.2. Uygulama zamanı için kullanılan semboller.....	14
Tablo 3.3. Denemenin değerlendirilmesinde kullanılan 0-10 Zeck skalası (Zeck,1971).....	17
Tablo 3.4. Denemenin değerlendirilmesinde kullanılan yumurta paketi reaksiyon skalası (Sasser vd. 1984, Triantaphyllou 1981).....	19
Tablo 4.1. Uygulamaların kökteki gal indeksi üzerine etkisi.....	22
Tablo 4.2. Uygulamaların gal indeksini kontrol (+)'e göre azaltıcı etkisi (%)...23	
Tablo 4.3. Uygulamaların ikinci dönem larva üzerine etkisi.....	25
Tablo 4.4. Uygulamaların ikinci dönem larva sayısını kontrol (+)'e göre azaltıcı etkisi (%).....	26
Tablo 4.5. Uygulamalar bazında yumurta paketi skalası.....	27
Tablo 4.6. Uygulamalar bazında bitki boyları.....	28
Tablo 4.7. Uygulanan bileşikler sonrası kök yaş ağırlığı değerleri.....	29
Tablo 4.8. Uygulanan bileşikler sonrası kök kuru ağırlığı değerleri.....	30

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 1.1. Kök-ur nematodlarının köklerde oluşturduğu belirti	3
Fotoğraf 3.1. Preparat dozlarının hazırlanması	15
Fotoğraf 3.2. Deneme kurulduktan 15 gün sonra feromon tuzak asılması.....	15
Fotoğraf 3.3. A. A. bitkilerin hasat edilip polietilen torbalara konulması B. ve C. köklerin musluk altında yıkanması d. köklerde oluşan urların kök-ur indeks çizelgesine göre derecelendirilmesi.....	17
Fotoğraf 3.4. Geliştirilmiş Baermann Huni Yöntemi	19
Fotoğraf 3.5. İkinci dönem larvaların ışık mikroskopunda sayımı	20
Fotoğraf 4.1. Uygulamalar bazında urluluk oranları.....	24



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
BPN	: Bitki Paraziti Nematodlar
Cm	: Santimetre
Dk	: Dakika
G	: Gram
kg	: Kilogram
Lt	: Litre
ml	: Mililitre
spp.	: Bir cinse ait tüm türler
vb.	: Ve benzeri
vd.	: Ve diğerleri
µL	: Mikrolitre
RKN	: Root-Knot Nematode
L2	: İkinci dönem larva
µL	: Mikrolitre

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında ilgi ve yardımını esirgemeyen, bilgi ve deneyimiyle yol gösterici olan, beraber çalışmaktan gurur duyduğum saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Mustafa İMREN'e teşekkür ederim.

Bu süreçte her konuda desteğini esirgemeyen bölüm hocalarımız Prof. Dr. Gülay KAÇAR, Prof. Dr. Halil KÜTÜK'e ve Arş. Gör. Dr. A. Sami KOCA'ya teşekkür ederim. Ayrıca tez sürecim boyunca yaptığı değerli katkılardan dolayı Doç. Dr. Refik BOZBUĞA ve Öğr. Gör. Nagihan DUMAN'a teşekkür ederim.

Aynı zamanda tez çalışmam boyunca yanımda olan ve her konuda desteklerini yanımda hissettiğim kıymetli arkadaşlarım Furkan ULAŞ, Sevim AYDIN ve Şerife Gül KORKULU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

1. GİRİŞ

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) patlıcangiller (*Solanaceae*) familyası içerisinde ekonomik öneme sahip tek yıllık bir sebzedir (Bergounoux, 2014). İnsan sağlığı açısından gerekli olan A, B, C, K vitaminleri ile niacin, protein, potasyum, kalsiyum, demir gibi önemli diğer besin maddelerini içermesi ve likopenin anti-kanser fonksiyonlarından dolayı domatesin önemi günden güne artmaktadır (Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010). Domates, karpuz, kırmızı portakal gibi ürünlerin yüksek likopen içerikleri sayesinde bazı kanser tipleri, kalp damar hastalıkları ve alzheimer gibi hastalıklara karşı antioksidatif etki gösterdiği bilinmektedir (Sabbag ve Sürücüoğlu, 2011). Domates taze olarak tüketilebildiği gibi salça, ketçap, sos gibi birçok ürün haline getirilip işlenebilmektedir. Bu tip ürünlerin yetiştiricilik dönemi dışında da tüketilebilmesi sayesinde tüketici tarafında çeşitlilik oluşturarak önemli bir katma değer yaratmaktadır (Oruç Büyükbay vd., 2009). Ülkemizde açık alan ve örtü altında domates yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Sofralık çeşitlerin üretimi tamamen örtü altında yapılırken tarla koşullarında hem sofralık hem de salçalık domates üretimi yapılmaktadır (Vural vd., 2000). Dünya domates üretiminde Çin, Hindistan, Türkiye ve ABD'nin 2020 yılı itibariyle domates üretimleri artmıştır. Bu ülkelerdeki üretimin artması dünya domates üretiminin yaklaşık olarak 190 milyon tona ulaşmasını sağlamıştır (Tablo 1.1) (FAOSTAT, 2023).

Tablo 1.1. Dünya domates üretiminde önemli ülkeler (bin ton) (FAOSTAT, 2023).

Ülke	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	57,432	59,220	61,027	62,974	64,838	67,636
Hindistan	18,732	20,708	19,759	19,007	20,550	21,181
Türkiye	12,600	12,750	12,150	12,841	13,204	13,095
ABD	12,877	11,138	12,613	10,858	10,939	10,475
Mısır	7,320	6,729	6,777	6,814	6,493	6,245
İtalya	6,437	6,015	5,798	5,777	6,247	6,644
Diğer	46,992	47,202	47,956	48,811	48,883	63,860
Dünya	178,027	178,862	181,317	181,889	184,786	189,133

Türkiye'nin domates ekim alanları ve üretimi 2021 yılında bir önceki yıla göre azalış göstermiştir. Türkiye'nin 2021 yılındaki domates ekim alanı 165 bin

ha'dır. Türkiye'nin 2021 yılı domates üretimi ise bir önceki yıla göre %0,8 azalarak 13.095 bin ton olmuştur (Tablo 1.2) (FAOSTAT, 2023). Türkiye'nin 2021 yılı sofralık domates üretimi 8.581 bin ton salçalık domates üretimi ise 4.515 bin tondur. Türkiye'de domates üretiminde en önemli üretici bölgeler sırasıyla %32,7 ile Akdeniz, %24,4 ile Ege ve %12,5 ile Doğu Marmara'dır. Türkiye'nin 2021 yılında il bazında domates üretiminde Antalya 2.800 bin ton ile ilk sırada gelmektedir. Antalya'yı 1.349 bin ton ile Bursa, 1.099 bin ton ile Manisa takip etmektedir (TUIK, 2022). Türkiye domateste ihracat yapan bir ülke konumundadır. En fazla domates ihraç edilen ülkeler sırasıyla Rusya, Romanya, Ukrayna, İsrail, Bulgaristan, Irak, Sudi Arabistan ve Moldova'dır. Türkiye 2019 yılında önceki yıllara göre büyük bir artış göstererek, Rusya'ya 96,8 milyon ton domates ihraç etmiştir. Türkiye'nin 2019 yılında toplam domates ihracatı yaklaşık olarak 535 bin ton ve ihracat payı 303 milyon Amerikan dolarıdır (TUIK, 2020).

Tablo 1.2. Türkiye domates üretim alanı, üretim ve verimi (FAOSTAT, 2023)

Yıllar	Ekim alanı (bin ha)	Üretim (bin ton)	(Verim ton/ha)
2016	190	12,600	66,3
2017	183	12,750	69,6
2018	169	12,150	71,6
2019	173	12,842	74,0
2020	174	13,204	75,7
2021	165	13,095	79,2

Domates yetiştiriciliğini kısıtlayan en önemli biyotik sorun bitki koruma etmenleridir. Hastalık ve zararlılar domateste ciddi ürün kaybına neden olmakta ve pazarlanabilir meyve kalitesini düşürmektedir. Bu zararlılardan biri olan Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), dünya genelinde domateste %42-54 oranında verimde azalmaya neden olmakta, bu oran bazen %50 ve %60'a kadar yükselebilmektedir (Netscher ve Sikora, 1990). Dünyada ve Türkiye'de verim kayıplarının önüne geçebilmek amacıyla birçok araştırma yapılmakta, özellikle ülkemizde örtü altı sebze yetiştiriciliğinin yaklaşık olarak yarısını oluşturan domates üzerine hala devam etmektedir. Yapılan bu çalışmaların ana amacı verimi yüksek çeşitleri ıslah etmek, bitkisel zararlı ve hastalık gruplarını ekonomik zarar eşiği altında tutmak ve daha iyi tekniklerle yetiştiricilik yaparak birim alandaki

ürün miktarını arttırmaktır. Türkiye'nin özellikle sebze üretimindeki konumunu korumak amacıyla sebzelerde önemli verim kayıplarına neden olan Kök-ur nematodları ile mücadelenin önemli bir yer tutması gereklidir.

1.1 Kök-ur Nematodları (*Meloidogyne spp.*) Hakkında Genel Bilgiler

Kök-ur nematodları ilk defa 1850'lerde Miles Joseph Berkeley tarafından salatalıkta keşfedilmiştir. *Meloidogyne* cinsi içerisinde bugüne kadar tanımlanan yaklaşık 100 nematod türü bulunmuştur (Perry vd., 2009). Bu türler çok çeşitli bitki türlerine saldırarak yaklaşık 100 milyon dolar verim kaybına neden olur. Kök-ur nematodlarının dağılımı dünya çapında olup yüzlerce bitki bu zararlının konukçusudur (Mitkowski ve Abawii, 2003). Domateste 34'ten fazla Kök-ur nematodu türü rapor edilmiş olmasına rağmen, domates üretimi için özel ekonomik öneme sahip türler *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. hapla*'dır (Noling, 2014).

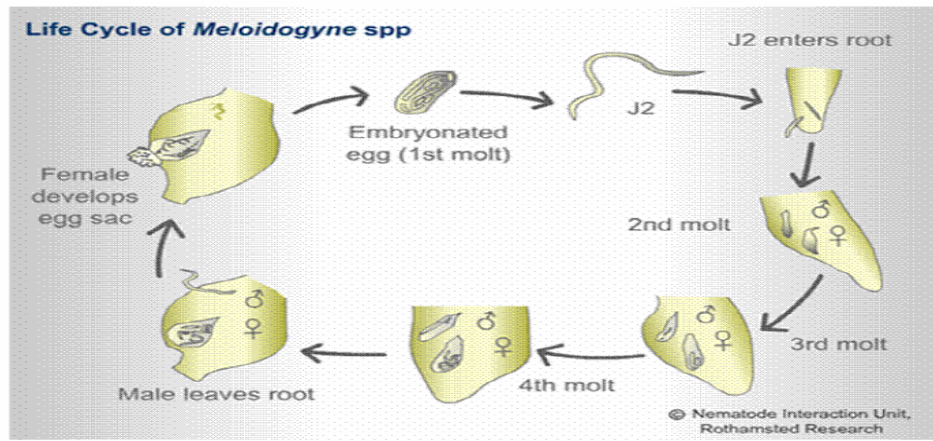
Yumurtadan çıkan larvaların bitkinin kök bölgesinde korteks dokusu içerisinde beslenmesi sonucu tipik irili ufaklı galler oluşur (Fotoğraf 1.1). Toprak altı belirtileri zararlıya ismini vermesinden anlaşılacağı üzere çok karakteristik olmasına rağmen toprak üstü belirtileri diğer birçok hastalık etmeni veya bitki besin noksanlıkları ile karıştırılabilir. Bu açıdan *Meloidogyne spp.* nematodlar içerisinde en fazla üstünde durulan türlerdir (Trudgill ve Blok, 2001).



Fotoğraf 1.1. Kök-ur nematodlarının köklerde oluşturduğu belirti

1.1.1 Kök-ur nematodlarının yaşam döngüsü

Kök-ur nematodları yaşam döngüsünün çoğunluğunu bitkinin kök kısmında geçiren zorunlu endoparazitlerdir (Caillaud vd., 2008). Kök-ur nematodlarının bir yaşam döngüsü yumurta dönemi, dört larva dönemi ve ergin olmak üzere altı dönem sonunda tamamlanır (Wesemael vd., 2014). Kışı toprakta ya da enfekteli bitki artıklarında yumurta veya larva olarak geçirir. Kök-ur nematodlarının gelişimi için hafif yapılı kumlu-tınlı topraklar idealdir. Toprak sıcaklığı 10°C altında seyrederse nematod gelişmesi durur, zararı 15°C’de başlar. (Kepenekçi vd., 2012). Dişiler yaklaşık olarak üç ay hayatta kalabilmekte ve türe bağlı olarak 500-1500 adet yumurta bırakabilmektedirler (Tiwari vd., 2019). Dişi yumurtaları genellikle jelatinimsi bir madde olan matriks tarafından çevrilip paket halinde bırakılmaktadır. Birinci dönem larva (L1) dönemi yumurta içerisinde tamamlanır ve yumurta içerisinde çıkan ikinci dönem larvalar beslenebilmek için konukçu bitki köklerini aramaya başlarlar (Eisenback ve Triantaphyllou, 1991). İkinci dönem larvalar (L2) bitki köklerini enfekte edebilmek için iyi donanımları vardır. Yumurtadan çıkan ikinci dönem larvalar kemoreseptörleri (Amphid ve Phasmid) ile kökleri algılar ve enfekte ederler. Üç ve dördüncü larva dönemi kök içerisinde tamamlanır. Dişiler dört dönem larva sonunda şişginleşir ve ur şekline dönüşür. Bu urlar bitkinin topraktan gerekli su ve besin elementlerinin alınmasını engeller. Dişiler aseksüel üreyebilme özelliğine sahiptir bu sebeple erkekler dişiler kadar önemli değildir. Erkekler iplik formundadır. Dişileri 0.7-0.8 mm boyunda, 0.4-0.5 mm genişliğinde armut şeklindedir; erkekler ise 1.2-2.0 mm uzunluğunda, larvaları 0.3-0.5 mm boyundadır (Tiwari vd., 2019).



Şekil 1.1. Kök-ur nematodlarının yaşam döngüsü (Rothamsted Research Center, 2009)

1.1.2 Kök-ur nematodlarının mücadelesi

Kök-ur nematodları ile mücadele başlıca münavebe, dayanıklı çeşitler ve kimyasal mücadele kullanılmaktadır. (Sijmons vd., 1994 ; Gheysen vd., 1996). Münavebe en pratik ve ekonomik yöntem olmasına rağmen en az 3-4 yıl uygulanması gereklidir. Sıcak havalarda özellikte örtü altında 6-8 hafta solarizasyon uygulaması nematodun üremesini büyük oranda düşürebilmektedir. Kök-ur nematodlarına dayanıklı Mi-1 geninin keşfedilmesiyle ortaya çıkan dayanıklı çeşitler hem üretimde sağlıklı başlamak hem de maliyet açısından diğer yöntemlere göre daha önem arz etmektedir (Cook ve Evans, 1987; Boerma ve Hussey, 1992; Lopez-Perez vd, 2006).

Nematodların mücadelesinde uygulanan kimyasallar nematisit olarak adlandırılmaktadır. Bu kimyasallardan bir kısmı direk olarak nematodları öldürebildiği gibi bazıları ise sadece larvaları bir süre boyunca paralyze eder (Haydock vd., 2006). Başlangıçta nematisitlerin yüksek seviyelerde *Meloidogyne* spp'yi kontrol etmede en etkili yöntem olduğu kanıtlanmıştır. (Onkendi vd., 2014). Ancak piyasadaki yüksek nematisit maliyetleri, bunların insan ve hayvan üzerindeki zararlı etkileri ve ayrıca toprakta bulunan çok sayıda faydalı organizmalara toksik etkileri sebebiyle kullanımlarını sınırlandırmaktadır (Muhtar vd., 2013). Örneğin çok yaygın kullanılan bir fumigant olan metil bromür, gelişmiş ülkelerde çevresel kaygılar sebebiyle yasaklanmıştır (Martin, 2003). Bu nedenle, kimyasal nematisitlerin yerini alacak alternatif kontrol yöntemlerinin ve sürdürülebilir yaklaşımların geliştirilmesi gereklidir.

Biyolojik mücadele veya biyokontrol, toprak kaynaklı hastalık ve zararlılar için umut verici bir mücadele yöntemidir. Bu yöntemin temelinde, patojenik bir organizmayı kontrol etmek için bir veya daha fazla faydalı antagonistik organizma kullanır. Biyokontrol, iyileştirici bir yöntem olarak değil, patojenlere karşı önleyici bir tedavi olarak en iyi şekilde uygulanır ve tek başına bir taktik olarak kullanılmamalıdır.

Tablo 1.3. Fungal ve bakteriyel biyokontrol ajanları (Askary ve Martinelli, 2015).

Fungus	Etki Şekilleri
<i>Purpureocilum lilacinum</i>	Etmen başlıca yumurta parazitidir. Lösinostatin, kitinaz ve proteaz gibi enzimler üretilip yumurta kabuğunun bozulmasına sebep olur ve larvaların yumurtadan çıkışına engel olur. Ayrıca kitinin ayrışması sonucu oluşan amonyak ikinci evre larvalar için toksiktir. Fungus tam olarak penetrasyonu gerçekleştirdikten sonra hızla büyüyen hifler yumurta içerisindeki larvaları öldürür.
<i>Trichoderma harzianum</i>	Kitinaz, proteaz ve glukanaaz gibi enzimler üretilerek <i>Meloidogyne</i> ve <i>Globodera</i> cinsi nematodların yumurtalarını parazitler.
Bakteri	Etki Şekilleri
<i>Bacillus firmus</i>	Fitohormon olan indol-3-asetik asit (IAA) üretilerek bitki direncini teşvik ederler.
<i>Bacillus thuringiensis</i>	IAA üretimi ve protein genlerinde bulunan nematosisidal toksinler
<i>Bacillus subtilis</i>	IAA üretimi ve lipopeptit üretilerek (iturin ve surfactin) antibiyotik etki
<i>Pasteuria penetrans</i>	Obligat parazittir. Bakteri endosporları nematod toprak içerisinde hareket ederken kutikula yapışır ve çim tüpü oluşturarak penetrasyonu sağlar. Enfeksiyon ilerledikçe sporlar tüm vücudu kaplar.

Bitki paraziti nematodlar ile mücadele edebilme yeteneğine sahip olan mikroorganizmalar bazı fungus, bakteri ve aktinomisetler'dir. Bunlar çeşitli mekanizmalar vasıtasıyla antagonistik etki gösterirler. Patojenik olmayan bakteriler (1) bitki direncini uyararak antagonistik etki gösterir, (2) uzaklaştırıcı bileşiklerle sinyal vererek nematodlar çekilir veya (3) köklerde kolonize olarak enfektif juvenillerin köke girişini engellerler. Bazı mikroorganizmalar nematodları öldürücü toksinler üretirken bazı funguslar ise onların üzerinde

parazit olarak yaşar. Tüm bu mekanizmalar canlı veya cansız birçok faktörden etkilenir ve biyolojik mücadelede kullanımlarını sınırlar (Sikora, 1992). Her toprağın Kök-ur nematodlarını farklı sınırlama kapasitesi vardır. Bu sınırlama toprağın mikrobiyal aktivitesine bağlıdır (Sikora, 1992). Kök-ur nematolarını baskılayıcı topraklar mikrobiyal aktivitesi yüksek olan topraklardır (Bent vd., 2008). Mikrobiyal baskılayıcı potansiyeli en yüksek olan gruplar (1) nematod yumurtalarını parazitleyen patojenik funguslar, (2) rizobakteriler, (3) antagonistik etki gösteren funguslar, (4) endofitik funguslar, (5) obligat parazit bakteriler'dir (Whipps ve Davies, 2000).

Tablo 1.4. Bitki paraziti nematod mücadelesinde kullanılan bakteriyel ürünler (Abd-Elgawad ve Askary, 2018), (Migunova ve Sasanelli, 2021)

Bakteri	Ürün	Ülke
<i>Pasteuria penetrans</i>	Econem	ABD
<i>Pasteuria penetrans</i>	Econem	Japonya
<i>Burkholderia Cepacia</i>	Deny	Winconsin-ABD
<i>Bacillus chitinosporus</i> , <i>Bacillus laterosporus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i>	BioStart	ABD
<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Nemix C	Brezilya
<i>Serratia marcescens</i>	Nemaless	Mısır
<i>Bacillus firmus</i>	BioNemaGon	Hindistan
<i>Bacillus firmus</i>	BioNem-WP	İsrail
<i>Bacillus firmus I-1582</i>	Poncho	Raleigh-Kuzey Korolina
<i>Serratia spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Azotobacter spp.</i> , <i>Bacillus circulans</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i>	Micronema	Mısır
<i>Rhizobakteriler ve</i> <i>Mikrobiyal meta-bolitler</i>	Ag-Blend	Texas-ABD
<i>Bacillus methylotrophicus</i>	Onix	Brezilya

Tablo 1.5. Bitki paraziti nematod mücadelesinde kullanılan fungal ürünler (Abd-Elgawad ve Askary, 2018).

Fungus	Ürün	Ülke
<i>Pochonia</i> <i>chlamydosporia</i>	<i>KlamiC®</i>	Birleşik Krallık
<i>Purpureocillium</i> <i>lilacinus</i>	BIOACT®WG	Almanya
<i>Purpureocillium</i> <i>lilacinus</i>	Miexianning	Çin
<i>Purpureocillium</i> <i>lilacinus</i>	BIOACT®WP	Almanya
<i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i>	Trichobiol	Kolombiya
<i>Purpureocillium</i> <i>lilacinus</i>	Melocon®WG	Almanya
<i>Purpureocillium</i> <i>chlamydosporia</i>	PcMR-1 strain	Portekiz
<i>T. harzianum</i> (isolate DB 104)	Romulus	Güney Afrika
<i>Myrothecium verrucaria</i>	DiTera®	ABD

Kök-ur nematodları için en umut verici biyolojik bitki koruma ürünü *Trichoderma* ve *Purpureocilum* cinsi funguslar (Dababat vd., 2006; Affokpon vd., 2011; Wilson and Jackson, 2013) ve *Pasteuria penetrans*'ın endosporları ve rizobakterileri (*Bacillus*) içeren preparatlardır (Wilson ve Jackson, 2013).

Funguslar ve bakteriler gibi doğal düşmanlar zararlı ve hastalık yönetimi için yıllardır kapsamlı bir şekilde araştırılmakta ve biyopestisit pazarı hızla genişlemektedir. Bu çalışma da *Bacillus* tabanlı bazı biyopreparatların Kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita*'nın üremesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Oka vd. (1993), *Bacillus cereus* bakterisinin, *M. javanica*'nın ikinci dönem larvalarını baskıladığı ve larvaların domates köklerine nüfuz etmesini engellediğini bildirmişlerdir.

Mahdy vd. (2000), *B. cereus* S18 ırkının domateste *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* 'ya karşı etkinliğini araştırmış olup, *B. cereus* 'un urlanma ve yumurta paketi sayısını azalttığı saptanmıştır. En düşük urlanma *M. incognita*'da gözlenmiştir. Antagonistik rizobakteriler *M. arenaria*'nın urlanma sayısında ve yumurta paketi sayısında azalma sağlayamamıştır. Bitki sürgünü, kök taze ağırlığı ve kök uzunluğu bakteri enfeksiyonu olan, nematodlu ve nematodsuz tüm bitkilerde önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir.

Dababat vd. (2006), *Trichoderma harzianum* ve *T. viride*'nin Kök-ur nematodu *M. incognita* üzerine etkinliğini inceledikleri çalışmada, test edilen tüm izolatların kontrol karakterine kıyasla az derecede etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Mutualistik endofitik fungus *F. oxysporum* 162 izolatının ise *Trichoderma* izolatlarından daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Horani vd. (2006), yerel bir *B. thuringiensis jordanica* (Btj) türü olan H71 serotipinin domatesi enfekte eden *M. javanica* üzerine etkinliğini inceledikleri çalışmada, sırasıyla *M. javanica* yumurtaları veya ikinci dönem larvalar (L2) dikkate alındığında %51-59 oranında bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Radwan (2007), *B. thuringiensis* (Bt, Dipel 2X, 12 mg/kg toprakta), üzüm cibresi (CL), Achook®'un (AC) (tavuk gübresi (GM)'in domateste *M. incognita* üzerine etkisi araştırılmıştır. *Bacillus thuringiensis*'in *M. incognita*'ya karşı etkinliği, toprağa organik katkı maddelerinin eklenmesiyle önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir.

Terefe vd. (2009), *B. firmus*'un ticari formülasyonu (BioNem)'i Kök ur nematodu *M. incognita*'ya etkinliğini araştırmışlardır. BioNem'in urlanma oluşumunu %91, ikinci dönem larva sayısını %76 ve yumurta sayısını %45 oranında azalttığını tespit etmişlerdir.

Singh vd. (2013), Hindistan'nın farklı bölgelerinden toplanan 24 *P. lilacinum* izolatının Kök ur nematodu *M. incognita* üzerine etkinliğini araştırmışlardır. İn vitro çalışmalar sonucunda, HYBDPL-04 izolatının yumurta paketlerinin açılımını engellemesi (%90), yumurtaların parazitlenmesi (%75) ve en

yüksek ölüme (%80) sağlaması ile nematodun mücadelesinde oldukça etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Walia vd. (2014), *Pasteuria penetrans*'ın domates bitkisinde *M. javanica* üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Yaz mevsiminde (ortalama maksimum sıcaklık 34,5°C ve minimum 26,4°C) en yüksek *P. penetrans* dozları (g toprakta 8x104 ve 10x104 endospor), domates fidelerinin daha iyi çimlenmesine neden olduğu ve fidelerin taze ağırlıklarının artmasını sağlağı gözlemlenmiştir. En yüksek iki doz olan 8x104 ve 10x104 uygulamalarının %70'e kadar nematod enfeksiyonunu azalattığını saptanmıştır.

Xiong vd. (2015), *B. firmus* YBf-10 türünün saksıda sistemik nematisit aktivitesi ve biyokontrol etkinliğini araştırdıkları çalışmada, *M. incognita*'nın üzerinde öldürücü etki, yumurta çıkışını engelleme ve hareket edebilme yeteneğini kısıtladığı tespit edilmiştir. *B. firmus* YBf-10 türünün umut verici bir nematisidal ürün olduğunu ve Kök-ur nematodu mücadelesinde büyük bir potansiyele sahip olduğu bildirmişlerdir.

Song vd. (2016), *P. lilacinum* suşu CQPL01, mikrosklerot üretim potansiyelini araştırmak için farklı demir sülfat konsantrasyonlarında kültüre alınmıştır. Mikrosklerotlar, konidyumlara kıyasla daha iyi nematofaj yeteneği sergilemiştir. Bu sonuçlar, *P. lilacinum* bazlı biyokontrol ürünlerinde konidyum kullanımı yerine mikrosklerot kullanılmasının daha etkin olabileceğini ortaya koymuştur.

Kumari vd. (2017), *P. penetrans*'ın *M. incognita* üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, *P. penetrans*'ın inokulasyondan bir gün sonra %40 oranında nematodun ikinci dönem larvalarını hapsedtiği ve sağlıklı olan ikinci dönem larvaların ise %63,7'sinin domates köklerine penetre olduğunu tespit etmişlerdir.

Rao vd. (2017), potansiyel bir biyokontrol ajanı olan *B. subtilis* IIHR BS-2 izolatını *in vitro* ve tarla koşullarında havuçtaki nematod-bakteri hastalık kompleksine karşı etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada, *in vitro* koşullarda *B. subtilis*'in kültür filtratları *M. incognita* yumurtalarının üremesini engellediği (%94,65) ve ikinci dönem larvaların ölümüne (%91,26) neden olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, *B. subtilis* IIHR BS-2 izolatını güçlü nematisidal aktiviteye sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

El-Nagdi vd. (2018), *B. subtilis* (BS) ve *B. pumilus* (BP1 ve BP2) izolatlarını saksı denemesinde bezelyeyi enfekte eden *M. incognita*'yı kontrol etmek için kombinasyon halinde ve tek başlarına uyguladıkları çalışmada, bakterilerin tekli uygulamalarının toprakta (%50-80), köklerde (J2) (%57-78), dişilerde (%55-74), urlarda (%65-74) ve yumurtada larva (J2) sayısını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

Dahlin vd. (2019), kimyasal nematisit olan fluopyram etken maddeli Velum ve Bioact WG olarak formüle edilen *P. lilacinum* suşu 251'in Kök ur nematodları üzerine kombine etkinliğini araştırmışlardır. İki yıl üst üste yapılan sera denemelerinde, kombinasyon uygulamalarının tekli nematisit uygulamasına kıyasla verimi arttırdığını tespit etmişlerdir.

El-Khair vd. (2019), *B. subtilis*, *B. pumilus* veya *P. fluorescens*'in iki izolatının bürülcede zararlı *M. incognita* üzerine etkisini incelemişlerdir. *B. subtilis* (Bs2) türünün *M. incognita*'nın üreme kabiliyetini azalttığını ve bunu %81 oranında *B. pumilus* (Bp2) takip ettiğini bildirmişlerdir.

Sohrabi vd. (2020), *Glomus mosseae*, *B. subtilis* ve *T. harzianum*'un bireysel ve kombinasyon uygulamalarının domates verimine etkisi ve Kök-ur nematodu *M. javanica* üzerine etkinliğini sera koşullarında araştırmışlardır. Söz konusu biyokontrol ajanların üçünün birlikte uygulanmasının tek uygulanmalarına kıyasla daha iyi etki göstererek, topraktaki *M. javanica*'nın ikinci dönem larva sayısını %36 oranında azalttığını tespit etmişlerdir.

Bavaresco vd. (2020), hassas ve dayanıklı iki domates çeşidinde *B. subtilis*'in fide dikiminden önce ve sonraki uygulamalarının *M. incognita* popülasyonu üzerine etkisini araştırmışlar ve *B. subtilis* uygulamasının *M. incognita*'nın ikinci dönem larva ve yumurta sayısını azalttığını bildirmişlerdir.

Yin vd. (2021), *B. cereus* Bc-cm103 suşunun *M. incognita*'ya karşı etkinliğini testledikleri çalışmada, Bc-cm103 suşunun ikinci dönem larvalarda 12 saat içinde %100 ölüme neden olduğunu, yumurtadan ikinci dönem larvaların çıkışının saksıda %40.06, kök ve tarla denemelerinde ise kök-ur lanma görünümünü önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçların sonucunda *B. cereus* suşu Bc-cm103'ün *M. incognita* üzerinde güçlü bir baskılayıcı etkiye sahip olduğunu, dolayısıyla bu patojene karşı potansiyel bir biyokontrol ajanı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Tian vd. (2022), *M. incognita*'ya karşı yeni bakteriyel biyokontrol ajan belirlemek amacıyla, hıyar bitkisinin rizosfer toprağından elde edilen *B. velezensis* Bv-25 türünün nematisit aktivitesini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, Bv-25 izolatının *M. incognita*'nın yumurtadan çıkışını engellediğı ve ikinci dönem larvaları (J2'ler) öldürdüğü (%100) ve güçlü nematisit aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ye vd. (2022), *B. altitudinis* AMCC 1040 tarafından üretilen uçucu bileşiklerden 2,3-bütandion, asetik asit, 2-izopropoksi etilamin, 3-metilbütirik asit, 2-metilbütirik asit ve oktanoik asit dahil olmak üzere altı tanesinin nematisidal aktiviteye sahip olduğunu tanımlamışlardır.



3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada bazı biyopreparatların Kök-ur nematodu *M. incognita*'nın üremesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

3.1 Materyal

Çalışmanın ana materyalini; hassas Falkon domates çeşidi, denemede kullanılacak saf *M. incognita* kültürü, *Bacillus licheniformis* ve *Bacillus subtilis* türü bakterileri içeren Biyopreparat-I, *Bacillus licheniformis* türü bakterileri içeren Biyopreparat-II, *Purpureocillium lilacinus* 251'in sporlarını içeren Biyopreparat-III, Fluopyram 400 g/L ve Abamectin 20 g/L oluşturmaktadır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Denemeyi oluşturan uygulamalar ve dozları

No	Uygulama	Form.	Oran (ml/hL veya g/hL)	Zaman
1	Biyopreparat-I	SC	1 L/ha (0.05 L/1000 plant)	ABD
2	Biyopreparat-I	SC	1 L/ha	BD
3	Biyopreparat-I	SC	1 L/ ha	CD
4	Biyopreparat-I + Biyopreparat-II	SC	1 L/ha + 0.5L/ha	CD
5	Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	DC-SC	0.75 L/ha+0.6L/ha	CD
6	Abamectin 20 g/L	SC	4 L /ha	CD
7	Kontrol (+) (Nematod verilen)	NA	NA	NA
8	Kontrol (-)	NA	NA	NA

NA: Uygulama yapılmayan, SC: Süspansiyon konsantre, DC: Disperse olabilen konsantre A: Dikimden 5-7 gün önce toprağa, B: Dikimle beraber daldırma, C: Dikimden hemen sonra toprağa, D: Dikimden 14 gün sonra toprağa

Bazı biyopreparatların Kök-ur nematodu *M. incognita*'nın üremesi üzerine etkisi araştırıldığı çalışmada uygulamalar farklı zamanlarda uygulanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Uygulama zamanı için kullanılan semboller.

Kod	Zamanlama
A	Dikimden 5-7 gün önce toprağa
B	Dikimle beraber daldırma
C	Dikimden hemen sonra toprağa
D	Dikimden 14 gün sonra toprağı

3.2 Metot

3.2.1 Saf nematod kültürünün elde edilmesi

Denemede kullanılan *M. incognita* inokulumu (toprak ve urlu kök) Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji laboratuvarına ait Kök-ur nematodu saf kültürlerinden elde edilmiştir.

3.2.2 Denemenin kurulması

Deneme iklim odasında (25 ± 2 °C sıcaklık ve 60 ± 10 bağıl nem, 16:8 A:K) periyod koşullarında dokuz karakter ve beş tekerrür olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 0.5 litrelik siyah saksılara kurulmuştur. Saksılarda kullanılan toprak karışımı %50 kum, %25 toprak ve %25 torf içermekte olup, 121°C’de otoklav ile sterilize edildikten sonra hassas Falkon domates çeşitleri şaşırtılmıştır.

Dikimden yedi gün sonra saf kök-ur nematodu kültüründen elde edilen yumurta paketleri, her bir bitkinin kök boğazından 2 cm uzaklıkta ve 3,5 cm derinlikte karşılıklı açılan 3 adet çukura pastör pipet yardımı ile bulaştırılmıştır. Yumurta paketlerinin bulaştığı çukurlar dikkatli bir şekilde yine aynı toprak karışımı ile kapatılmıştır. Yumurta paketleri bulaştırıldıktan sonra uygulama dozları mikropipet yardımı ile 15 ml’lik santrifüj ve 50 ml’lik falkon tüplere hazırlanıp toprağa uygulanmış ve deneme kurulmuştur (Fotoğraf 3.1).

Uygulama zamanına göre ikinci ve üçüncü ilaçlamalar aynı şekilde yapılmıştır. İlaçlama öncesinde ve sonrasında preparatların etkinliğini arttırmak amacı ile toprak sulanmıştır. Deneme süresi boyunca domates bitkilerinin su ihtiyacı üç günde bir periyodik bir şekilde verilmiştir. Ayrıca domatesin örtü altı ve açık alanda ana zararlısı konumunda olan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) karşı feromon tuzakları asılmıştır (Fotoğraf 3.2).

Domates bitkilerine inokulum (yumurta paketi) bulaştırıldıktan 60 gün sonra bitki skmleri ile değerlendirmeler yapılarak deneme sonlandırılmıştır.



Fotoğraf 3.1. Preparat dozlarının hazırlanması



Fotoğraf 3.2. Deneme kurulduktan 15 gün sonra feromon tuzak asılması

3.2.3 Denemenin değerlendirilmesi

Deneme sonunda her saksıdaki bitkinin sökümü yapılarak her biri farklı polietilen torbalara konularak labaratuvara getirilmiştir. Uygulamalara ait urlanma ve ikinci dönem larva ve yumurta paketi sayısı değerlendirilmiştir.

3.2.4 Urlanma /gal indeksi

Çalışmada her uygulamanın kökler üzerindeki ur indeksini belirlemek amacıyla kökler musluk altında dikkatli bir şekilde yıkanmıştır. Yıkanan kökler kurutma kağıdında durulandıktan sonra hassas terazi ile yaş ağırlıkları hesaplanmıştır (Fotograf 3.3).



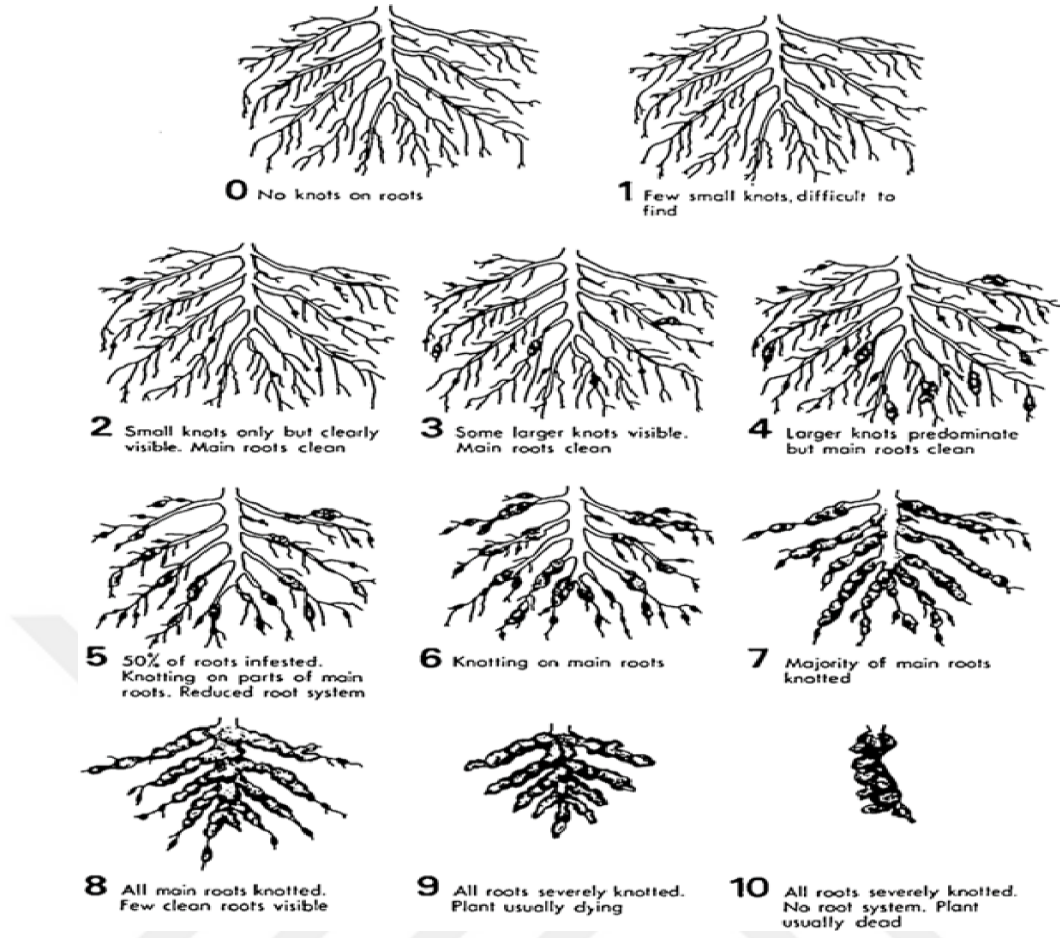
Fotograf 3.3. A. bitkilerin hasat edilip polietilen torbalara konulması B. ve C. köklerin musluk altında yıkanması D. köklerde oluşan urların kök-ur indeks çizelgesine göre derecelendirilmesi

Uygulamaların köklerde meydana getirdiği ur gelişimini değerlendirmek için Zeck skalası (Zeck, 1971) kullanılmıştır. (Tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Denemenin değerlendirilmesinde kullanılan 0-10 Zeck skalası.

Urluluk derecesi	Değerlendirme
0	Kök sistemi ursuz
1	Kökte çok az ur var
2	Urlar küçük ancak 1'dekine göre sayıca çok
3	Kök sisteminde sayıca çok ur var, urların bazıları birleşerek çok büyümüş
4	Çok sayıda urlara ilaveten büyük urlar mevcut
5	Kök sisteminin %25'i görev yapamaz durumda
6	Kök sisteminin %50'si görev yapamaz durumda
7	Kök sisteminin %75'i görev yapamaz durumda
8	Sağlam kök kalmamış, bitkinin beslenme düzeni bozulmuş fakat bitki halen yeşil
9	Kök sistemi tamamen urla kaplı, kök çürümüş
10	Kök ve bitki ölü

Uygulamaların köklerde meydana getirdiği ur gelişimini derecelendirmek için Şekil 3.1'de belirtilen Kök-ur indeks çizelgesi (Root Evaluation Chart, Bridge ve Page 1980) kullanılmıştır. (Şekil 3.1).



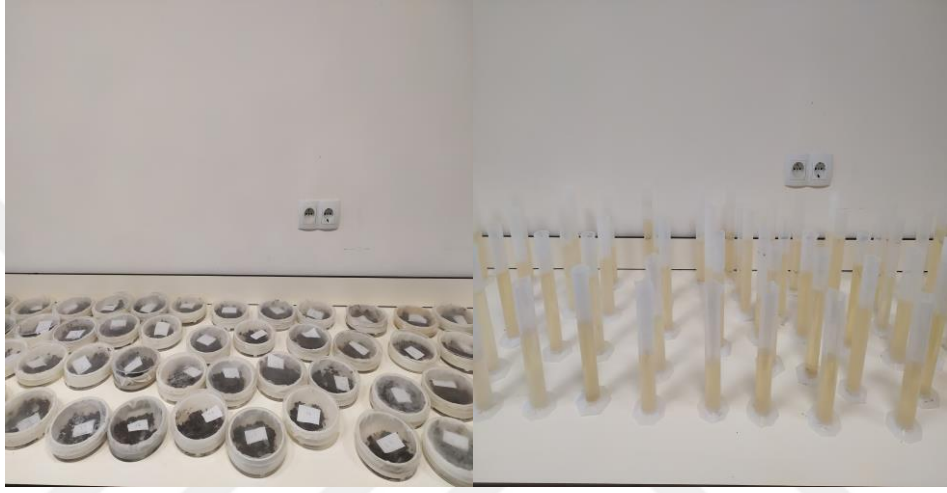
Şekil 3.1. Kök-ur indeks çizelgesi (Root Evaluation Chart, Bridge ve Page 1980)

Uygulamaların köklerde meydana getirdiği yumurta gelişimini derecelendirmek için yumurta paketi reaksiyon skalası kullanılmıştır (Tablo 3.4).

3.2.5 İkinci dönem larva sayısı

Uygulama karakterlerinin topraktaki ikinci dönem larva popülasyonuna etkisinin belirlenmesinde “Geliştirilmiş Baermann-Huni Yöntemi” kullanılarak her saksıdan 100 g toprak örneği alınmıştır (Hooper, 1986). Burada 12 cm çapında, 2 cm yüksekliğinde plastik petriler ve petrilerin içerisine girebilen elekler kullanılmıştır. Eleklerin yüzeyine bir çift filtre kağıdı ıslatılıp elek üzerine örtülmüştür. Daha sonra her saksıdan alınan 100 g toprak iyice karıştırılarak elek üzerine yerleştirilmiştir. Petri kutularının içerisinde elekte bulunan topraklar ıslanıncaya kadar alt taraftan su eklenmiş ve 2 gün boyunca suları ara ara kontrol edilmiştir. Bu şekilde 48 saat içerisinde toprakta bulunan nematodların petri kutusundaki suya geçişi sağlanmıştır (Fotoğraf 3.4). Daha sonra 48 saat bekleyen petri içerisindeki su, 100 ml’lik uzun mezürlere alınmış ve nematodların dibe çökmesi için 24 saat beklenmiştir. Mezürdeki su 24 saat bekledikten sonra 10 ml su

kalacak şekilde ve dipteki nematodlara zarar gelmeden üst taraftan alınmıştır. Mezürdeki kalan 10 ml su 15 ml'lik santrifüj tüplere alınmış ve bu tüplerde en az 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonra santrifüj tüpdeki su 1 ml'ye pastor pipet yardımıyla indirilerek nematodlar ışık mikroskopunda sayım için hazır hale getirilmiştir. Son olarak mikropipet 50 µl'ye ayarlanarak örnekler ışık mikroskopunda sayılmıştır (Fotoğraf 3.5). Sayım sonuçları 20 ile çarpılarak 1 ml'ye oranlanmış ve 100 g topraktaki nematod yoğunlukları hesaplanmıştır (Hooper, 1986).



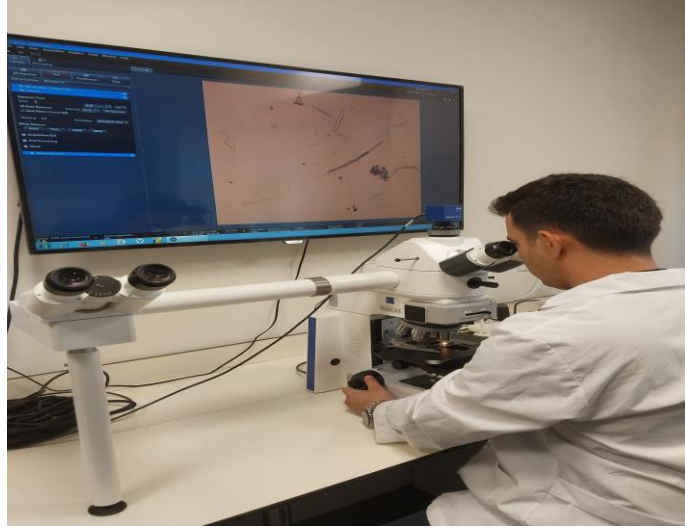
Fotoğraf 3.2. Geliştirilmiş Baermann Huni Yöntemi

3.2.6 Yumurta paketi sayısı

Kökler musluk altında dikkatli bir şekilde yıkandıktan sonra Stereo mikroskop ile yumurta paketleri sayılmıştır.

Tablo 3.4. Denemenin değerlendirilmesinde kullanılan yumurta paketi reaksiyon skalası (Sasser vd. 1984, Triantaphyllou 1981).

Kökteki yumurta kümesi sayısı	Skala değeri	Sonuç
Yumurta kümesi yok	0	Dayanıklı
1-2	1	Dayanıklı
3-10	2	Dayanıklı
11-30	3	Hassas
31-100	4	Hassas
101-Üstü	5	Hassas



Fotoğraf 3.5. İkinci dönem larvaların ışık mikroskobunda sayımı

3.2.7 İstatistiksel analiz

Deneme sonucunda elde edilen tüm değerlerin varyans analizleri (ANOVA) için SPSS (Version 15.00; SPSS, Chicago, IL, USA) istatistik yazılım programı kullanılmış olup, ortalamaların karşılaştırması Duncan testine göre $P \leq 0.05$ düzeyinde yapılmıştır.

Uygulamaların *M. incognita*'nın üremesi üzerine etkisini değerlendirmek için bitkilerin köklerindeki ırlanma indeksi ve ikinci dönem larva sayısı esas alınmıştır. Ayrıca bu uygulamaların domates bitkisinin gelişimine olan etkisini belirlemek için bitkinin boyu, kök yaş ve kuru ağırlığı esas alınmıştır. Karakterler arasındaki istatistiksel fark ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bazı biyopreparatların Kök-ur nematodu *M. incognita*'nın üremesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, urlanma indeksi, ikinci dönem larva ve yumurta paketi sayısı, bitkinin boyu, kök yaş ve kuru ağırlığı değerlendirilmiştir.

4.1 Uygulamaların urlanma / gal indeksine etkisi

Uygulamaların *M. incognita*'nın urlanma / gal indeksi üzerine etkisini belirlemek amacıyla bitkilerinin köklerinde oluşan urlanma derecesi Zeck skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Karakterlerin ortalama gal indeks değerlerine tek yönlü varyans analizi uygulanarak (One-way ANOVA) uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Uygulamaların kökteki gal indeksi üzerine etkisi.

Deneme karakterleri	Urlanma skala değeri [Ortalama±St. Hata (min-max)]	
1. Biyopreparat-I (ABD)	4.60±0.24 (4.00-5.00)	c*
2. Biyopreparat-I (BD)	4.20±0.37 (3.00-5.00)	bc
3. Biyopreparat-I (CD)	5.00±0.31 (4.00-6.00)	c
4. Biyopreparat-I + Biyopreparat-II	4.60±0.24 (4.00-5.00)	c
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	0.40±0.24 (0.00-1.00)	a
6. Abamectin 20 g/L	3.40±0.24 (3.00-4.00)	b
7.Kontrol (+)	7.00±0.31 (6.00-7.00)	d
8.Kontrol (-)	0.00±0.00 (0.00-0.00)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Karakterler arasındaki istatistiksel fark [$F(8,32) = 63,90$], $P = 0,0001$ ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, en düşük urlanma oluşumu sırasıyla, Biyopreparat-III + Fluopyram 400

g/L, Abamectin 20 g/L ve Biyopreparat-I (BD) en yüksek urlanma oluşumu ise sırasıyla, Biyopreparat-I (ABD), Biyopreparat-I(CD) , Biyopreparat-I + Biyopreparat-II uygulamalarında gözlemlenmiştir (Tablo 4.1).

Çalışma sonucunda, Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L'nin gal indeksini kontrol (+)'e göre %93,81 oranın da azalttığı ve bunun en yüksek etki olduğu, bunu sırasıyla Abamectin 20 g/L'nin %51,43 ve Biyopreparat-I (BD)'nin %40 ile takip ettiği saptanmıştır. Biyopreparat-I (CD) gal indeksini kontrol (+)'e göre %27,14 oranın da azalttığı ve bunun en düşük etki olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.2) (Fotograf 4.1).

Tablo 4.2. Uygulamaların gal indeksini Kontrol (+)'e göre azaltıcı etkisi (%).

Deneme karakterleri	Urlanma skala değeri [Ortalama±St. Hata]	Azaltıcı etki %
1. Biyopreparat-I (ABD)	4.60±0.24	33.69
2. Biyopreparat-I (BD)	4.20±0.37	40.00
3. Biyopreparat-I (CD)	5.00±0.31	27.14
4. Biyopreparat-I+Biyopreparat-II	4.60±0.24	33.33
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	0.40±0.24	93.81
6. Abamectin 20 g/L	3.40±0.24	51.43
7.Kontrol (+)	7.00±0.31	0.00
8.Kontrol (-)	0.00±0.00	0.00

Uygulamaların yüzde etkilerinin açılış değerleri karşılıklarına DUNCAN testi uygulanarak karakterlerin gal indeksini kontrol (+)'e göre azaltıcı etkileri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ortaya konulmuştur (Tablo 4.2).



Fotoğraf 4.1. Uygulamalar bazında urluluk oranları

4.2 Uygulamaların ikinci dönem larva sayısına etkisi

Uygulamaların *Meloidogyne incognita*'nın ikinci dönem larvaları üzerine etkisini belirlemek amacıyla bitkilerinin köklerindeki ikinci dönem larva sayısı kullanılarak değerlendirilmiştir. Karakterlerin ortalama ikinci dönem larva sayılarına tek yönlü varyans analizi uygulanarak (One-way ANOVA) uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Uygulamaların ikinci dönem larva üzerine etkisi.

Deneme karakterleri	Larva sayıları (L2) [Ortalama±St. Hata (min-max)]	
1. Biyopreparat-I (ABD)	954.00±117.32 (610-1220)	cd*
2. Biyopreparat-I (BD)	712.00±133.01 (190-610)	bc
3. Biyopreparat-I (CD)	832.00±54.99 (660-960)	cd
4. Biyopreparat-I+Biyopreparat-II	1250.00±96.85 (940-1530)	e
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	4.00±2.44 (0-10)	a
6. Abamectin 20 g/L	490.00±53.85 (320-640)	b
7. Kontrol (+)	1656.00±62.81 (1510-1860)	f
8. Kontrol (-)	0.00±0.00 (0.00-0.00)	a

* Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Uygulamaların yüzde etkilerinin açığa değerleri karşılıklarına DUNCAN testi uygulanarak karakterlerin ikinci dönem larva sayısına etkileri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ortaya konulmuştur. Karakterler arasındaki istatistiksel fark [$F(8,32) = 46,27$], $P = 0,0001$ ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, en düşük ikinci dönem larva sayısı sırasıyla,

Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (4.00 ± 2.44) saptanmış, Kontrol (+)'da ise 1656.00 ± 62.81 en yüksek ikinci dönem larva saptanmıştır (Tablo 4.3).

Çalışma sonucunda, Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L'nin nematodun ikinci dönem larva sayısını kontrol (+)'e göre %99,76 oranın da azalttığı ve bunun en yüksek etki olduğu, bunu sırasıyla Abamectin 20 g/L'nin %70,29 ve Biyopreparat-I (BD)'nin ise %57,36 ile takip ettiği saptanmıştır. Biyopreparat-I + Biyopreparat-II nematodun ikinci dönem larva sayısını Kontrol (+)'e göre %24,18 oranın da azalttığı ve bunun en düşük etki olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Uygulamaların ikinci dönem larva sayısını Kontrol (+)'e göre azaltıcı etkisi (%).

Deneme karakterleri	Larva sayıları (L2) [Ortalama $\pm$ St. Hata]	Azaltıcı etki %
1. Biyopreparat-I (ABD)	954.00 ± 117.32	42.31
2. Biyopreparat-I (BD)	712.00 ± 133.01	57.36
3. Biyopreparat-I (CD)	832.00 ± 54.99	49.66
4. Biyopreparat-I+Biyopreparat-II	1250.00 ± 96.85	24.18
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	4.00 ± 2.44	99.76
6. Abamectin 20 g/L	490.00 ± 53.85	70.29
7.Kontrol (+)	1656.00 ± 62.81	0.00
8.Kontrol (-)	0.00 ± 0.00	0.00

4.3 Yumurta kümesi reaksiyon skalası

Uygulamaların *Meloidogyne incognita*'nın yumurta paketine üzerine etkisini belirlemek amacıyla bitkilerin köklerindeki yumurta paketi sayısı esas alınarak değerlendirilmiştir. Karakterlerin ortalama yumurta paketi skala değerlerine tek yönlü varyans analizi uygulanarak (One-way ANOVA) uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Uygulamalar bazında yumurta paketi skalası.

Deneme karakterleri	Skala değerleri [Ortalama±St. Hata (min-max)]	
1. Biyopreparat-I (ABD)	1.60±0.24 (1.00-2.00)	c*
2. Biyopreparat-I (BD)	1.20±0.20 (1.00-2.00)	bc
3. Biyopreparat-I (CD)	1.40±0.24 (1.00-2.00)	c
4. Biyopreparat-I + Biyopreparat-II	1.80±0.20 (1.00-2.00)	c
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	0.40±0.24 (0.00-1.00)	ab
6. Abamectin 20 g/L	1.20±0.20 (1.00-2.00)	bc
7. Kontrol (+)	3.20±0.48 (2.00-5.00)	d
8. Kontrol (-)	0.00±0.00 (0.00-0.00)	a

* Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Uygulamaların yüzde etkilerinin açığa değerleri karşılıklarına DUNCAN testi uygulanarak karakterlerin yumurta paketi sayısına etkileri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ortaya konulmuştur. Karakterler arasındaki istatistiksel fark [$F(8,32) = 11,05$], $P = 0,0001$ ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, en düşük yumurta paketi sayısı sırasıyla Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/ (0.40 ± 0.24), Biyopreparat-I (BD) (1.20 ± 0.20) ve Abamectin 20 g/L (1.20 ± 0.20) uygulamalarında saptanmıştır (Tablo 4.5).

En yüksek yumurta paketi sayısı sırasıyla Kontrol (+) (3.20 ± 0.48) ve Biyopreparat-I + Biyopreparat-II (1.80 ± 0.20) uygulamalarında görülmüştür. Bunu Biyopreparat-I (CD) (1.40 ± 0.24) uygulaması izlemiştir (Tablo 4.5).

4.4 Bitki boyları

Uygulamaların bitki boyuna olan etkisini belirlemek amacıyla bitkilerin boyları esas alınarak değerlendirime yapılmıştır. Karakterlerin ortalama bitki boyuna değerlerine tek yönlü varyans analizi uygulanarak (One-way ANOVA) uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Uygulamalar bazında bitki boylar.

Deneme karakterleri	Bitki boyları [Ortalama±St. Hata (min-max)]	
1. Biyopreparat-I (ABD)	30.20±0.58 (29-32)	a*
2. Biyopreparat-I (BD)	29.40±2.06 (25-37)	a
3. Biyopreparat-I (CD)	39.80±2.05 (32-44)	bc
4. Biyopreparat-I + Biyopreparat-II	42.40±1.43 (38-45)	cd
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	45.40±0.92 (42-47)	d
6. Abamectin 20 g/L	37.80±1.62 (33-41)	b
7. Kontrol (+)	26.60±0.50 (25-28)	a
8. Kontrol (-)	50.20±0.86 (48-53)	e

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Uygulamaların yüzde etkilerinin açış değerleri karşılıklarına DUNCAN testi uygulanarak karakterlerin bitki boyuna olan etkileri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ortaya konulmuştur. Karakterler arasındaki istatistiksel fark $[F(8,32) = 36,10]$, $P = 0,0001$ ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, en yüksek bitki boyu sırasıyla Kontrol (-) ve Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L uygulamalarında, en düşük bitki boyu ise Kontrol (+), Biyopreparat-I (BD) ve Biyopreparat-I (ABD) uygulamalarında görülmüştür (Tablo 4.6).

4.5 Kök yaş ağırlığı

Uygulamaların *Meloidogyne incognita*'nın bitkinin kök yaş ağırlığı üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla bitkilerin kök yaş ağırlıkları esas alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Karakterlerin kök yaş ağırlıkları değerlerine tek yönlü varyans analizi uygulanarak (One-way ANOVA) uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Uygulanan bileşikler sonrası kök yaş ağırlığı değerleri.

Deneme karakterleri	Kök yaş ağırlığı [Ortalama±St. Hata (min-max)]	
1. Biyopreparat-I (ABD)	24.05±1.98 (18.80-29.97)	ab*
2. Biyopreparat-I (BD)	21.55±1.29 (18.05-25.21)	ab
3. Biyopreparat-I (CD)	20.39±0.99 (17.77-22.86)	a
4. Biyopreparat-I + Biyopreparat-II	22.45±2.07 (18.44-29.38)	ab
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	43.99±2.80 (36.32-49.45)	c
6. Abamectin 20 g/L	44.24±4.56 (30.91-54.26)	c
7. Kontrol (+)	18.58±1.94 (11.99-23.45)	a
8. Kontrol (-)	49.06±1.10 (46.13-52.46)	c

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Uygulamaların yüzde etkilerinin açılış değerleri karşılıklarına DUNCAN testi uygulanarak karakterlerin bitki kök yaş ağırlığına olan etkileri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ortaya konulmuştur. Karakterler arasındaki istatistiksel fark [$F(8,32) = 32,54$], $P = 0,0001$ ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, en yüksek kök yaş ağırlığı sırasıyla Kontrol (-) (49.06 ± 1.10), Abamectin 20 g/L (44.24 ± 4.56) ve Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (43.99 ± 2.80), en düşük kök yaş ağırlığı ise KONTROL (+) (18.58 ± 1.94) uygulamasında görülmüştür (Tablo 4.7).

4.6 Kök kuru ağırlığı

Uygulamaların *Meloidogyne incognita*'nın bitkinin kök kuru ağırlığı üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla bitkilerin kök kuru ağırlıkları esas

alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Karakterlerin kök kuru ağırlıkları değerlerine tek yönlü varyans analizi uygulanarak (One-way ANOVA) uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Uygulanan bileşikler sonrası kök kuru ağırlığı değerleri.

Deneme karakterleri	Kök kuru ağırlığı [Ortalama±St. Hata (min-max)]	
1. Biyopreparat-I (ABD)	2.34±0.16 (1.94-2.75)	ab*
2. Biyopreparat-I (BD)	2.09±0.20 (1.68-2.85)	a
3. Biyopreparat-I (CD)	1.90±0.23 (1.07-2.45)	a
4. Biyopreparat-I + Biyopreparat-II	2.15±0.35 (1.15-3.26)	a
5. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L	4.69±0.29 (3.87-5.35)	c
6. Abamectin 20 g/L	4.95±0.48 (3.76-6.12)	c
7. Kontrol (+)	1.89±0.23 (1.15-2.54)	a
8. Kontrol (-)	5.24±0.13 (4.86-5.65)	c

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Uygulamaların yüzde etkilerinin açılış değerleri karşılıklarına DUNCAN testi uygulanarak karakterlerin bitki kök kuru ağırlığına olan etkileri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Karakterler arasındaki istatistiksel fark [$F(8,32) = 27,58$], $P = 0,0001$ ($P \leq 0.05$) önem derecesinden küçük olduğu için, önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, en yüksek kök kuru ağırlığı sırasıyla Kontrol (-) (5.24 ± 0.13), Abamectin 20 g/L (4.95 ± 0.48) ve Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (4.69 ± 0.29), en düşük kök kuru ağırlığı ise Kontrol (+) (1.89 ± 0.23) uygulamasında görülmüştür (Tablo 4.8).

5. TARTIŞMA

Kök-ur nematodları; dünya genelinde dağılım gösteren, konukçu dizisi oldukça geniş olan endo-parazitik nematodlardır. Döl sayısının ve bırakılan yumurta sayılarının fazla olması nedeniyle mücadeleleri oldukça zordur (Nyczepir ve Thomas, 2009). Kimyasal mücadele de dahil olmak üzere, hiçbir mücadele yöntemi üretim sezonu boyunca Kök-ur nematoduna karşı tam bir başarı sağlayamamaktadır. Kimyasal mücadelenin Kök ur nematodlarına karşı yüksek oranda etkili olduğu kanıtlamış olsada, yüksek maliyetleri ve toksik etkileri sebebiyle kullanımları günden güne sınırlanmaktadır (Rich vd., 2004). Bu sebeble kimyasal bileşiklere alternatif biyolojik ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde ümit vaad eden topraktaki antagonist mikroorganizmalar çok fazla araştırılmıştır (Stirling, 1991). Bu antagonist mikroorganizmalardan nematodları parazitleyerek popülasyonlarını azaltan fungus ve bakteriler üzerinde çok fazla durulmakta ve ciddi potansiyel arz etmektedirler (Viaene ve Abawi, 2000). Bu bağlamda, Mahdy vd. (2000), *Bacillus cereus* S18 ırkının domatestede *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* karşı etkinliği araştırılmış olup, *Bacillus cereus* ırlanma ve yumurta paketi sayısını azalttığı saptanmıştır. En düşük ırlanma *M. incognita*'da gözlenmiştir. Antagonistik rizobakteriler *M. arenaria*'nın ırlanma sayısında ve yumurta paketi sayısında azalma sağlayamamıştır. Bitki sürgünü, kök taze ağırlığı ve kök uzunluğu bakteri enfeksiyonu olan, nematodlu ve nematoduz tüm bitkilerde önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Terefe vd. (2009), *B. firmus*'un ticari formülasyonu (BioNem)'i Kök ur nematodu *M. incognita*'ya etkinliğini araştırmışlardır. BioNem'in ırlanma oluşumunu %91, ikinci dönem larva sayısını %76 ve yumurta sayısını %45 oranında azalttığını tespit etmişlerdir. Dahlin vd. (2019), kimyasal nematisit olan fluopyram etken maddeli Velum ve Bioact WG olarak formüle edilen *P. lilacinum* suşu 251'in Kök ur nematodları üzerine kombine etkinliğini araştırmışlardır. İki yıl üst üste yapılan sera denemelerinde, kombinasyon uygulamalarının tekli nematisit uygulamasına kıyasla verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Radwan (2007), *B. thuringiensis* (Bt, Dipel 2X, 12 mg/kg toprakta), üzüm cibresi (CL), Achook®'un (AC) (tavuk gübresi (GM)'in domatestede *Meloidogyne incognita* üzerine etkisi araştırılmıştır. *Bacillus thuringiensis*'in *M. incognita*'ya karşı etkinliği, toprağa organik katkı maddelerinin eklenmesiyle

önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Kumari vd. (2017), *P. penetrans*'ın Kök ur nematodu *M. incognita* üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, *P. penetrans*'ın inokulasyondan bir gün sonra %40 oranında nematodun ikinci dönem larvalarını hapsettiği ve sağlıklı olan ikinci dönem larvaların ise %63,7'sinin domates köklerine penetre olduğunu tespit etmişlerdir. El-Khair vd. (2019), *B. subtilis*, *B. pumilus* veya *P. fluorescens*'in iki izolatının börülcede zararlı *M. incognita* üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, *Bacillus subtilis* (Bs2) türünün *M. incognita*'nın üreme kabiliyetini azalttığını ve bunu %81 oranında *B. pumilus* (Bp2) takip ettiğini bildirmişlerdir. Tian vd. (2022), *M. incognita*'ya karşı yeni bakteriyel biyokontrol ajanı belirlemek amacıyla, hıyar bitkisinin rizosfer toprağından elde edilen *B. velezensis* Bv-25 türünün nematisit aktivitesini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, Bv-25 izolatının *M. incognita*'nın yumurtadan çıkışını engellediği, ikinci dönem larvaları (J2'ler) öldürdüğünü (%100) ve güçlü nematisidal aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ye vd. (2022), *B. altitudinis* AMCC 1040 tarafından üretilen uçucu bileşiklerden 2,3-bütandion, asetik asit, 2-izopropoksi etilamin, 3-metilbütirik asit, 2-metilbütirik asit ve oktanoik asit dahil olmak üzere altı tanesinin nematisidal aktiviteye sahip olduğunu tanımlamışlardır.

Bu çalışmada *Bacillus* tabanlı bazı biyolojik preparat ve ruhsatlı nematisitlerin farklı kombinasyonlarının domates bitkisi üzerinde *M. incognita*'ya karşı kök-ur oluşumu, ikinci dönem larva (J2) ve yumurta paketi parametreleri esas alınarak iklim odası çalışmasında etkinlikleri araştırılmıştır. Uygulamaların, Kontrol (+)'e göre ur oluşumunu azaltıcı etkileri değerlendirilmiştir. Uygulama karakterleri içerisinde ur oluşumu en yüksek seviyede azaltan *P. lilacinus* 251'in sporlarını içeren biyolojik preparat Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (%93,81) kombinasyonu olduğu tespit edilmiştir. Bu uygulamayı Abamectin 20 g/L (%51,43) uygulaması takip etmiştir. Tek başına uygulanan *Bacillus* tabanlı biyokontrol ürünlerinden Biyopreparat-I(BD) (%40,00), Biyopreparat-I(ABD) (%33,69) ve Biyopreparat-I + Biyopreparat-II (%33,33) oranlarında sırasıyla ur oluşumunu azaltmışlardır. Ur oluşumunu en düşük seviyede azaltan uygulama ise Biyopreparat-I (CD) (%27,14) olmuştur.

Uygulamaların, Kontrol (+) deneme karakterine göre ikinci dönem larva sayılarını azaltıcı etkileri değerlendirilmiştir. Uygulama karakterleri içerisinde ikinci dönem larva sayısını en yüksek seviyede azaltan Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (%99,76) kombinasyonu olduğu tespit edilmiştir. Bu

uygulamayı Abamectin 20 g/L (%70,29) uygulaması takip etmiştir. Nematosisit olmadan uygulanan *Bacillus* tabanlı biyokontrol ürünlerinden, Biyopreparat-I(BD) (%57,36), Biyopreparat-I (CD) (%49,66) ve Biyopreparat-I (ABD) (%42,31) oranlarında sırasıyla ikinci dönem larva sayılarını azaltmışlardır. İkinci dönem larva sayısını en düşük seviyede azaltan uygulama ise Biyopreparat-I + Biyopreparat-II (%24,18) olmuştur.

Çalışmada önemli bir parametresi olan yumurta paketi oluşumunda ise en etkili uygulama Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (0.40 ± 0.24) kombinasyonu olmuştur. Bunu Biyopreparat-I (BD) (1.20 ± 0.20) ve Abamectin 20 g/L (1.20 ± 0.20) uygulamaları takip etmiştir ve eşdeğer oluşum göstermişlerdir. Biyopreparat-I (CD) (1.40 ± 0.20) ve Biyopreparat-I (ABD) (1.60 ± 0.24) olarak en düşük değerler sıralanmıştır.

Genel olarak tüm deneme uygulamaları değerlendirildiğinde; Kök-ur nematodu *M. incognita*'nın ikinci dönem larva ve ur oluşumunu en çok azaltan uygulamanın ruhsatlı nematisit ve biyonematisit kombinasyonu Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (%99,76 larva ölümü) ve (0.40 ± 0.24 ur oluşumu) olduğu tespit edilmiştir. *Bacillus* tabanlı biyolojik mücadele preparatı olan Biyopreparat-I ve Biyopreparat-II'nin farklı uygulama zamanları ile kombinasyon uygulamalarının Kontrol (+) deneme karakterine göre nematodun ikinci dönem larva ve ur oluşumunu kayda değer derecede azalttığı, ancak tek başlarına kimyasal nematisitlere göre nematodu baskılamada düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır. Bu biyolojik preparatların şu aşamada hem Kontrol (+) deneme karakterine kıyasla bitki gelişimini uyarmaları (bitki boyu, kök kuru ve yaş ağırlığı) hemde nematisidal aktiviteleri sebebiyle ruhsatlı nematisitlerle kombinasyon uygulamalarının nematod popülasyonunu baskılamada daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir.

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde çok sayıda umut vaad eden antagonistik mikroorganizma (fungus ve bakteri) bulunmasına rağmen nematisidal aktiviteye sahip çok az sayıda biyolojik preparat geliştirilebilmiştir. Bunun sebepleri arasında ise toprak yapısı, ekolojileri, kısa raf ömürlerinin bulunması, etkinlikleri için yüksek sayıda popülasyona ihtiyaç duyulması, bazı izolatların türe spesifik olması ve geniş saha alanlarına uygulanabilecek pratik taktiklerin yeterli olmaması anahtar faktörler arasındadır. Aynı zamanda laboratuvar ve *in vivo* çalışmalarda etkinliği tespit edilen bir biyokontrol ürününün saha koşullarındaki etkinliği arasında farklılık bulunabilmektedir. Tüm bu faktörlerin üzerinde daha fazla çalışmaların yoğunlaşması, bu etmenlerin kitle halinde üretimleri, depolama ve taşınmada kolay yöntemlerin geliştirilmesi ile sadece bitki paraziti nematodların mücadelesinde değil aynı zamanda diğer bitki zararlıları ve patojenler için de kimyasal bileşiklerin yerlerini doldurabilecek bir pazar oluşabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, *Bacillus* tabanlı bazı biyolojik preparatlarının farklı kombinasyonlarının *M. incognita*'ya karşı domates bitkisi üzerinde etkinlikleri araştırılmıştır. Denemede uygulamaların Kök-ur nematodu üremesi üzerine etkisini değerlendirmek için bitkilerin köklerindeki ur indexi, topraktaki ikinci dönem larva sayısı (L2) ve yumurta paketi sayısı esas alınmıştır.

In vivo koşullarda yürütülen deneme sonucunda;

1. Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L'nin köklerdeki gal indeksini kontrol (+)'e göre %93,81 oranın da azalttığı ve bunun en yüksek etki olduğu, bunu sırasıyla Abamectin 20 g/L'nin %51,43 ve Biyopreparat-I (BD)'nin %40 ile takip ettiği saptanmıştır.
2. Nematodun ikinci dönem larva sayısı üzerine en yüksek etkiye sahip olan uygulamanın, Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L'nin nematodun ikinci dönem larva sayısını kontrol (+)'e göre %99,76 oranın da azalttığı ve bunu sırasıyla Abamectin 20 g/L'nin %70,29 ve Biyopreparat-I (BD)'nin ise %57,36 ile takip ettiği saptanmıştır.
3. Çalışmada önemli bir parametresi olan yumurta paketi oluşumunda ise en etkili uygulama Biyopreparat-III + Fluopyram 400 g/L (0.40 ± 0.24) kombinasyonu olmuştur. Bunu Abamectin 20 g/L (1.20 ± 0.20) ve Biyopreparat-I (BD) (1.20 ± 0.20), uygulamaları takip etmiştir.
4. *Bacillus* tabanlı biyolojik mücadele preparatı olan Biyopreparat-I ve Biyopreparat-II'nin farklı uygulama zamanları ile kombinasyon uygulamalarının nematod verilen kontrol karakterine kıyasla nematodun larva, yumurta ve ur oluşumunu azalttığı fakat bu biyolojik preparatların ruhsatlı nematisitlerle kombinasyon halinde uygulanmalarının nematod popülasyonunu baskılama açısından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.
5. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, nematodları baskılamada ümit vaat eden antagonist mikroorganizmaların (bakteri ve fungus) kök-ur nematodlarının mücadelesinde potansiyellerini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte kullanım potansiyeli olan bu etmenlerin; kitle halinde üretimi, depolanabilir ve taşınabilir olmaları, geniş saha koşullarında uygulama teknikleri ile üreticilere ulaşması aşamalarıyla zaman içerisinde toksik etkilere sahip nematisitlerin kullanımını azaltması mümkün olabilecektir.

7. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA 7th Edition atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Abd-Elgawad, M. M., & Askary, T. H. (2018). Fungal and bacterial nematocides in integrated nematode management strategies. *Egyptian journal of biological pest control*, 28(1), 1-24.
- Abd-El-Khair, H., El-Nagdi, W., Youssef, M., Abd-Elgawad, M. M., & Dawood, M. G. (2019). Protective effect of *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, and *Pseudomonas fluorescens* isolates against root knot nematode *Meloidogyne incognita* on cowpea. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 1-7.
- Affokpon, A., Coyne, D. L., Htay, C. C., Agbèdè, R. D., Lawouin, L., & Coosemans, J. (2011). Biocontrol potential of native *Trichoderma* isolates against root-knot nematodes in West African vegetable production systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(3), 600-608.
- Askary, T. H. & Martinelli, P. R. P (2015). *Biocontrol agents of phytonematodes*, CABI Publishing.
- Bavaresco, L. G., Guaberto, L. M., & Araujo, F. F. (2021). Interaction of *Bacillus subtilis* with resistant and susceptible tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the control of *Meloidogyne incognita*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 54(7-8), 359-374.
- Bent, E., Loffredo, A., McKenry, M. V., Becker, J. O., & Borneman, J. (2008). Detection and investigation of soil biological activity against *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, 40(2), 109.
- Bergougnoux, V. (2014). The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology advances*, 32(1), 170-189.
- Boerma, H. R., & Hussey, R. S. (1992). Breeding plants for resistance to nematodes. *Journal of Nematology*, 24(2), 242.
- Bridge, J., & Page, S. L. J. (1980). Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart. *International journal of pest management*, 26(3), 296-298.
- Büyükbay, E. O., Sayılı, M., & Ö, M. U. (2009). Tüketicilerin Sosyo-Ekonomik Özellikleri İle Salça Tüketimleri Arasındaki İlişki: Tokat İli Örneği. *Electronic Journal of Food Technologies*, 4(1), 1-7.
- Caillaud, M. C., Dubreuil, G., Quentin, M., Perfus-Barbeoch, L., Lecomte, P., de Almeida Engler, J., ... & Favery, B. (2008). Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. *Journal of plant physiology*, 165(1), 104-113.
- Çapanoğlu, E., & Boyacıoğlu, D. (2010). Domatesin gelişimi sırasında antioksidan bileşiklerinde meydana gelen değişimler. *Akademik Gıda*, 8(1), 44-48.
- Cook, R., & Evans, K. (1987). Resistance and tolerance. *Principles and practice of nematode control in crops*, 179-231.
- Dababat, A. A., Sikora, R. A., & Hauschild, R. (2006). Use of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* for the biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 71(3 Pt B), 953-961.
- Dahlin, P., Eder, R., Consoli, E., Krauss, J., & Kiewnick, S. (2019). Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. *Crop Protection*, 124, 104874.
- El-Nagdi, W. M. A., Abd-El-Khair, H., & Dawood, M. G. (2018). Nematicidal effects of *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* against *Meloidogyne incognita* infecting pea. *Advances in Agricultural Science*, 6(4), 52-59.

- FAO, (2023). Bitkisel Üretim İstatistikleri. [cited 2023 May 15]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/>
- Gheysen, G., Van der Eycken, W., Barthels, N., Karimi, M., & Van Montagu, M. (1996). The exploitation of nematode- responsive plant genes in novel nematode control methods. *Pesticide Science*, 47(1), 95-101.
- Haydock, P. P. J., Woods, S. R., Grove, I. G., & Hare, M. C. (2006). Chemical control of nematodes. In *Plant nematology* (pp. 392-410). Wallingford UK: CABI.
- Hooper, D. J., 1986. *Extraction of Free Living Stages from Soil*, 5-30. In: *Labaratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes* (Ed. J. F. Southey). Her Majesty's Stationery Office, London, UK, 148 pp.
- Hussey, R. S., & Barker, K. R. (1973). Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant disease reporter*.
- Kepenekci, İ., 2012. Nematoloji (Bitki Paraziti ve Entomopatojen Nematodlar) [Genel Nematoloji (Cilt-I) ISBN 978- 605-4672-11-0, Taksonomik Nematoloji (Cilt-II) ISBN 978-605-4672-12-7] *Eğitim, Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, Tarım Bilim Serisi Yayın No:3* (2012/3), LIV+1155 s
- Khyami-Horani, H., & Al-Banna, L. (2006). Efficacy of *Bacillus thuringiensis jordanica* against *Meloidogyne javanica* infecting tomato. *Phytopathologia Mediterranea*, 45(2), 153-157.
- Kumari, N. S. (2017). Role of bacterial bioagent, *Pasteuria penetrans* in the management of root knot nematode, *Meloidogyne incognita* by altering the lifecycle. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 23(1), 76-79.
- Lopez-Perez, J. A., Le Strange, M., Kaloshian, I., & Ploeg, A. T. (2006). Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Crop Protection*, 25(4), 382-388.
- Mahdy, M., Hallmann, J., & Sikora, R. A. (2000). Biological control of different species of the root-knot nematode *Meloidogyne* with the plant health-promoting rhizobacterium *Bacillus cereus* S18. *Mededelingen-Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent*, 65(2b), 545-549.
- Martin, F. N. (2003). Development of alternative strategies for management of soilborne pathogens currently controlled with methyl bromide. *Annual review of phytopathology*, 41(1), 325-350.
- Migunova, V. D., & Sasanelli, N. (2021). Bacteria as biocontrol tool against phytoparasitic nematodes. *Plants*, 10(2), 389.
- Mitkowski, N., & Abawi, G. (2003). Reproductive fitness on lettuce of populations of *Meloidogyne hapla* from New York State vegetable fields. *Nematology*, 5(1), 77-83.
- Mukhtar, T., Kayani, M. Z., & Hussain, M. A. (2013). Nematicidal activities of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. against *Meloidogyne incognita*. *Industrial Crops and Products*, 42, 447-453.
- Netscher, C., & Sikora, R. A. (1990). Nematode parasites of vegetables. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 237-283.
- Noling, J. W. (2014). *Nematode management in tomatoes, peppers, and eggplant* (No. RESEARCH).
- Nyczepir, A. P., & Thomas, S. H. (2009). Current and future management strategies in intensive crop production systems. In *Root-knot nematodes* (pp. 412-443). Wallingford UK: CABI.
- Oka, Y., Chet, I., & Spiegel, Y. (1993). Control of the rootknot nematode *Meloidogyne javanica* by *Bacillus cereus*. *Biocontrol Science and Technology*, 3(2), 115-126.

- Onkendi, E. M., Kariuki, G. M., Marais, M., & Moleleki, L. N. (2014). The threat of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Africa: a review. *Plant pathology*, 63(4), 727-737.
- Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (Eds.). (2009). *Root-knot nematodes* (Vol. 488). Wallingford: CABI.
- Radwan, M. A. (2007). Efficacy of *Bacillus thuringiensis* integrated with other non-chemical materials to control *Meloidogyne incognita* in tomato. *Nematologia Mediterranea*.
- Rao, M. S., Kamalnath, M., Umamaheswari, R., Rajinikanth, R., Prabu, P., Priti, K., ... & Gopalakrishnan, C. (2017). *Bacillus subtilis* IIHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot. *Scientia Horticulturae*, 218, 56-62.
- Rich, J. R., Dunn, R. A., & Noling, J. W. (2004). Nematicides: past and present uses. In *Nematology: advances and perspectives. Volume 2: Nematode management and utilization* (pp. 1179-1200). Wallingford UK: CABI Publishing.
- Rothamsted Research Center, PCN Control Group, Nematode Interaction Unit, Rothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire, AL5 2JQ, UK.
<http://www.rothamsted.ac.uk/ppi/pcncontrol/mellifecycle.htm>, 2009.
- Sabbağ, Ç., & Sürücüoğlu, M. S. (2011). Evaluation of the influence of the nutrition education to be provided to the primary students on the nutrition attitudes and behaviors. *Elect J Food Technol*, 6, 1-13.
- Sasser, J. N., Carter, C. C., & Hartman, K. M. (1984). Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes.
- Sijmons, P. C., Atkinson, H. J., & Wyss, U. (1994). Parasitic strategies of root nematodes and associated host cell responses. *Annual review of phytopathology*, 32(1), 235-259.
- Sikora, R. A. (1992). Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the biological control of plant parasitic nematodes. *Annual review of phytopathology*, 30(1), 245-270.
- Singh, S., Pandey, R. K., & Goswami, B. K. (2013). Bio-control activity of *Purpureocillium lilacinum* strains in managing root-knot disease of tomato caused by *Meloidogyne incognita*. *Biocontrol Science and Technology*, 23(12), 1469-1489.
- Sohrabi, F., Sheikholeslami, M., Heydari, R., Rezaee, S., & Sharifi, R. (2020). Investigating the effect of *Glomus mosseae*, *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* on plant growth and controlling *Meloidogyne javanica* in tomato. *Indian Phytopathology*, 73, 293-300.
- Song, Z., Shen, L., Zhong, Q., Yin, Y., & Wang, Z. (2016). Liquid culture production of microsclerotia of *Purpureocillium lilacinum* for use as bionematicide. *Nematology*, 18(6), 719-726.
- Stirling, G.R. 1991. *Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes*. CAB International, Wallingford, UK, pages 282.
- Terefe, M., Tefera, T., & Sakhuja, P. K. (2009). Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery. *Journal of invertebrate pathology*, 100(2), 94-99.
- Tian, X. L., Zhao, X. M., Zhao, S. Y., Zhao, J. L., & Mao, Z. C. (2022). The Biocontrol Functions of *Bacillus velezensis* Strain Bv-25 Against *Meloidogyne incognita*. *Frontiers in microbiology*, 13.
- Tiwari, S., Eisenback, J. D., & Youngman, R. R. (2019). Root-knot nematode in field Corn.
- Triantaphyllou, A. C. (1981). Oogenesis and the chromosomes of the parthenogenic root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, 13(2), 95.

- Trudgill, D. L., & Blok, V. C. (2001). Apomictic, polyphagous root-knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annual review of phytopathology*, 39(1), 53-77.
- TÜİK, (2022). Bitkisel Üretim İstatistikleri. [cited 2023 May 15]. Available from: <https://www.tuik.gov.tr>
- Viaene, N. M., & Abawi, G. S. (2000). Biological Control and Nematode Management-Hirsutella rhossiliensis and Verticillium chlamydosporium as Biocontrol Agents of the Root-knot Nematode Meloidogyne hapla on Lettuce. *Journal of Nematology*, 32(1), 85-100.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. Ü. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme) E.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, E.Ü Basımevi, 440 s.
- Walia, R. K. (2014). Efficacy of bacterial parasite, Pasteuria penetrans application as nursery soil treatment against root-knot nematode, Meloidogyne javanica infecting tomato in different seasons. *Indian Journal of Nematology*, 44(1), 44-49.
- Wesemael, W. M., Taning, L. M., Khan, A., Viaene, N., & Moens, M. (2014). Life cycle of the root-knot nematodes Meloidogyne chitwoodi, M. fallax and M. minor on potato and consequences for damage development. *Nematology*, 12, 319-327.
- Whipps, J. M., & Davies, K. G. (2000). Success in biological control of plant pathogens and nematodes by microorganisms. *Biological control: measures of success*, 231-269.
- Wilson, M. J., & Jackson, T. A. (2013). Progress in the commercialisation of bionematicides. *BioControl*, 58(6), 715-722.
- Xiong, J., Zhou, Q., Luo, H., Xia, L., Li, L., Sun, M., & Yu, Z. (2015). Systemic nematicidal activity and biocontrol efficacy of Bacillus firmus against the root-knot nematode Meloidogyne incognita. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31(4), 661-667.
- Ye, L., Wang, J. Y., Liu, X. F., Guan, Q., Dou, N. X., Li, J., ... & Zhou, B. (2022). Nematicidal activity of volatile organic compounds produced by Bacillus altitudinis AMCC 1040 against Meloidogyne incognita. *Archives of Microbiology*, 204(8), 1-10.
- Yin, N., Zhao, J. L., Liu, R., Li, Y., Ling, J., Yang, Y. H., ... & Mao, Z. C. (2021). Biocontrol efficacy of Bacillus cereus strain Bc-cm103 against Meloidogyne incognita. *Plant Disease*, 105(8), 2061-2070.
- Zeck, W. M. (1971). Rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenschutz nachrichten*.