

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



***Mi-1.2* VİRÜLENT *Meloidogyne incognita* İZOLATLARININ *Me1* GENİ
TAŞIYAN BİBERDE GELİŞMESİ**

Ahmet Kaan AKSAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2022
ANTALYA**

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



***Mi-1.2* VİRÜLENT *Meloidogyne incognita* İZOLATLARININ *Me1* GENİ
TAŞIYAN BİBERDE GELİŞMESİ**

Ahmet Kaan AKSAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2022
ANTALYA**

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***Mi-1.2* VİRÜLENT *Meloidogyne incognita* İZOLATLARININ *Me1* GENİ
TAŞIYAN BİBERDE GELİŞMESİ**

Ahmet Kaan AKSAN
BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 09/06/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN

Prof. Dr. Rüstem HAYAT

Doç. Dr. Gökhan AYDINLI

ÖZET

***Mi-1.2* VIRÜLENT *Meloidogyne incognita* İZOLATLARININ *Me1* GENİ TAŞIYAN BİBERDE GELİŞMESİ**

Ahmet Kaan AKSAN

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN

Mayıs 2022; 31 sayfa

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), biberlerde zarar yapan organizmaların en önemlilerinden birisidir. Kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı çeşit kullanımı önemli bir mücadele yöntemidir. Biberde *Me1* dayanıklılık geni, *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerinin avirulent izolatlarına karşı dayanıklılık sağlamaktadır ve ıslah programlarında kullanılmaktadır. Fakat *Mi-1.2* virulent kök-ur nematodu popülasyonlarına karşı *Me1* geninin etkinliği konusunda sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu nedenle *Me1* dayanıklılık genini taşıyan biber çeşitlerinin, *Mi-1.2* virulent popülasyonlara karşı reaksiyonunun bilinmesi mücadele için önemlidir.

Bu çalışmada, MT-01 F₁ (*Me1* geni taşıyan) ve Safran F₁ (hassas) biber çeşitlerinin *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatlarına (V3, V6, V13, V15, V18 ve V30) karşı tepkisi araştırılmıştır. Çalışma, 24±1 °C sıcaklık, %65 nem ve 16:8 saat fotoperiyot koşullarına sahip bitki yetiştirme odasında yürütülmüştür. Her bir izolata testlenmesi, tesadüf parselleri deneme desenine göre, 5 tekerrürlü olacak şekilde iki kez tekrarlanmıştır. Biber fideleri iki-dört gerçek yapraklı döneme geldiğinde, her bir bitkiye *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatlarının 1000 adet ikinci dönem larvası inokule edilmiştir. Bitkiler, nematod inokulasyondan 60 gün sonra sökülmüş ve kökler su ile yıkanmıştır. Bitki köklerinde oluşan yumurta paketleri ve urlar sayılarak 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, Safran F₁ bitkisinde tüm izolatlar çok sayıda yumurta paketi ve ur oluşumuna neden olmuştur. MT-01 bitkisinde ise 5 izolat (V6, V13, V15, V18 ve V30) yumurta paketi ve ur oluşumuna neden olurken V3 izolatının çoğalmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, *Mi-1.2* virulent izolatlara karşı *Me1* geni taşıyan biber bitkisi farklı tepkiler göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Biber, Dayanıklılık, Virulent, *Meloidogyne incognita*

JÜRİ: Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN

Prof. Dr. Rüstem HAYAT

Doç. Dr. Gökhan AYDINLI

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF *Mi-1.2* VIRULENT *Meloidogyne incognita* ISOLATES IN PEPPER WITH *Me1* GENE

Ahmet Kaan AKSAN

M. Sc. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN

May 2022; 31 pages

Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are one of the most important organisms that cause damage on peppers. The use of resistant varieties to root-knot nematodes is an important control method. The *Me1* resistance gene in pepper provides resistance against avirulent isolates of *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. javanica* and is used in breeding programs. However, there is limited information about the efficiency of the *Me1* gene against *Mi-1.2* virulent root-knot nematodes. Therefore, knowing the reaction of pepper cultivars carrying the *Me1* resistance gene against *Mi-1.2* virulent populations is important for management.

In this study, the response of MT-01 F1 (carrying the *Me1* gene) and Safran F1 (susceptible) pepper cultivars to *Mi-1.2* virulent isolates (V3, V6, V13, V15, V18 and V30) was investigated. The study was carried out in a plant growing room at 24±1 °C temperature, 65% humidity and 16:8 hours photoperiod conditions. Testing of each isolate was repeated twice with 5 replicates according to randomized plots trial design. When pepper seedlings reached stage with two-four true leaves, 1000 second stage juveniles of *Mi-1.2* virulent *M. incognita* isolates were inoculated on each plant. Plants were uprooted 60 days after nematode inoculation and the roots were washed with water. Egg masses and galls formed on plant roots were counted and evaluated on a 0-5 scale. As a result of the tests, all isolates caused a large number of egg masses and galls on Safran F1. On MT-01, it was determined that 5 isolates (V6, V13, V15, V18 and V30) caused egg masses and gall formation while V3 isolate could not reproduce. According to the results, pepper variety carrying *Me1* gene showed different responses against *Mi-1.2* virulent isolates.

KEYWORDS: Pepper, Resistance, Virulent, *Meloidogyne incognita*

COMMITTEE: Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN

Prof. Dr. Rüstem HAYAT

Assoc. Prof. Dr. Gökhan AYDINLI

ÖNSÖZ

Biber dünyada en çok yetiştirilen sebzelerden biridir. Birçok zararlı ve hastalık etmeni biber yetiştiriciliğini tehdit etmektedir. Kök-ur nematodları biber üretim alanlarında ekonomik düzeyde kayıplara neden olan önemli zararlılardır. Bunların neden olduğu zararı azaltmak için dayanıklı biber çeşitleri kullanılmaktadır. Dayanıklı biber çeşitlerinin *Mi-1.2* virulent *M. incognita* popülasyonlarına karşı tepkilerinin bilinmesi bu popülasyonların bulunduğu alanlarda kullanılıp kullanılmayacağı konusunda bilgi verebilecektir. Bu tez kapsamında *Me1* dayanıklılık geni taşıyan MT-01 F₁ biber çeşidinin *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatlarına karşı tepkisi araştırılmıştır.

Yüksek lisans dönemimin başından sonuna kadar desteklerini esirgemeyen, bilgi birikimlerinin yanında hayata karşı bakış açısı, yol gösterme, ekip ruhuyla hareket etme ve öğrenim hayatım boyunca bana sabır gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN'a

Çalışmada kullanılan domates ve biber çeşitlerinin temin edilmesi ve yetiştirilmesinde sağladıkları katkılardan dolayı Multi Tohum Tar. San. Tic. A.Ş. (Antalya, Türkiye) ve Yüksel Tohum Tar. San. ve Tic. A. Ş. (Antalya, Türkiye)'ne,

Tez çalışmalarım boyunca benden desteklerini esirgemeyen Zir. Yüksek Müh. Gonca KÖNÜL'e, Zir. Yüksek Müh. Tefik ÖZALP'e ve birimimizde eğitim gören, Zir. Yüksek Müh. Mustafa ÇATALKAYA'ya, Zir. Yüksek Müh. Gülsüm UYSAL'a ve Zir. Müh. Demet BAYINDIR'a

Lisans döneminden bu zamana her daim yanımda olan dostum Zir. Yüksek Müh. Ali Burak GÖKSAL'a

Hayatım boyunca desteklerini arkamda hissettiğim ve maddi-manevi her konuda yanımda olan aile fertlerimden babam Zir. Müh. Süleyman AKSAN'a, annem Semra AKSAN'a, ablam Büşra AKSAN'a ve hayatıma girdiği andan itibaren beni yalnız bırakmayan kız arkadaşım Çağla DÜŞÜNEN'e sevgi ve saygılarımı sunuyor, teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Kök-ur Nematodları	3
2.1.1. Virü lent Kök-ur Nematod Popülasyonları.....	4
2.1.2. <i>Mi-1.2</i> Virü lent Popülasyonlar	4
2.2. Biberde Kök-ur Nematodlarına Dayanıklılık.....	5
3.MATERYAL VE METOD.....	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Bitki Materyalleri.....	9
3.1.2. <i>Meloidogyne incognita</i> İzolatları.....	9
3.2. Metod	10
3.2.1. <i>Mi-1.2</i> Virü lent <i>M. incognita</i> İzolatlarının Çoğaltılması.....	10
3.2.2. <i>Mi-1.2</i> Virü lent İzolatların Virü lensliğinin Kontrolü	11
3.2.3. Biber Bitkilerin Testlenmesi.....	11
3.2.4. Üreme Değ erinin Belirlenmesi	13
3.2.5. İstatistiksel Analiz	13
4.BULGULAR.....	14
4.1. <i>Mi-1.2</i> Virü lent <i>M. incognita</i> İzolatlarının Seval F ₁ 'de Virü lensliği	14
4.2. Safran F ₁ 'nin <i>Mi-1.2</i> Virü lent <i>M. incognita</i> İzolatlarına Karşı Reaksiyonu..	15
4.3. MT-01 F ₁ 'nin <i>Mi-1.2</i> Virü lent <i>M. incognita</i> İzolatlarına Karşı Reaksiyonu..	15
4.4. <i>Meloidogyne incognita</i> V3 İzolatının Üreme Oranı.....	15
5. TARTIŞMA	18
6. SONUÇLAR	21
7. KAYNAKLAR.....	23
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Mi-1.2* Virü lent *Meloidogyne incognita* İzolatlarının *Me1* Geni Taşıyan Biberde Gelişmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

09/06/2022

Ahmet Kaan AKSAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

yy	: Yüzyıl
kg	: Kilogram
°C	: Santigrad Derece
%	: Yüzde
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
g	: Gram
ml	: Mililitre
F1	: Hibrit Çeşit
Mi-1.2	: Dayanıklılık Geni
RF	: Üreme oranı

Kisaltmalar

AÜ	: Akdeniz Üniversitesi
FAO	: Food and Agriculture Organization
vd.	: Ve Diğerleri
J2	: İkinci Dönem Larva
spp.	: Türler

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 3.1.** *Meloidogyne incognita* izolatlarının Seval F₁’de çoğaltılması..... 11
- Şekil 3.2.** Bitkilere *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* ikinci dönem larvalarının inokulasyonu (**a**), inokulasyon yapılan Safran F₁ bitkisi (**b**) ve MT-01 F₁ bitkisi (**c**).....12
- Şekil 3.3.** Bitki köklerinin tartılması (**a**), köklerin Pholexine B ile boyanması (**b**)..... 12



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bitki çeşitleri, özellikleri ve firma bilgisi.....	9
Çizelge 3.2. <i>Mi-1.2</i> virulent <i>Meloidogyne incognita</i> izolat adları, orijinleri ve özellikleri	10
Çizelge 3.3. Köklerde oluşan ur veya yumurta kümesi oluşumunun 0-5 skala değerleri	13
Çizelge 4.1. <i>Mi-1.2</i> virulent <i>Meloidogyne incognita</i> izolatlarının Seval F ₁ domates çeşidi üzerinde gram kökte oluşturduğu yumurta kümeleri, ur sayıları ile skala değerleri	14
Çizelge 4.2. <i>Mi-1.2</i> virulent <i>Meloidogyne incognita</i> izolatlarının Safran F ₁ domates çeşidi üzerinde gram kökte oluşturduğu yumurta kümeleri, ur sayıları ile skala değerleri	15
Çizelge 4.3. <i>Mi-1.2</i> virulent <i>Meloidogyne incognita</i> izolatlarının MT-01 F ₁ domates çeşidi üzerinde gram kökte oluşturduğu yumurta kümeleri, ur sayıları ile skala değerleri	16

1. GİRİŞ

Biber (*Capsicum* spp.), yetiştiriciliği yapılan önemli bir sebze türüdür (Gniffke vd. 2013) ve bitkiler aleminin en büyük familyası olan patlıcangillerin (Solanaceae) üyesidir (Hunziker 2001). Amerika kıtasının Orta ve Güney bölgesinin biberin anavatanı olduğu belirtilmiştir (Verit vd. 2001; Ahmed 2013). Türkiye'ye 16 yy.'ın ortalarında Avrupalılar ile yapılan ticari faaliyetlerle giriş yaptığı ve zamanla tüm Anadolu'ya yayıldığı bilinmektedir (Vural vd. 2000). Yapılan çalışmalarda 41 biber türü tespit edilmiş olup *Capsicum annuum* L. ticari olarak en çok kullanılan türdür (Votava vd. 2005; Barboza vd. 2020).

Dünyada 2019 yılında, 1.990.926 hektar alanda 38 milyon kg biber üretimi gerçekleşmiştir. En çok biber üretimi yapan ilk 5 ülke sırasıyla Çin (18.978,03 milyon kg), Meksika (3.238,24 milyon kg), Türkiye (2.625,67 milyon kg), Endonezya (2.588,63 milyon kg) ve İspanya (1.402,38 milyon kg) olmuştur (FAO 2021).

Birçok zararlı ve hastalık etmeni biber yetiştiriciliğini tehdit etmektedir. Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), biber üretim alanlarında ekonomik düzeyde kayıplara neden olan önemli zararlılardır. Günümüze kadar 105 kök-ur nematod türü tanımlanmıştır (Ghaderi ve Karssen 2020; Maleita vd. 2021). Kök-ur nematodları, ilk kez 1885 yılında Berkeley tarafından İngiltere'de hıyar seralarında bulunmuştur (Mitkowski ve Abawi, 2003; Perry vd. 2009). Dünya genelinde en yaygın olarak görülen türler, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885), *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889), *Meloidogyne hapla* (Chitwood, 1949)'dır (Eisenback ve Triantaphyllou 1991; Jones vd. 2013). *Meloidogyne incognita*'nın Türkiye'de de özellikle sebze üretimi yapılan alanlarda en yaygın tür olduğu bildirilmiştir. (Devran ve Söğüt 2009; Özarslandan ve Elekçioğlu 2010). Bu nematodlar, zarar yaptığı bitkinin köklerinde ırlanmalara neden olarak bitkinin topraktan yeterince su ve organik madde alımını engellemektedirler. Dolayısıyla bitkide verim kayıplarına ve yoğun bulaşmalarda ise bitkinin ölümüne sebep olurlar (Bird ve Kaloshian 2003; Mukhtar vd. 2013; Devran ve Özalp 2015). Farklı mücadele yöntemleri kök-ur nematodlarına karşı kullanılmaktadır. *Meloidogyne* spp. ile mücadelede en etkili metodlardan birisi kültürel yöntemler içerisinde yer alan dayanıklı çeşit kullanımıdır. Nematodun gelişmesini ve üremesini engelleyen dayanıklı çeşitler, diğer mücadele yöntemlerine göre de daha ekonomik ve çevre dostudur (Cook ve Evans 1987; Boerma ve Hussey 1992; Lopez-Perez vd. 2006).

Bitkilerde uzun süredir kullanılan dayanıklılık genlerinden birisi, domatesteki *Mi-1* geni olup *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* ve *M. luci* Carneiro et al., 2014 popülasyonlarına karşı koruma sağlamaktadır (Milligan vd. 1998; Roberts ve Thomason 1986; Williamson ve Hussey 1996; Aydın ve Mennan 2019). Ancak, bu genin kullanımını engelleyen bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar; yüksek toprak sıcaklığında (28 °C'nin üzerinde) dayanıklılığın kırılması (Dropkin 1969; Özalp ve Devran 2018), farklı nematod türlerine karşı dayanıklılık sağlamaması ve *Mi-1* virulent kök-ur nematod popülasyonlarına karşı genin etkinliğini kaybetmesidir (Roberts 1990). Dünyada sebze alanlarında son yıllarda yapılan farklı çalışmalarda, *Mi-1.2* virulent kök-ur nematodlarının bulunduğu bildirilmiştir (Ornat vd. 2001; Tzortzakakis vd. 2005; Devran ve Söğüt 2010). *Mi-1.2* virulent kök-ur nematodu popülasyonlarının özellikle domates üretim alanlarında yaygınlaşması, bu popülasyonlara karşı mücadelede domates yerine farklı sebze türlerinin tercih edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, *Mi-1.2* virulent

kök-ur nematodlarının domates dışındaki sebzelerde üreme potansiyelinin bilinmesi ürün rotasyonu için de değerli bir bilgi olacaktır. Biber, kök-ur nematodlarına karşı farklı dayanıklılık genlerini taşıması nedeniyle ürün rotasyonunda kullanılabilecek önemli sebze türlerinden biridir. Biberde *Me* genleri ve *N* geni kök-ur nematodlarına karşı ıslah programlarında kullanılmaktadır. Bu genler, biber üretim alanlarında yaygın şekilde bulunan *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerinin avirulent popülasyonlarına karşı etkili olup dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır (Djian-Caporalino vd. 1999, 2001, 2007). Bunun için *Mi-1.2* virulent popülasyonlara karşı biberdeki dayanıklılık genlerinin tepkilerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Dayanıklılık sağlayan genleri taşıyan biber çeşitlerinin virulent popülasyonlara karşı koruma sağlaması durumunda, bu çeşitler *Mi-1.2* popülasyonlarının bulunduğu alanlarda başarılı şekilde kullanılabilecektir. Biberde kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık sağlayan bazı genlerin *Mi-1.2* virulent popülasyonlara karşı tepkileri üzerine çalışmalar yürütülmüştür (Castagnone-Sereno vd. 1992, 2001; Djian-Caporalino vd. 2011; Tzortzakakis ve Blok 2007; Özalp vd. 2019). Fakat dayanıklılık geni taşıyan biberlerin kök-ur nematodlarına karşı tepkilerinin daha iyi anlaşılması için yeni çalışmaların yapılması ve virulent izolatlar karşı bu biberlerin performanslarının belirlenmesi gerekmektedir. Böylece kök ur nematodlarından kaynaklı verim ve kalite kayıpları önlenebilecek, ayrıca mücadele masraflarının azalmasıyla da daha ekonomik bir üretim yapılabilecektir. Bu amaçla, çalışmada *Me1* geni taşıyan bir biber çeşidi ile kontrol olarak kullanılan hassas bir biber çeşidinin *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatlarına karşı tepkileri kontrollü koşullar altında araştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1 Kök-ur Nematodları

Kök-ur nematodları, bitki köklerinde beslenen sabit obligat parazitlerdir (Eisenback ve Triantaphyllou 1991; Williamson ve Hussey 1996; Moens vd. 2009). *Meloidogyne* cinsine ait kök-ur nematodları, bir yumurta, dört larva dönemi geçirirler ve dördüncü larva döneminden sonra ergin hale gelirler (Eisenback ve Triantaphyllou 1991). Bitki kökü içine girip zarar yapmaya ikinci larva döneminde başlarlar (Williamson ve Hussey 1996). Köke giriş yapan ikinci dönem larva, hücreler arasında ilerleyip beslenme bölgesini seçtikten sonra beslenmeye başlar ve beslenme sonucu dev hücreler oluştururlar (Abad ve Williamson 2010). Dev hücrelerden kaynaklı kökte oluşan şişkinlikler, ‘ur’ olarak adlandırılmaktadır (Williamson ve Hussey 1996). Urlu kökler topraktan yeterince su ve besin alımını engeller. Bu nedenle, bitki üst kısımlarında besin maddesi eksiklikleri ile karıştırılabilen solgunluk, sararma benzeri belirtiler ortaya çıkarabilmektedir (Trudgill ve Blok 2001; Abad vd. 2003). Ayrıca, bitkiler genç dönemlerinde daha hassas oldukları için bu dönemde kök-ur nematodları daha çok zarara neden olmaktadır.

Kök-ur nematodları, bitkilerde ekonomik düzeyde kayıplara neden olmaları nedeniyle dünyada ve Türkiye’de yaygınlıkları üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Bu bölümde son yıllarda sebze alanlarında yapılan çalışmalar hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Batı Akdeniz Bölgesi’nde *M. incognita* (%64.2), *M. arenaria* (%28.4), *M. javanica* (%7.3)’nin bulunduğu rapor edilmiştir (Devran ve Söğüt 2009). Bir diğer çalışmada, Tokat ili Erbaa (%34.5) ve Niksar (%5.5) ilçelerinin kök-ur nematodları ile bulaşık olduğu belirtilmiştir (Akyazı ve Ecevit 2011). İspanya’da 120 üreticinin sebze üretim alanlarında yapılan çalışmalarda, %17.7’sinin kök-ur nematodlarıyla bulaşık olduğu, en yaygın türlerin *M. javanica*, *M. incognita* ve *M. arenaria* olduğu ve %30.8 zarara neden oldukları saptanmıştır (Talavera vd. 2012). Hindistan’da yürütülen çalışmada, 14 farklı *Meloidogyne* spp. belirlendiği ve en çok *M. incognita*, *M. javanica*, *M. graminicola* ve *M. arenaria*’nın olduğu belirtilmiştir (Ghule vd. 2014). Türkiye’de İzmir’in Kiraz ve Ödemiş ilçelerinde hıyar alanlarında yapılan sörvey çalışmasında, *M. incognita* (%74.13) ve *M. javanica* (%25.87) türleri saptanmıştır (Ayhan ve Kaşkavalcı 2015). Samsun, Sinop, Amasya, Tokat, Çorum ve Ordu illerinde sebze alanlarında yürütülen sörvey çalışmalarında, *M. arenaria* (38), *M. luci* (*M. ethiopica* olarak rapor edilmiş, 37), *M. javanica* (11) ve *M. incognita* (4) türleri tespit edilmiştir (Aydınlı ve Mennan 2016). Göller Bölgesi sebze alanlarında yapılan çalışmalarda, kök-ur nematodlarının yaygınlık durumuna göresirasıyla *M. incognita* (%36.6), *M. hapla* (%32.3), *M. javanica* (%23.5) ve *M. arenaria* (%1.5) olduğu rapor edilmiştir (Uysal vd. 2017). Samsun’da yapılan başka bir çalışmada ise *M. luci*’nin ilk kez açık alan sebze bitkilerinde görüldüğü bildirilmiştir (Aydınlı 2018). Tokat’ın Niksar ilçesinde sebze alanlarında *Vicia faba* L. köklerinde *M. javanica* tespit edilmiştir (Kepenekçi vd. 2019).

Kök-ur nematodlarının çok geniş bir konukçu dizisi bulunmakta ve bunlar içerisinde önemli düzeyde zarar yaptıkları Solanaceae türleri büyük bir grubu oluşturmaktadır (Barbary vd. 2014). Kök-ur nematodlarının bitkiye verdiği zararı en az düzeye indirebilmek için bunlara karşı etkili bir mücadele yapılması gerekmektedir. Toprak solarizasyonu, yaz aylarında seralarda kullanılan yöntemlerden biridir. Örtü altı yetiştiricilik yapılan alanlarda uygulanan toprak solarizasyonunun, 0-20 cm’ye kadar olan toprak derinliğinde bitki paraziti nematodları %92-100 oranında azalttığı, fumigantlar ile

kullanıldığında ise 35 cm'ye kadar etkili olduğu rapor edilmiştir (McSorley vd. 1999; Ostrec ve Grubisic 2003). Solarizasyon, doğru şekilde yapıldığında kök-ur nematodlarına karşı başarılı sonuçlar vermektedir. Bir diğer mücadele yöntemi ise biyolojik mücadeledir. Biyolojik mücadele çevre ve insan sağlığına herhangi bir zararı olmayan bir yöntemdir (Tian vd. 2007). Çeşitli funguslar, bakteriler, bazı akarlar ve böcek türleri bu mücadele içerisinde kullanılmaktadır (Stirling 1991; Viaene vd. 2006). Kök-ur nematodlarına karşı üreticiler tarafından en çok kullanılan yöntem kimyasal mücadeledir (Boerma ve Hussey 1992). Uygulamanın kolay olması ve kısa sürede etki göstermesinden dolayı sık sık kimyasal mücadeleye başvurulmaktadır (Peçen vd 2013). Bazı nematodların çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemeleri nedeniyle son yıllarda kullanımı yasaklanmıştır. Bu yüzden, kültürel mücadele içerisinde yer alan dayanıklı çeşitlerin üretim alanlarında kullanılması önem taşımaktadır (Boerman ve Hussey 1992; Vrain 1999). Dayanıklı çeşitlerin çevre dostu olması, kullanımında alet ekipmana ihtiyaç duyulmaması, nematodun kök içerisine girmesini durdurması veya çok az düzeyde tutması ve diğer mücadele yöntemleri ile birlikte kullanılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Cook ve Evans 1987; Boerma ve Hussey 1992; Sorribas vd 2005). Ancak, virüent kök-ur nematodları, dayanıklı çeşitlerde genin kırılmasına neden olarak bu bitkilerde gelişip üreyebilmektedirler.

2.1.1. Virüent kök-ur nematodu popülasyonları

Meloidogyne spp. popülasyonları hassas ve dayanıklı bitkilerde çoğalabiliyorsa virüent olarak adlandırılmaktadır. Hassas bitkide çoğalırken dayanıklı bitkide çoğalamıyorsa avirüent olarak adlandırılmaktadır (Roberts 2002). Kaliforniya'da pamuk alanlarından toplanan 6 farklı kök-ur nematodu popülasyonundan 2 tanesinin *Lycopersicon peruvianum* üzerinde gelişerek virüent olduğu ilk kez belirlendiği bildirilmiştir (Allen 1952),

Virüent kök-ur nematodları arazi koşullarında doğal olarak bulunabileceği gibi, dayanıklı bitkilerin aynı yetiştiricilik yapılan alanda arka arkaya kullanılmasıyla da oluşabilmektedir (Jarquin-Barberena vd. 1991; Roberts 1995; Xu vd. 2001). Domates üretimi yapılmamış bir araziden alınan kök-ur nematodu örneklerinin doğal virüent popülasyonlar olduğu bildirilmiştir (Roberts 1995). Ayrıca laboratuvar ortamında avirüent popülasyonun sürekli olarak dayanıklı bitki üzerinde çoğaltılması ile virüent popülasyonlar elde edilebilmiştir (Jarquin-Barberena vd. 1991).

2.1.2. Mi-1.2 virüent popülasyonlar

Mi-1.2 geni taşıyan ticari domates çeşitleri *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerine karşı kullanılmaktadır. Buna karşın, *Mi-1.2* virüent kök-ur nematodları, dayanıklı domates çeşitlerinin kullanımını engelleyen en önemli faktörlerdendir (Özalp ve Devran 2018). Dünyada ve Türkiye'de *Mi-1.2* virüent kök-ur nematod popülasyonları belirlenmiştir (Castagnone- Sereno vd. 1994; Tzortzakakis ve Gowen 1996; Kaloshian vd.1996; Eddaoudi vd. 1997; Ornat vd. 2001; Devran ve Söğüt 2010; Iberkleid vd. 2014).

Mi-1.2 geni taşıyan domates bitkileri, *Mi-1* virüent kök-ur nematodlarının üremesine engel olamamaktadır. Fakat dayanıklılık durumları popülasyonun virülensliğine göre değişkenlik gösterebilmektedir (Roberts ve Thomason, 1986; Lopez-Perez vd. 2006).

Karajeh vd. (2005), dayanıklı ve hassas domates çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada, 83 kök-ur nematod popülasyonundan, 3 *M. javanica* popülasyonunun virü lent olduğunu tespit etmişlerdir.

Devran ve Söğüt (2010), Batı Akdeniz Bölgesi'nden topladıkları *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* popülasyonları ile dayanıklı ve duyarlı domates çeşitleri üzerinde yaptıkları testleme sonucu, *M. javanica*'nın 6 ve *M. incognita*'nın 7 izolatını virü lent bulmuşlardır.

Iberkleid vd. (2014), hassas, heterozigot dayanıklı ve homozigot dayanıklı olmak üzere, 3 domates çeşidini avirü lent ve virü lent *M. javanica* izolatları ile testlemişler ve avirü lent popülasyonların hassas bitkide çoğalırken heterozigot dayanıklı bitkide kısmen, homozigot dayanıklı bitkide ise gelişemediğini, buna karşın virü lent popülasyonların hassas, heterozigot dayanıklı ve homozigot dayanıklı bitkide gelişebildiğini belirtmişlerdir.

Uysal ve Söğüt (2016), Göller Bölgesi'ndeki sebze alanlarında elde ettikleri 25 *M. incognita* izolatından 3'ünün, 18 *M. javanica* izolatından ise 4'ünün *Mi-1* virü lent olduğunu bildirmişlerdir.

Aydınlı ve Mennan (2019), Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki farklı üretim alanlarından elde ettikleri *M. arenaria* (38), *M. incognita* (4), *M. javanica* (4) ve *M. luci* (37) izolatlarından yalnızca *M. luci*'ye ait 2 izolatın *Mi-1.2* geninin sağladığı dayanıklılığı kırdığını rapor etmişlerdir.

Sargın ve Devran (2021), *Solanum torvum* orijinli patlıcan anaçlarının (Hawk ve Boğaç) *M. javanica*, *M. incognita* ve *M. luci*'ye ait avirü lent ve virü lent izolatlara karşı dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir.

Könül (2021), testlemeye aldığı 12 kabakgil anacının tamamının *M. incognita*'nın *Mi-1.2* virü lent ve avirü lent izolatlarına karşı hassas olduğunu belirtmiştir.

2.2. Biberde Kök-ur Nematodlarına Dayanıklılık

Kök-ur nematodları, biber üretiminde önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bunlar konukçularının köklerinde beslenmesi sonucu urlar oluşturarak bitkinin topraktan su ve besin alımını kısıtlamaktadır (Bird ve Kaloshian 2003; Mukhtar vd. 2013). Kök-ur nematodlarının neden olduğu kayıpları azaltmak için farklı mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Dayanıklı çeşit kullanımı ise en önemli mücadele yöntemlerinden biridir. Biberlerde *Meloidogyne* türlerine karşı dayanıklılık sağlayan genler (*N*, *Me1*, *Me2*, *Me3*, *Me4*, *Me5*, *Me6*, *Me7*, *Mech1* ve *Mech2*) rapor edilmiştir (Bleve-Zacheo vd. 1998; Djian-Caporalino vd. 2001, 2007; Wang ve Bosland, 2006; Wang vd. 2009). Bunlar içerisinde *N* geni ve *Me1* genleri biber ıslah programlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu genler, biber üretim alanlarında yaygın şekilde bulunan *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerinin avirü lent popülasyonlarına karşı koruma sağlamaktadır (Djian-Caporalino vd. 1999, 2001, 2007). *N* geni bulunduran biberler, *M. incognita*'ya karşı yüksek düzeyde dayanıklılık oluşturmaktadır (Kokalis-Burelle vd. 2009; Thies vd., 1997, 1998). *Mi-1*, *Me1*, *Me3* ve *Me7* dayanıklılık genlerinin kök-ur nematodu ile bulaşık köklerde vasküler silindirde genel olarak geç aşırı duyarlılık reaksiyonu [hypersensitive reaction, (HR)] oluşturdukları ve kök-ur nematodlarının dişi bireylerinin yumurta kümesi oluşturmalarını engelledikleri bildirilmiştir (Bleve-Zacheo vd. 1998; Pegard vd. 2005). *Me1* geni tarafından geç aşırı duyarlılık reaksiyonu oluşması, genellikle *Me1*-virü lent nematod popülasyonlarının gelişmesini ciddi düzeyde düşürdüğü bildirilmiştir (Djian-

Caporalino vd. 2011). *Me1* ve *Me3* genleri *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerine karşı dayanıklılık sağlamaktadır (Hendy vd. 1985; Castagnone-Sereno vd. 2001). *N* ve *Me1* genlerinin avirulent kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık performansları üzerine çalışmalar yürütülmüştür (Özarslandan vd. 2015; Sánchez-Solana vd. 2016). Yapılan araştırmalarda, sebze üretim alanlarında *Mi-1.2* virulent kök-ur nematodu popülasyonlarının bulunduğu belirtilmiştir (Ornat vd. 2001; Tzortzakakis vd. 2005; Devran ve Söğüt 2010). *Mi-1.2* virulent kök-ur nematodu popülasyonlarının sebze üretim alanlarında yaygınlaşması bu popülasyonların bulunduğu alanlarda domatese alternatif başka sebze türlerinin yetiştirilmesini gerekli kılabilir. Bu nedenle, biber, domates yerine kullanılabilecek sebzelerden birisidir. Bunun için *Mi-1.2* virulent popülasyonlara karşı biber çeşitlerinin tepkilerinin bilinmesi, dayanıklı biber çeşidinin seçimi için gereklidir. Biberde kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık sağlayan genlerin, *Mi-1.2* virulent popülasyonlarına karşı performansları konusunda sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır.

Castagnone-Sereno vd. (1992), 4 *M. incognita* izolatının (2 avirulent ve 2 *Mi*-virulent) biber ve domates üzerindeki üreme durumunu kontrollü koşullar altında araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, 4 *M. incognita* izolatının duyarlı domates (Saint Pierre) üzerinde üremiş, avirulent izolat, duyarlı biber çeşidi (Doux Long des Landes) üzerinde çok sayıda yumurta kümesi üretmiş, fakat dayanıklı biber ve dayanıklı domates üzerinde çoğalmamıştır. *Mi*-virulent izolat ise dayanıklı biber çeşidinde gelişmemiştir. Çalışmadaki bir diğer sonuç ise, avirulent izolattan seçilen 3 virulent izolat dayanıklı domates (Piersol) üzerinde çoğalmış, fakat biberler üzerinde üreme kabiliyetinin büyük kısmını kaybettiği belirtilmiştir.

Tzortzakakis vd. (1999), Yunanistan'da farklı bölgelerden toplanan 34 *M. javanica* (4 adet virulent) ve 5 *M. incognita* popülasyonlarının dayanıklı domates ve duyarlı biber çeşitlerinde tepkilerini incelemişler ve duyarlı biber çeşidinde *M. javanica* popülasyonlarında gelişme gözlenmezken, *M. ingonita* popülasyonlarının tamamının geliştiğini belirtmişlerdir.

Castagnone-Sereno vd. (2001), *Mi-1.2* virulent nematodların *Me1* ve *Me3* genlerini taşıyan biberdeki tepkilerini araştırmak için *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerine ait 22 virulent ve avirulent izolat kullanmışlardır. *Me1* geni taşıyan biberler, virulent ve avirulent izolatlara karşı dayanıklılık sağlarken, *Me3* geni taşıyan biberin 2 virulent *M. arenaria*'ya karşı yapılan testlemeler sonucunda bir tanesi dayanıklılık sağlarken diğer testleme sonucunda ur ve yumurta kümesi oluşumu gözlenmiştir. Sonuçlar, *Me3* genini taşıyan biberlerin tepkisinin, test edilen kök-ur nematodu izolatlarına bağlı olduğunu göstermiştir.

Oka vd. (2004), farklı biber bitkileri üzerinde yürütmüş oldukları çalışmada, *M. incognita* ve *M. javanica*'nın duyarlı ve dayanıklı çeşitlere karşı tepkilerini incelemişler ve biber bitkilerinin *M. javanica*'ya karşı orta düzeyde dayanıklılık sağladığını bildirmişlerdir. Yaptıkları diğer testlemede ise *M. incognita* ırk 3'e dayanıklı olduğu bilinen Carolina Wonder ve Charleston Belle'nin *M. incognita* ırk 2'ye karşı duyarlı olduğunu bulmuşlardır.

Tzortzakakis vd. (2005), Yunanistan'ın farklı üretim alanlarından *M. incognita* ve *M. javanica* popülasyonunu (9 adet) domates çeşitleri üzerinde çoğaltmışlar ve *M. incognita*'ya ait 1, *M. javanica*'ya ait 5 popülasyonun *Mi-1* virulent olduğunu belirtmişler. Böylece Yunanistan'da ilk kez virulent *M. incognita* tespit edilmiştir.

Tzortzakakis ve Blok (2007), Girit (Yunanistan)'ten elde edilen virü lent *M. incognita* (MiC1) ve avirü lent *M. incognita* (MiC2) izolatlarının lokal olarak yetiştiriciliği yapılan 10 farklı hassas biber çeşidi üzerindeki üreme durumlarını kontrollü koşullar altında değerlendirmişlerdir. Yapılan testlemenin sonucunda, MiC1 izolatının tüm biber çeşitlerinde çoğalamadığını, buna karşın MiC2 izolatının tüm biberlerde ur ve yumurta kümesi oluştuğunu rapor etmişlerdir.

Djian-Caporalino vd. (2011), dayanıklılık genlerinin (*R*) sürekliliğini anlamak için doğal virü lent *M. incognita* ile laboratuvar koşullarında virü lent hale getirilen *M. incognita* popülasyonlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, *Me1* dayanıklılık geninin, avirü lent izolatlar ile virü lent *Me3*, virü lent *Me7* ve virü lent *Mi-1* izolatlarına karşı dayanıklılık geni (*R* geni) gibi davrandığını belirtmişlerdir.

Thies (2011), *N* geni taşıyan 4 biber genotipi ile 4 hassas biber çeşidini *M. incognita* ile testlemiş ve tüm bitkilerin *M. incognita* popülasyonuna karşı duyarlı olduğunu rapor etmiştir.

Barbary vd. (2014), *Me1* ve *Me3* geni taşıyan biberlerin, *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica*'ya karşı dayanıklılık sağladığını, yüksek sıcaklıklara karşı etkili olduklarını ve ıslah çalışmalarında aktif bir şekilde kullanılacağını bildirmişlerdir.

Göze (2014), farklı dayanıklılık geni içeren (*N*, *Me5*, *Me7-Mech1*, *Me1-Mech2*) biber hatlarında 51 adet kök-ur nematodu popülasyonunun virü lent/avirü lent konukçu reaksiyonlarını araştırmış, *N* ve *Me7-Mech1* genlerinin stabil bir nematod dayanıklılığı gösterdiğini bildirmiştir.

Tzortzakakis vd. (2014), Yunanistan'ın kuzeyindeki bir serada pancar köklerinden elde edilen *M. incognita* popülasyonu *Mi* geni taşıyan domates ile 3 farklı duyarlı biber çeşidinde testlediklerinde tüm çeşitlerde yumurta kümesi ve urlanma oluştuğunu belirtmişlerdir.

Özarslandan vd. (2015), 57 saf biber hattını *M. incognita* ile testlemişler ve biber genotiplerinden 27 tanesinin dayanıklı, 30 tanesinin de hassas olduğunu bildirmişlerdir.

Tzortzakakis vd. (2016), 2013-2014 döneminde Yunanistan'da virü lent popülasyonlar üzerine yapılan çalışmada, 6 *Mi-1* virü lent popülasyon tespit edildiğini ve bunlardan 4 tanesinin *M. javanica* ve 2 tanesinin de *M. incognita* olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada, duyarlı biber çeşidi üzerinde 4 *Mi-1* virü lent *M. javanica* popülasyonu hiçbir gelişme göstermezken, 2 *Mi-1* virü lent *M. incognita* popülasyonlarından bir tanesi gelişme gösterirken diğeri gelişme göstermemiştir.

Sánchez-Solana vd. (2016), *Me1* geni (1 adet), *Me3* geni (1 adet), kısmen dayanıklı (1 adet) ve yerel yetiştirme koşullarına iyi adapte olmuş (6 adet) toplam 9 biber bitkisinin *M. incognita*'ya karşı tepkisini araştırmışlar ve *Me1* geninin *Me3* genine göre daha yüksek dayanıklılık sağladığını ve 4 yerel biber çeşidinin ise *M. incognita*'ya karşı dayanıklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Göze Özdemir ve Uysal (2018), kök-ur nematodlarına karşı duyarlı biber çeşidi (California Wonder), dayanıklı (Carolina Wonder, *N* geni), PM 217 (*Me1-Mech2*), Yolo Wonder (*Me5*) ve CM334 (*Me7-Mech1*) genlerini taşıyan biber hatlarının 21 *M. javanica* ırk1'e karşı tepkilerini kontrollü koşullar altında araştırmışlardır. Carolina Wonder, CM334 ve PM217 biber hatları üzerinde birçok izolat düşük düzeyde gelişme göstermiş

ve tüm popülasyonlar avirulent reaksiyon göstermiştir. Yolo Wonder biber hattında ise 18 izolatın geliştiğini ve 4 izolatın virulent reaksiyon gösterdiği bildirmişlerdir.

Gürkan vd. (2018), 16 biber hattı ve 2 biber çeşidinin *M. incognita* ırk1'e karşı reaksiyonlarını araştırmışlar ve hepsini hassas bulmuşlardır.

Özalp vd. (2019), iki *Mi-1.2* virulent *M. javanica* popülasyonunun, yedi biber genotipinin köklerinde herhangi bir yumurta kümesi ve ur oluşturmadığını bildirmişlerdir. Buna karşın, iki *Mi-1.2* virulent *M. incognita* popülasyonunun, *Mi-1* avirulent popülasyonlarına duyarlı olduğu bilinen Safran F1, Mostar F1, Mert F1 ve B5 materyallerinde çok iyi şekilde çoğalabildiğini, fakat dayanıklı olarak bilinen Carolina Wonder (*N* geni), B4 F1 ve B6 materyallerinde herhangi bir yumurta kümesi üretmediğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyalleri

Çalışmada, biber çeşitleri olarak hassas Safran F₁ ve *Me1* geni taşıyan MT-01 F₁ çeşitleri ile *Mi-1.2* virü lent popülasyonlar için kontrol bitkisi olarak *Mi-1.2* geni taşıyan Seval F₁ domates çeşidi kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bitki çeşitleri, özellikleri ve firma bilgisi

Çeşit Adı	Özellik ^a	Firma Adı
MT-01 F ₁	<i>Me1</i> dayanıklılık geni taşıyan biber	Multi Tohum Tar. San. Tic. A.Ş.
Safran F ₁	Hassas biber	Yüksel Tohum Tar. San. Tic. A.Ş.
Seval F ₁	<i>Mi-1</i> dayanıklılık geni taşıyan domates	Multi Tohum Tar. San. Tic. A.Ş.

^a Firmaların vermiş olduğu bilgiler ve önceki laboratuvar sonuçları

3.1.2 *Meloidoyne incognita* izolatları

Meloidoyne incognita'ya ait izolatlar, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan *Mi-1.2* virü lent izolatlardan oluşmuştur (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* izolat adları, orijinleri ve özellikleri

İzolat Adı	Orijin	Konukçu Bitki	Özellik	Referans
V3	Kepez, Antalya	Domates	<i>Mi-1.2</i> doğal virulent	Laboratuvar Kültürü
V6	Kepez, Antalya	Domates	<i>Mi-1.2</i> doğal virulent	Sargın ve Devran (2021)
V13	Kepez, Antalya	Domates	<i>Mi-1.2</i> doğal virulent	Laboratuvar Kültürü
V15	Kepez, Antalya	Domates	<i>Mi-1.2</i> doğal virulent	Laboratuvar Kültürü
V18	Kepez, Antalya	Domates	<i>Mi-1.2</i> doğal virulent	Laboratuvar Kültürü
V30 ^a	Serik, Antalya	Domates	<i>Mi-1.2</i> seçilmiş virulent	Mıstanoğlu vd. (2020)

^a*Meloidogyne incognita* S6 izolatı, orijinal olarak biber bitkisinden elde edilmiştir. Laboratuvar koşullarında dayanıklı domates üzerinde belirli süre çoğaltılarak virulent popülasyon oluşturulmuş ve V30 olarak adlandırılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* izolatlarının çoğaltılması

Mi-1.2 virulent izolatlar, *Mi-1* geni taşıyan dayanıklı domates bitkisi Seval F₁ üzerinde çoğaltılmıştır (Şekil 3.1.). Dikime hazır fideler plastik bardaklara (250 ml) şaşırtılmıştır. Dikimden 1 hafta sonra bitkinin kök boğazı bölgesine yakın bir yerden 2-3 cm derinliğinde açılan deliklere her bitkiye 1000 J2 olacak şekilde inokulasyon yapılmıştır. Bitkiler, 24±1 °C sıcaklık ve %60±5 nem ve 16:8 saat (aydınlık: karanlık) koşullarına sahip iklim odasında yetiştirilmiştir. Bitkiler 60 gün sonra sökülüş ve kökleri akan su altında yıkandıktan sonra köklerde oluşan yumurta paketleri dikkatli bir şekilde yumuşak pens veya iğne ile toplanmıştır. Geliştirilmiş Baermann Huni yöntemi (Hooper 1986) kullanılarak yumurta paketlerinden 2.dönem larvalar (J2) elde edilmiştir. Larvaların sayımı mikroskop altında yapılarak inokulasyonda kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir (Mıstanoğlu vd. 2016).



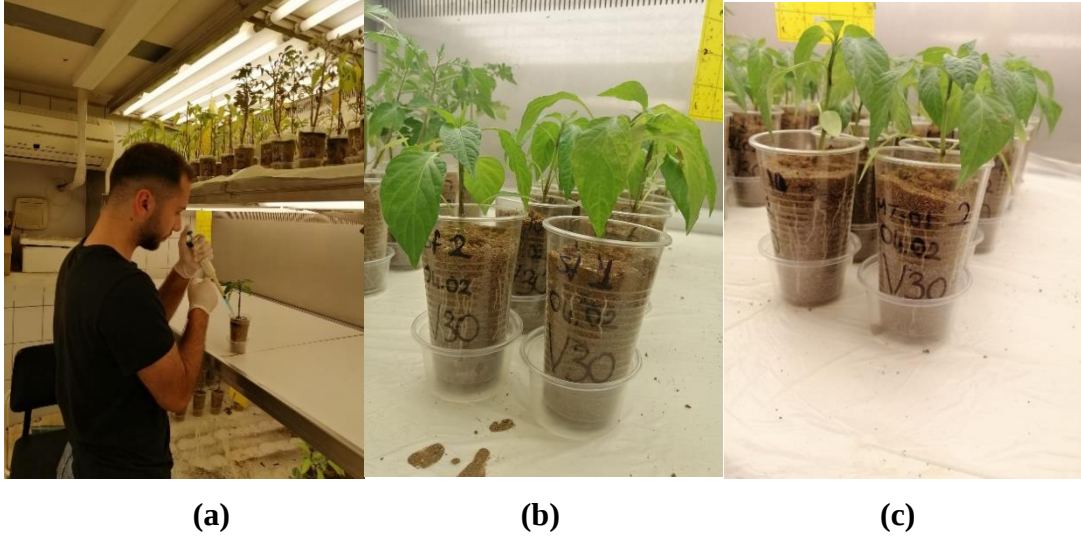
Şekil 3.1. *Meloidogyne incognita* virulent izolatlarının Seval F₁'de çoğaltılması

3.2.2. *Mi-1.2* virulent izolatların virülensliğinin kontrolü

Meloidogyne incognita izolatlarının biberleri testlemeye başlamadan önce virülensliğinin kontrolü yapılmıştır. 3.2.1.'de açıklandığı şekilde her bir izolat 5 tekerrür ve 2 tekrarlı olarak Seval F₁ bitkisine inokulasyonu yapılmış ve 60 gün sonra sonra sökülerek köklerdeki urlanama ve yumurta kümeleri değerlendirilmiştir.

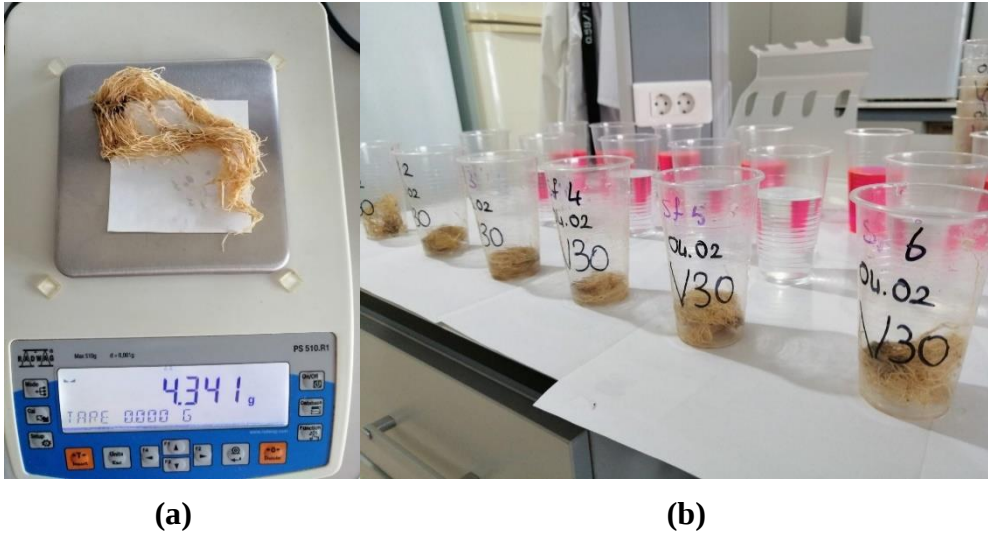
3.2.3. Biber bitkilerinin testlenmesi

Safran F₁ ve MT-01 F₁ biber çeşitlerine ait 4 gerçek yaprak dönemindeki fideler steril toprak içeren 250 cc'lik plastik bardaklara şaşırtılmıştır. Bitkilerin şaşırtılmasından yaklaşık bir hafta sonra her bir izolat için bitki başına 1000 J2 inokulasyonu yapılarak deneme 5 tekerrür ve 2 tekrar olacak şekilde kurulmuştur (Şekil 3.2.a-c). Denemede, 6 adet *M. incognita* izolatı ve 2 biber çeşidi kullanılmış ve tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulmuştur. Ayrıca, Seval F₁ domates çeşidi, virulent izolatların gelişme durumunun kontrolü için kullanılmıştır. Bitkiler, 24±1 sıcaklık, %60±5 nem ve 16:8 saat (aydınlık: karanlık) koşullarında yetiştirilmiştir (Mıstanoglu vd. 2016, Özalp ve Devran 2018).



Şekil 3.2. Bitkilere *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* ikinci dönem larvalarının inokulasyonu (a), inokulasyon yapılan Safran F₁ bitkisi (b) ve MT-01 F₁ bitkisi (c)

Bitkiler nematod inokulasyonundan 60 gün sonra sökülerek kökleri yıkanmış ve kök ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır (Şekil 3.3.a). Daha sonra kökler Pholexine B (Merck) (0.15 g/L) ile boyanmıştır (Şekil 3.3.b) (Öçal vd. 2018). Bitkilerin köklerindeki yumurta paketi ile urlar sayılmış ve 0-5 skalasına (Hartman ve Sasser 1985) göre bitkilerin dayanıklı durumu değerlendirilmiştir (Çizelge 3.3.). Bu skala değerlerine göre 0-2 değer aralığındaki bitkiler dayanıklı, 3-5 değer aralığındaki bitkiler duyarlı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.3. Bitki köklerinin tartılması (a), köklerin Pholexine B ile boyanması (b)

Çizelge 3.3. Köklerde oluşan ur veya yumurta kümesi oluşumunun 0-5 skala değerleri (Hartman ve Sasser 1985)

Skala	Değer
0	Köklerde ur veya yumurta kümesi oluşumu yok
1	Köklerde 1-3 adet ur veya yumurta kümesi oluşumu var
2	Köklerde 3-10 adet ur veya yumurta kümesi oluşumu var
3	Köklerde 11-30 adet ur veya yumurta kümesi oluşumu var
4	Köklerde 31-100 adet ur veya yumurta kümesi oluşumu var
5	Köklerde 100+ ur veya yumurta kümesi oluşumu var

3.2.4. Üreme değerinin belirlenmesi

Mi-1.2 virulent *M. incognita* popülasyonlarından MT-01 F₁ biber çeşidinde çoğalmayan V3 izolatının, biberlerdeki üreme durumunu belirlemek için Safran F₁ ve MT-01 F₁ biberlerinden her biri için 10'ar bitki (5 bitki x 2 tekrar)'ye inokulasyon yapılmıştır. İnokulasyondan 60 gün sonra bitkiler sökülerek RF değeri belirlenmiştir. RF değeri topraktaki larva sayısı ile köklerdeki yumurta paketlerinden alınan yumurta sayılarının toplamının, toprağa inokule edilen larva sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır ($RF = Pf / Pi$) (Oostenbrink 1966). Çalışmada, yumurtaları elde etmek için köklerden toplanan yumurta paketleri %2'lik NaOCl içerisinde yaklaşık 4-5 dakika bekletildikten sonra, yumurta paketlerinden açılan yumurtaların mikroskop sayımları yapılmıştır. Topraktan larvaları elde etmek için ise bitkilerin yetiştirildiği topraklardan 100 g tartılarak Geliştirilmiş Baermann Huni yöntemi (Hooper 1986) kullanılarak yapılmıştır.

3.2.5. İstatistiksel analiz

Bitkilerde oluşan yumurta kümesi sayısı, yumurta kümesi skalası, urlanma sayısı urlanma skalası ve g kökteki yumurta kümesi ve urlanma sayısı değerlerine istatistiksel analizler yapılmıştır. Bitkilerin köklerinde oluşan urlar ve yumurta paketleri sayılmış ve değerler analiz edilmeden önce, $\log_{10}(x+1)$ transformasyonu uygulanmıştır. ANOVA varyans analizi yapılarak, virulent izolatlarına her bir çeşitteki ortalamalar arasındaki farklılıklar SAS (versiyon 9.00) programı, Tukey testine ($P \leq 0.05$) göre karşılaştırılmıştır. Standart hatalar ortalamalar ile birlikte verilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmada, Safran F₁ ve MT-01 F₁ biber bitkileri 6 farklı *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* izolatı (V3, V6, V13, V15, V18 ve V30) ile testlenmiştir. Ayrıca virülensliklerini kontrol etmek için kullanılan bu izolatlar, Seval F₁ dayanıklı domates çeşidine aynı deneme seti içinde inokulasyon yapılmıştır.

4.1. *Mi-1.2* Virulent *Meloidogyne incognita* İzolatlarının Seval F₁'de Virülensliği

Mi-1.2 virulent *M. incognita* izolatlarının virülensliğini belirlemek için *Mi-1.2* geni taşıyan Seval F₁ çeşidine ayrı ayrı inokulasyon yapılmış ve oluşturdukları yumurta kümeleri ile ırlar sayılmıştır (Çizelge 4.1). İzolatların tamamının Seval F₁ üzerinde yumurta kümesi ve ırl oluşturdukları belirlenmiştir. Domates bitkisinin gram köklerinde en fazla yumurta kümesi V6 izolatında (76,02), en az ise V30 izolatında (20,88) belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Gram kökteki yumurta kümesi sayısına göre *M. incognita*'nın V6, V13 ve V30 izolatları arasında istatistiksel olarak fark bulunurken ($p \leq 0.05$); V3, V6, V15 ve V18 izolatları arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). Yumurta kümesi skala değerleri 4,1'den 4,9'a kadar değişen izolatların bu kriter bakımından istatistiksel olarak birbirinden farksız olduğu tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$).

Gram kök üzerindeki ırl sayıları incelendiğinde en fazla ırl sayısını V6 izolatı (85,78), en az ise V15 izolatı (51,69) oluşturmuştur (Çizelge 4.1). V6 izolatının kökte oluşturduğu ırl sayısı, istatistiksel olarak V3, V13 ve V18 izolatları ile benzer olmasına rağmen ($p \geq 0.05$), V15 ve V30 izolatlarından önemli seviyede yüksek bulunmuştur ($p \leq 0.05$). V15 izolatının ise V13, V18 ve V30 izolatlarından istatistiksel olarak farksız olduğu tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$). ırl skala değerleri en düşük 4,8, en yüksek 5 olarak belirlenmiş ve izolatlar arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ($p \geq 0.05$). *Mi-1.2* geni taşıyan Seval F₁ çeşidindeki ırl ve yumurta kümesi skalası sonuçları, bu izolatların *Mi-1.2* geninde virulent olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.1. *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* izolatlarının Seval F₁ domates çeşidi üzerinde gram kökte oluşturduğu yumurta kümeleri, ırl sayıları ile skala değerleri

İzolat Adı	Yumurta kümesi sayısı / g kök	Yumurta kümesi skalası ¹	ırl sayısı / g kök	ırl skalası ¹
V3	62,51 ± 7,43 AB	4,9 ± 0,1 A	75,37 ± 4,54 AB	5 ± 0 A
V6	76,02 ± 9,41 A	4,9 ± 0,1 A	85,78 ± 9,51 A	5 ± 0 A
V13	41,21 ± 8,45 BC	4,1 ± 0,2 A	71,67 ± 8,45 ABC	4,8 ± 0,15 A
V15	49,27 ± 5,22 AB	4,6 ± 0,16 A	51,69 ± 3,82 C	4,8 ± 0,13 A
V18	54,17 ± 6,83 AB	4,9 ± 0,15 A	60,41 ± 5,78 ABC	4,9 ± 0,1 A
V30	20,88 ± 2,00 C	4,3 ± 0,22 A	52,79 ± 4,32 BC	5 ± 0 A

¹0-5 Skalası (Hartman ve Sasser 1985), 0-2: Dayanıklı, 3-5: Hassas

Tablodaki sütunlar kendi içinde içerisinde değerlendirilmiş olup, Tukey testine göre aynı harfleri gösteren değerler $P \leq 0.05$ göre istatistiksel olarak birbirinden farksızdır. ±: Standart hata değerlerini göstermektedir.

4.2. Safran F₁'nin *Mi-1.2* Virü lent *Meloidogyne incognita* İzolatlarına Karşı Tepkisi

Mi-1.2 virü lent *M. incognita* izolatlarının kök-ur nematodlarına karşı hassas olduğu bilinen Safran F₁ biber bitkisindeki çoğalma durumları incelenmiştir. İzolatların tamamının Safran F₁ biber bitki üzerinde yumurta kümesi ve ur oluşturdıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Gram kökteki en fazla yumurta kümesi sayısını V6 izolatı (41,80), en az ise V3 izolatı (10,39) oluşturmuştur. Yumurta kümesi sayılarına göre V3 izolatının, V6 ve V13 izolatlarından istatistiksel olarak önemli sayıda daha az yumurta kümesine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Yumurta kümesi skala değerleri en düşük 3,4, en yüksek 4,5 olarak bulunmuş ve izolatlar arasında yumurta kümesi skala değeri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p \geq 0.05$).

Gram kök üzerindeki ur sayıları incelendiğinde en fazla ur sayısına V13 izolatı (47,38), en az ise V3 izolatı (13,91) neden olmuştur. Ur sayısı değerlerine bakıldığında V6, V13 ve V30 izolatlarının istatistiksel olarak birbirinden farksız olduğu tespit edilmiştir ($p \geq 0.05$). V3 izolatının ise bu değer bakımından, V15 ve V18 izolatlarından farksız olduğu belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). Ur skala değerleri en düşük 3,8, en yüksek 4,9 olarak belirlenmiş ve bazı izolatlar arasında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmamıştır (Çizelge 4.2.). Ur ve yumurta kümesi skala değerleri dikkate alındığında, Safran F₁ biber çeşidin nematod izolatlarına hassas reaksiyon gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. *Mi-1.2* virü lent *Meloidogyne incognita* izolatlarının Safran F₁ biber çeşidi üzerinde gram kökte oluşturduğu yumurta kümeleri, ur sayıları ile skala değerleri

İzolat Adı	Yumurta kümesi sayısı / gr kök	Yumurta kümesi skalası ¹	Ur sayısı / gr kök	Ur skalası ¹
V3	10,39 ± 1,99 B	3,4 ± 0,17 A	13,91 ± 2,25 C	3,8 ± 0,15 B
V6	41,80 ± 7,34 A	4,5 ± 0,27 A	45,17 ± 5,66 A	4,9 ± 0,12 A
V13	33,19 ± 7,47 A	4,1 ± 0,31 A	47,38 ± 4,89 A	4,7 ± 0,17 A
V15	18,51 ± 3,77 AB	4,1 ± 0,23 A	19,28 ± 3,53 C	4,1 ± 0,2 AB
V18	17,55 ± 2,87 AB	3,9 ± 0,18 A	19,64 ± 2,38 BC	3,9 ± 0,1 B
V30	22,70 ± 6,15 AB	4 ± 0,29 A	35 ± 5,09 AB	4,3 ± 0,23 AB

¹0-5 Skalası (Hartman ve Sasser 1985), 0-2: Dayanıklı, 3-5: Hassas

Tablodaki sütunlar kendi içinde içerisinde değerlendirilmiş olup, Tukey testine göre aynı harfleri gösteren değerler $P \leq 0.05$ göre istatistiksel olarak birbirinden farksızdır. ±: Standart hata değerlerini göstermektedir.

4.3. MT-01 F₁'nin *Mi-1.2* Virü lent *Meloidogyne incognita* İzolatlarına Karşı Tepkisi

Me1 dayanıklılık geni taşıyan MT-01 F₁ biber bitkisinin *Mi-1.2* virü lent *M. incognita* izolatlarına tepkisi incelenmiştir. V3 izolatı hariç diğer tüm izolatlar MT-01 F₁ biber bitkisi üzerinde çok sayıda yumurta kümesi ve ur oluşturdıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.3). V3 izolatında ise yumurta kümesi ve ur sayıları çok az düzeyde tespit edilmiştir. Biberin gram kökteki yumurta kümesi sayısı en fazla V6 izolatında (88,58)

tespit edilirken en düşük V3 (0,35) izolatında belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Yumurta kümesi sayılarına göre *M. incognita*'nın V6 ve V13 izolatları ile V15, V18 ve V30 izolatları kendi aralarında istatistiksel olarak farksızdır ($p \geq 0.05$). V3 izolatının, diğer izolatların tamamından istatistiksel olarak farklı olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$). Yumurta kümesi skala değerleri V3 izolatında 0,6 ile en düşük, V6 izolatında 5 ile en yüksek olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). V6 ve V13 izolatları ile V15 ve V18 izolatları kendi arasında istatistiksel olarak farksızken ($p \geq 0.05$), V3 izolatı yumurta kümesi değerlerinde olduğu gibi diğer izolatların tamamından istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

Gram kök üzerindeki ur sayıları incelendiğinde en fazla ur sayısına V6 izolatı (80,44) sahipken en düşük ur sayısı yine V3 izolatında (0,35) belirlenmiştir. V3 izolatı istatistiksel olarak diğerlerinden farklı bulunmuştur ($p \leq 0.05$). V6 ve V13 izolatları ile V15, V18 ve V30 izolatları kendi aralarında istatistiksel olarak farksızken ($p \geq 0.05$), birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Ur skala değerleri V3 izolatında 0,6 ile en düşük, V6 izolatında 5 ile en yüksek olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak V3 izolatı diğer izolatlardan farklı olduğu bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.3. *Mi-1.2* virü lent *Meloidogyne incognita* izolatlarının MT-01 F₁ biber çeşidi üzerinde gram kökte oluşturduğu yumurta kümeleri, ur sayıları ile skala değerleri

İzolat Adı	Yumurta kümesi sayısı / gr kök	Yumurta kümesi skalası ¹	Ur sayısı / gr kök	Ur skalası ¹
V3	0,35 ± 0,17 C	0,6 ± 0,22 C	0,35 ± 0,17 C	0,6 ± 0,22 B
V6	88,58 ± 16,99 A	5 ± 0 A	80,44 ± 13,24 A	5 ± 0 A
V13	56,51 ± 10,51 A	4,8 ± 0,15 A	62,37 ± 5,44 A	4,9 ± 0,11 A
V15	20,72 ± 3,14 B	3,8 ± 0,13 B	25,26 ± 3,31 B	4 ± 0,15 A
V18	15,33 ± 2,68 B	3,6 ± 0,16 B	21,42 ± 3,81 B	3,7 ± 0,15 A
V30	12,25 ± 0,90 B	4 ± 0 AB	23,87 ± 2,09 B	4,5 ± 0,17 A

¹0-5 Skalası (Hartman ve Sasser 1985), 0-2: Dayanıklı, 3-5: Hassas

Tablodaki sütunlar kendi içinde içerisinde değerlendirilmiş olup, Tukey testine göre aynı harfleri gösteren değerler $P \leq 0.05$ göre istatistiksel olarak birbirinden farksızdır. ± Standart hata değerlerini göstermektedir.

4.4. *Meloidogyne incognita* V3 İzolatının Üreme Oranı

Dayanıklı biber çeşidi üzerinde diğer izolatlara göre çok az üreme gösteren *Meloidogyne incognita*'nın V3 izolatının üreme değeri ayrı bir denemede belirlenmiştir. Nematod üremesi bakımından değerlendirildiğinde, hassas olduğu bilinen Safran F₁ bitkisinde RF değeri 13,32 olarak tespit edilmiştir. RF>1 olduğu için *M. incognita*'nın *Mi-1.2* virü lent V3 izolatının bu biber çeşidinde üreyip çoğaldığı saptanmıştır. *Me1* dayanıklılık geni taşıyan MT-01 F₁ biber çeşidinde ise üreme değeri 0,19 hesaplanmıştır. RF<1 olduğu için *M. incognita*'nın *Mi-1.2* virü lent V3 izolatının MT-01 F₁ biber

eşidinde çoğalmadığı görölmüşür. Bu sonuçlar, MT-01 F₁ biber eşidinin V3 izolatına karşı dayanıklı olduğunu doğrulamıştır.



5. TARTIŞMA

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) bitkilerin köklerine giriş yaparak beslenen obligat endoparazitlerdir (Williamson ve Hussey 1996; Moens vd. 2009). Bitki köklerindeki zararları sonucu oluşan urlar, iletim demetlerini tıkayarak bitkinin su ve besin maddesi alımını engeller (Trudgill ve Blok 2001; Abad vd. 2003; Bleve-Zacheo vd. 2007). Köke giriş yapan kök-ur nematodları ikinci larva döneminde zarar yapmaktadır. Kök-ur nematodlarının biyolojik döngüsünü kısa sürede tamamlaması ve üreme potansiyelinin yüksek olmasından dolayı mücadelesi oldukça zordur (Williamson ve Hussey 1996; Trudgill ve Blok 2001; Bleve-Zacheo vd. 2007; Jones vd. 2013).

Tarımsal üretimde kök-ur nematodlarına karşı farklı mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. En sık kullanılan yöntemlerin başında kimyasal mücadele gelmektedir. Ancak, kimyasal ilaçların maliyetinin yüksek olması ve çevre-insan sağlığına zararlarından dolayı alternatif mücadele yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir (Lopez-Perez vd. 2005; Pattison vd. 2006; Nyczepir ve Thomas 2009). Bu alternatif yöntemler içerisinde dayanıklı çeşitlerin tarımsal üretimde tercih edilmesi en etkin mücadele yöntemlerini oluşturmaktadır. Dayanıklı çeşitler, nematodların üreme ve gelişmesini engellemesi, uygulama kolaylığı, hem maliyetinin kimyasal ilaçlara göre düşük olması hem de çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri olmaması nedeniyle tercih edilmektedir (Cook ve Evans 1987; Boerma ve Hussey 1992; Lopez-Perez vd. 2006).

Solanaceae familyası içerisinde önemli bir yere sahip olan domates bitkisinde kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı çeşitler bulunmaktadır. Domateste *Mi-1* geni ıslah programlarında yaygın olarak kullanılmakta ve geliştirilen çeşitler ticari olarak pazarda yer edinmektedir. Bu genin *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* popülasyonlarına (Milligan vd. 1998; Roberts ve Thomason 1986; Williamson ve Hussey 1996) ve diğer bazı kök-ur nematodu türlerine (*M. ethiopica*, *M. exigua*, *M. hispanica*, *M. inornata*, *M. izalcoensis*, *M. konaensis*, *M. luci*, *M. moroccensis*, *M. paranaensis* ve *M. pentuniae*) karşı da dayanıklılık sağladığı rapor edilmiştir (Aydınlı ve Mennan, 2019; Santos vd. 2020; Gabriel vd. 2020). *Mi-1* geni, domates üretim alanlarında yaygın olarak kullanılmakla birlikte, bazı durumlarda kök-ur nematodlarına karşı korumada yeterli olmayabilir. Çünkü, *Mi-1* geninin sağladığı dayanıklılığın kırılmasında rol alan bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar; toprak sıcaklığının 28°C yukarısında olması ve *Mi-1* virulent popülasyonların ortaya çıkmasıdır (Dropkin 1969; Özalp ve Devran 2018; Roberts 1990).

Biber, Solanaceae familyasında yer alan önemli sebzelerden olup dünyada önemli üretim miktarına sahiptir. Biber üretiminde birçok hastalık etmeni ve zararlı ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Kök-ur nematodları da biberde verim ve kalite kaybına neden olan önemli zararlılardan biridir. Bu zararlıların yol açtığı kaybı önlemek için farklı mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Biberde dayanıklı çeşitlerin kullanılması mücadelede önemli bir yere sahiptir. Yapılan çalışmalarda, *N*, *Me1*, *Me2*, *Me3*, *Me4*, *Me5*, *Me6*, *Me7*, *Mech1* ve *Mech2* olarak adlandırılan genlerinin kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık sağladığı belirtilmiştir (Bleve-Zacheo vd. 1998; Djian-Caporalino vd. 2001, 2007; Wang ve Bosland, 2006; Wang vd. 2009). Bu genler arasında *N* ve *Me* genleri biber ıslah programlarında en yaygın kullanılanlar olarak bilinmektedir. Bu dayanıklılık genleri, sebze üretim alanlarında yaygın olarak bulunan *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica*'nın avirulent popülasyonlarına karşı dayanıklılık sağlamaktadır (Djian-Caporalino vd. 1999, 2001, 2007). *Me1* ve *Me3* geni taşıyan biberlerin *M. incognita*, *M.*

arenaria ve *M. javanica* türlerine karşı dayanıklılık sağladığını ve aynı zamanda yüksek sıcaklıklarda da bu genlerin etkili olduğunu belirtmiştir (Barbary vd. 2014). Başka bir çalışmada, Sánchez-Solana vd. (2016), 1 adet *Me1*, 1 adet *Me3*, 1 adet kısmen dayanıklı ve 6 adet yerel koşullara adapte olmuş biber bitkilerinin *M. incognita*'ya karşı dayanıklı olduğu bildirmişlerdir. Ayrıca, aynı çalışmada *Me1* geni taşıyan biberlerin *Me3* geni taşıyan biberlere göre daha dayanıklı ve yerel çeşitlerin de dayanıklı olduğunu tespit etmişlerdir. Göze Özdemir ve Uysal (2018), kök-ur nematodlarına karşı duyarlı biber çeşidi (California Wonder), dayanıklı genotipler olarak Carolina Wonder, (*N* geni), PM 217 (*Me1-Mech2*), Yolo Wonder (*Me5*) ve CM334 (*Me7-Mech1*) bitkilerinin 21 *M. javanica* ırk1 izolatına karşı tepkilerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, Carolina Wonder, CM334 ve PM217 genotipleri üzerinde tüm popülasyonların gelişmediğini belirtmişlerdir. Önceki çalışmalar biberdeki *N* ve *Me1* genlerinin kök-ur nematodlarına karşı etkili olduğunu göstermiştir.

Biberde *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerine karşı dayanıklılık sağlayan *Me1* geni dünyada olduğu gibi Türkiye'de de biber ıslah programlarında kullanılmaktadır. Bu geni taşıyan biber çeşitleri üreticiler tarafından kök-ur nematodlarına karşı mücadele açısından tercih edilmektedir. Türkiye'de biber yetiştiriciliği birçok bölgede yapılmaktadır. Biberde *Me1* geni tarafından sağlanan dayanıklılığın *Mi-1.2* virulent kök-ur nematodlarına karşı nasıl performans göstereceğinin bilinmesi, özellikle *Mi-1.2* virulent popülasyonlar tarafından tehdit edilen dayanıklı domates üretim alanlarında alternatif ürün rotasyonu için önemlidir. Bu çalışmada, *Me1* geni taşıyan MT-01 F₁ biber çeşidinin 6 farklı *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatına (V3, V6, V13, V15, V18 ve V30) karşı dayanıklılık reaksiyonları bakımından araştırılmıştır. Hassas olduğu bilinen Safran F₁ biber bitkisi ise kontrol olarak kullanılmıştır. Testleme çalışmasında kullanılan tüm *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatları Safran F₁ bitki köklerinde ırlanmalara neden olmuş ve yumurta kümesi üretmiştir. Ancak, *Me1* geni taşıyan MT-01 F₁ biber bitkisinde ise 5 izolatın (V6, V13, V15, V18 ve V30) ur oluşturduğu ve yumurta kümesi ürettiği, buna karşın 1 izolatın (V3) ise MT-01 F₁ biber çeşidinde gelişemediği belirlenmiştir. Tzortzakakis vd. (1999), *M. javanica* (4 adet virulent) ve *M. incognita* popülasyonları dayanıklı domates ve duyarlı biber çeşitlerinde tepkilerini inceledikleri çalışmada, duyarlı biber çeşidinde *M. javanica* popülasyonları gelişmezken, *M. ingonita* popülasyonlarının tamamının geliştiğini belirtmişlerdir. Oka vd. (2004), farklı biber çeşitlerinin *M. incognita* ve *M. arenaria* izolatlarının virulent ve avirulent reaksiyonlarını araştırmış ve *M. incognita* ırk 3'e dayanıklı olduğu bilinen *N* geni içeren 'Carolina Wonder ve Charleston Belle' genotiplerinin *M. incognita* ırk 2'ye karşı duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada, Tzortzakakis ve Blok (2007), Yunanistan'da dayanıklı gen taşıyıp taşımadığı bilinmeyen yerel bölgelerde yetiştirilen 10 farklı biber çeşidi üzerinde *M. incognita*'nın *Mi-1.2* virulent (MiC1) ve avirulent (MiC2) izolatları ile yapılan testlemelerde MiC2 izolatının tüm bitkilerde çoğaldığı, MiC1 izolatının ise hiçbirinde çoğalamadığını saptamışlardır. Bir diğer çalışmada, duyarlı biber çeşidi üzerinde 4 *Mi-1.2* virulent *M. javanica* popülasyonunun hiçbirisi gelişme göstermezken, 2 *Mi-1.2* virulent *M. incognita* popülasyonlarından biri gelişme gösterirken diğerinin göstermediği belirtilmiştir (Tzortzakakis vd. 2016). Yürütülen çalışmada, *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatlarının hassas ve *Me1* dayanıklılık geni taşıyan biber çeşitleri üzerinde farklı düzeylerde virülenslik gösterdiği belirlenmiştir. Testleme sonrası izolatların hassas ve dayanıklı biber çeşitleri üzerindeki yumurta kümesi ve ur sayılarında farklılıklar bulunmuştur. *Meloidogyne incognita*'nın *Mi-1.2* virulent V3 izolatı dayanıklı MT-01 F₁ bitkisinde az

sayıda yumurta kümesi (0,35 adet) ve ur sayısı (0,35 adet) oluşturmuştur. Benzer şekilde de hassas Safran F₁ bitkisinde de diğer izolatlarla göre sayısal olarak daha az yumurta kümesi ve ur oluşturmuştur. Bu sonuçlar, *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatlarının, bitki çeşidine ve bitkinin dayanıklılık geni taşıyıp taşımadığına göre enfeksiyon yeteneğinde ve popülasyon içindeki patojenite kabiliyetinde değişkenlik olabileceğini göstermiştir. Castagnone-Sereno (2001), *Me1* geni taşıyan biberi 5 *M. arenaria*, 11 *M. incognita* ve 6 *M. javanica* olmak üzere, toplamda 22 *Mi-1.2* virulent ve avirulent kök-ur nematodu izolatına karşı dayanıklı bulmuştur. Buna karşın, bu tez çalışmasında *Me1* geni taşıyan MT-01 F₁ biber çeşidi, 6 *Mi-1.2* virulent *M. incognita* izolatından (V3, V6, V13, V15, V18 ve V30) yalnızca 1'ine (V3) karşı dayanıklılık göstermiştir. Özalp vd. (2019), *Mi-1.2* virulent *M. javanica* ile 7 biber genotipinde (3 dayanıklı ve 4 duyarlı) yapılan testleme sonucunda bitki köklerinde yumurta kümesi veya ur oluşumu tespit edilmediğini bildirmişlerdir. Ancak aynı çalışmada, *Mi-1.2* virulent *M. incognita*'ya duyarlı biberlerde (Safran F₁, Mostar F₁, Mert F₁ ve B5) yumurta kümesi ve ur sayısının fazla olduğunu, dayanıklı biberlerde [Carolina Wonder (N geni), B4 F₁ (Gen bilinmiyor) ve B6 (Gen bilinmiyor)] ise herhangi bir yumurta kümesi ve ur oluşmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise duyarlı biberde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Fakat, dayanıklı biber MT-01 F₁'da oluşan yumurta kümesi ve ur sayısı 5 izolatta (V6, V13, V15, V18 ve V30) yüksek (>12), 1 izolatta (V3) ise çok düşük (0,35 adet) olarak tespit edilmiştir. V3 izolatu ile diğer izolatlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p>0.05$). *Mi-1.2* virulent *M. incognita* V3 izolatu, testlemede kullanılan diğer izolatlardan farklı olarak dayanıklı biber çeşidinde gelişme göstermediği için üreme oranı hesaplanmıştır. Bu kapsamda, dayanıklı biber çeşidi MT-01 F₁ ile duyarlı biber çeşidi Safran F₁ tekrar testlenmiş ve izolatın her iki çeşitteki üreme oranları karşılaştırılmıştır. V3 izolatının hassas Safran F₁ bitkisinde üreme değeri 1'den büyük dayanıklı biber çeşidi MT-01 F₁'de ise üreme değeri 1'den küçük olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, *Mi-1.2* virulent *M. incognita* V3 izolatının dayanıklı biber çeşidi MT-01 F₁'de çoğalmadığını ve çeşidin bu izolat için dayanıklı olduğunu doğrulamıştır. Üreme oranının 1'den büyük olmasının nematodun bitkide çoğaldığını göstermektedir (Ornat vd. 2001; Djian Caporalino vd. 2011; Aydın ve Civelek 2018; Aydın ve Mennan, 2019).

6. SONUÇLAR

Solanaceae familyasından *Capsicum* cinsine ait birçok farklı alanda kullanılan bir sebze türü olan biber, tropik ve subtropik bölgelerde yetişmekte olup 20'nin üzerinde türü bulunmaktadır (Greenleaf 1986). Ekonomik olarak yetiştirilen en önemli tür ise *Capsicum annuum*'dur (Votava vd. 2005). Biber yetiştiriciliğini sınırlandıran ve ürün kaybına neden olan birçok hastalık etmeni (virüs, bakteri, fungus), böcekler, akarlar, nematodlar ve yabancı otlar bulunmaktadır (Agrios 1988). En önemli zararlılardan biri de kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'dır. Kök-ur nematodlarının tropik ve subtropik iklimlerde %14,5 gelişmiş ülkelerde ise %8,8 oranında ürün kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Nicol vd. 2011). Meydana gelen kök-ur nematodu zararının yıllık 400 milyon dolar civarında olduğu belirtilmiştir (Huang vd. 2014). Kök-ur nematodlarının zararını minimuma indirebilmek için çeşitli mücadele yöntemleri bulunmaktadır. Dayanıklı çeşit kullanımı, en önemli mücadele metodlarının başında gelmektedir. Günümüzde artan çevre bilinci nedeniyle kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı çeşitlerin kullanılması yaygınlaşmaktadır. Buna karşın, virulent popülasyonların gelişmesi dayanıklı çeşitlerin kullanımını sınırlandırmaktadır. Türkiye'de *Mi-1.2* virulent popülasyonların domates üretim alanlarında bulunduğu rapor edilmiştir (Devran ve Söğüt 2010). Domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda farklı dayanıklılık genleri taşıyan çeşitlerle ürün rotasyonu yapılması, *Mi-1.2* virulent kök-ur nematod popülasyonlarının gelişmesini ve dolayısıyla zararını azaltabilecektir. Bunun için rotasyona alınan bitkilerin *Mi-1.2* virulent kök-ur nematod popülasyonlarına karşı tepkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Biber üretim alanlarında kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı çeşit geliştirmede *N* ve *Me1* en çok kullanılan genlerdir. Bu genler, sebze üretim alanlarında yaygın olarak bulunan ve ekonomik kayıplara neden olan *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica* türlerinin farklı ırklarına ve avirulent popülasyonlarına karşı dayanıklılık sağlamaktadır (Djian-Caporalino vd. 1999, 2001, 2007). Ancak, bu genlerin *Mi-1.2* virulent popülasyonlarına karşı tepkileri konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Castagnone-Sereno vd. 1992, 2001; Djian Caporalino vd. 2011; Tzortzakakis ve Blok 2007; Özalp vd. 2019). Bu çalışmada, *Me1* dayanıklılık geni taşıyan ve taşımayan biber çeşitlerinin *Mi-1.2* virulent *Meloidogyne incognita* izolatlarına tepkileri kontrollü koşullar altında araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, *M. incognita*'ya ait *Mi-1.2* virulent izolatlar (V6, V13, V15, V18 ve V30), hem hassas hem de dayanıklı biber çeşitlerinde çoğalmış ve yumurta kümesi ile ur oluşumuna neden olmuştur. Buna karşın, 1 izolat (V3) hassas bitkide gelişip ur ve yumurta kümesi oluşturmaya rağmen dayanıklı bitkide çoğalamamıştır.

Çalışma kapsamında testlenen 5 izolatın *Me1* dayanıklılık geni taşıyan biberde çoğalması ve ur oluşturmaya, *Mi-1.2* virulent *M. incognita* ile bulaşık alanlarda *Me1* geni taşıyan dayanıklı biber çeşitlerinin ürün rotasyonunda domatesin yerine kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Buna karşın, çalışmada kullanılan 1 izolatın (V3) diğer izolatlardan farklı olarak duyarlı biber bitkisinde çok sayıda ur ve yumurta kümesi oluşturmaya karşın dayanıklı bitkide çoğalamamasının nedenlerini belirlemek için konukçu-nematod ilişkileri açısından başka çalışmaların yapılması gerekmektedir. V3 izolatı ile *Me1* geni taşıyan farklı genetik özelliklere sahip biber çeşitlerinin testlenmesi, biber-nematod ilişkisinin anlaşılmasına katkı sunabilecektir. Aynı zamanda, yoğun sebze üretimi yapılan alanlarda kök ur nematodlarından kaynaklı meydana gelebilecek ürün kaybını önlemek

ya da zamanla oluşabilecek virü lent popülasyonlara karşı da önlem alınmasına katkı sunabilecektir.



7. KAYNAKLAR

- Abad, P., Favory, B., Rosso, M.N. and Castagnone-Sereno, P. 2003. Root-knot nematode parasitism and host response: Molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4: 217-224.
- Abad, P. and Williamson, V.M. 2010. Plant nematode interaction: a sophisticated dialogue. *Advances in Botanical Research*, 53: 147-192.
- Agrios, G.N. 1988. Plant Pathology 3rd (ed) Academic Press. San Diego.
- Ahmed, S.M. 2013. Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers in the evaluation of genetic polymorphism of Egyptian *Capsicum* L. hybrids. *African Journal of Biotechnology*, 12(7): 665-669.
- Akyazı, F. ve Ecevit, O. 2011. Tokat ili sebze alanlarındaki kök-ur nematod (*Meloidogyne* spp.)'larının yayılışları ve tür tespiti. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 26 (1): 1-9.
- Allen, M.W. 1952. Observations on the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 19: 44-51.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2016. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) from greenhouses in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(5): 675-685.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2019. Reproduction of root-knot nematode isolates from the middle Black Sea Region of Turkey on tomato with *Mi-1.2* resistance gene. *Turkish Journal of Entomology*, 43: 417-27.
- Aydınlı, G. 2018. Detection of the root-knot nematode *Meloidogyne luci* Carneiro et al., 2014 (Tylenchida: Meloidogynidae) in vegetable fields of Samsun Province, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 42(3): 229-237.
- Aydınlı, G., ve Civelek, C. 2018. Kök-ur Nematodu *Meloidogyne luci*'nin farklı popülasyon yoğunluklarının domates gelişimine ve nematod üremesine etkileri. *Bitki Koruma Bülteni*, 58(2): 111-121.
- Ayhan, E.C. ve Kaşkavalcı, G. 2015. Ödemiş ve Kiraz (İzmir) ilçelerinde turşuluk hıyar (*Cucumis sativus*) alanlarında kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'nın tanımlanması ve yaygınlıkları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(2): 227-234.
- Barbary, A., Palloix, A., Fazari, A., Marteu, N., Castagnone-Sereno, P. and Djian-Caporalino, C. 2014. The plant genetic background affects the efficiency of the pepper major nematode resistance genes *Me1* and *Me3*. *Theoretical and applied genetics*, 127(2): 499-507.
- Barboza, G.E., de Bem Bianchetti, L. and Stehmann, J.R. 2020. *Capsicum carassense* (Solanaceae), a new species from the Brazilian Atlantic Forest. *PhytoKeys*, 140: 125.
- Bird, D.M. and Kaloshian, I. 2003. Are roots special? Nematodes have their say. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62: 115-123.

- Bleve-Zacheo, T., Bongiovanni, M., Melillo, M.T. and Castagnone-Sereno, P. 1998. The pepper resistance genes *Me1* and *Me3* induce differential penetration rates and temporal sequences of root cell ultrastructural changes upon nematode infection. *Plant Science*, 133: 79-90.
- Bleve-Zacheo, T., Melillo M.T. and Castagnone-Sereno, P. 2007. The contribution of biotechnology to root-knot nematode control in tomato plants. *Pest Technology, Global Science Books*, 1: 1-16.
- Boerma, H.R. and Hussey, R.S. 1992. Breeding plants for resistance to nematodes. *Journal of Nematology*, 24(2): 242-252.
- Castagnone-Sereno, P., Bongiovanni, M. and Dalmasso, A. 1992. Differential expression of root-knot nematode resistance genes in tomato and pepper: evidence with *Meloidogyne incognita* virulent and avirulent near-isogenic lineages. *Annals of Applied Biology*, 120(3): 487-492.
- Castagnone-Sereno, P., Bongiovanni, M. and Dalmasso, A. 1994. Reproduction of virulent isolates of *Meloidogyne incognita* on susceptible and *Mi*-resistant tomato. *J. Nematol.*, 26: 324-328.
- Castagnone-Sereno P., Bongiovanni, M. and Djian-Caporalino, C. 2001. New data on the specificity of the root-knot nematode resistance genes *Me1* and *Me3* in pepper. *Plant Breeding*, 120: 429–433.
- Cook, R. and Evans, K. 1987. Resistance and tolerance. In: Brown, R.H. and Kerry, B.R. (Eds.), Principles and Practice of Nematode Control in Crops. FL: *Academic Press*, pp. 179-231.
- Devran, Z. and Söğüt, M.A. 2009. Distribution and identification of root-knot nematodes from Turkey. *Journal of Nematology*, 41: 128-133.
- Devran, Z. and Söğüt, M.A. 2010. Occurrence of virulent root-knot nematode populations on tomatoes bearing the *Mi* gene in protected vegetable-growing areas of Turkey. *Phytoparasitica*, 38: 245-251.
- Devran, Z. ve Özalp, T. 2015. Domateste kök-ur nematodlarına dayanıklılık genleri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(1): 47-55.
- Djian-Caporalino, C., Pijarowski, L., Januel, A., Lefebvre, V., Daubéze, A., Palloix, A., Dalmasso, A. and Abad, P. 1999. Spectrum of resistance to Root-Knot nematodes and inheritance of heat-stable resistance in Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 99: 496-502.
- Djian-Caporalino, C., Pijarowski, L., Fazari, A., Samson, M., Gaveau, L., O'byrne, C. and Abad, P. 2001. Highresolution genetic mapping of the pepper (*Capsicum annuum* L.) resistance loci *Me3* and *Me4* conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Theoretical and Applied Genetics*, 103(4): 592-600.

- Djian-Caporalino, C., Fazari, A., M.J., Arguel, T., Vernie, C., Vande Castele, I., Faure, G., Brunoud, L., Pijarowski, A., Palloix, V., Lefebvre and Abad, P. 2007. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) Me resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. *Theoretical and Applied Genetics*, 114: 473-486.
- Djian-Caporalino, C., Molinari, S., Palloix, A., Ciancio, A., Fazari, A., Marteu, N., Ris, N., and Castagnone Sereno, P., 2011. The reproductive potential of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* is affected by selection for virulence against major resistance genes from tomato and pepper. *European Journal Plant Pathology*, 131: 431-440.
- Dropkin, V.H. 1969. Cellular responses of plants to nematode infections. *Annual Review of Phytopathology*, 7: 101-122.
- Eddaoudi M., Ammati, M. and Rammah, H. 1997. Identification of resistance breaking populations of *Meloidogyne* on tomatoes in Morocco and their effect on new sources of resistance. *Fundam. Appl. Nematol.*, 20: 285-289.
- Eisenback, D.E. and Triantaphyllou, H.H. 1991. *Meloidogyne* species and race. In: Nickle, W.R. (Eds.), *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker Inc., Newyork, USA, pp. 191-250.
- FAO 2021, Faostat Pepper [Son erişim tarihi: 21.04.2021].
- Gabriel, M., Kulczynski, S.M., Muniz, M.F., Boiteux, L.S. and Carneiro, R.M. 2020. Reaction of a heterozygous tomato hybrid bearing the *Mi-1.2* gene to 15 *Meloidogyne* species. *Plant Pathology*, 69 (5): 944-952.
- Ghaderi, R. and Karssen, G. 2020. An updated checklist of *Meloidogyne* Göldi, 1887 species, with a diagnostic compendium for second-stage juveniles and males. *Journal of Crop Protection*, 9(2): 183-193.
- Ghule, T.M., Singh, A. and Khan, M.R. 2014. Root-knot nematodes: Threat to Indian agriculture. *Popular Kheti*, 2(3): 126-130.
- Gniffke, P.A., Shieh, S.C., Lin, S.W., Sheu, Z.M., Chen, J.R., Ho, F.I., Tsai, W.S., Chou, Y.Y., Wang, J.F., Cho, M.C., Roland, S., Kenyon, L., Ebert, A.W., Srinivasan, R. and Kumar, S. 2013. Pepper research and breeding at AVRDC—the world vegetable center. In: *Proceedings of XV EUCARPIA meeting on genetics and breeding of capsicum and eggplant*, Turin, Italy, 2-4 September, pp. 305-311.
- Göze, F.G. 2014. Nematoda dayanıklı bazı biber gen kaynaklarında Kök-ur nematodu (*Meloidogyne* spp.) popülasyonlarının reaksiyonlarının belirlenmesi. S.D.Ü. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 112 s.
- Göze Özdemir, F. G. ve Uysal, G. 2018. Nematoda dayanıklı bazı biber gen kaynaklarında *Meloidogyne javanica* ırk 1 izolatları'nın patojenitesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1): 272-282.

- Greenleaf, W. H. 1986. Pepper breeding. *Breeding Vegetable Crop*, 67-134.
- Gürkan, B., Kantarcı, Z., Karataş, K., Gürkan, T. ve Çetintaş, R. 2018. Bazı biber hat ve çeşitlerinin kontrollü şartlar altında *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White, 1919) Chitwood, 1949 ırk 1'e karşı reaksiyonu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1300-2910.
- Hartman, K.M. and Sasser, J.N. 1985. Identification of *Meloidogyne* species by differential host test and perineal pattern morphology. An Advanced Treatise on *Meloidogyne*: Vol. II Methodology. Eds.: Barker, K. R., Carter, C. C., Sasser, J. N. North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina, USA, 223 pp.
- Hendy, H., Dalmasso, A. and Cardin, M. C., 1985. Differences in resistant *Capsicum annuum* attacked by different *Meloidogyne* species. *Nematologica*, 31: 72-78.
- Hooper, D.J. 1986. Handling, Fixing, Staining and Mounting Nematodes. In: Southey, J.F. Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes, *Her Majesty's Stationery Office*, London, pp. 59-80.
- Huang, W.K., Sun, J.H., Cui, J.K., Wang, G.F., Kong, L.A., Peng, H. and Peng, D.L. 2014. Efficacy evaluation of fungus *Syncephalastrum racemosum* and nematicide avermectin against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on cucumber. *PLOS ONE*, 9 (2): 6 pp.
- Hunziker, A.T. 2001. Genera solanacearum: the genera of *Solanaceae* illustrated, arranged according to a new system. *ARG Gantner Verlag K-G*, Liechtenstein.
- Iberkleid, I., Ozalvo, R., Feldman, L., Elbaz, M., Patricia, B. and Horowitz, S. B. 2014. Responses of tomato genotypes to avirulent and *Mi*-virulent *Meloidogyne javanica* isolates occurring in Israel. *Phytopathology*, 104(5): 484-496.
- Jarquín-Barberena H., Dalmasso, A., De Guiran, G. and Cardin, M.C. 1991. Acquired virulence in the plant parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. I. Biological analysis of the phenomenon. *Revue de Nématologie*, 14: 299-303.
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K, Kikuchi, T., Manzailla-Lopez, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael W.M.L. and Perry, R.N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14 (9): 946-961.
- Kaloshian, I., Williamson, V.M., Miyao, G., Lawn, D.A. and Westerdahl, B.B. 1996. "resistancebreaking" nematodes identified in California tomatoes. *California Agriculture*, 50(6): 18-19.
- Karajeh, M., Abu-Gharbieh, W. and Masoud, S. 2005. Virulence of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., on tomato bearing the *Mi* gene for resistance. *Phytopathologia Mediterranea*, 44: 24-28.

- Kepenekçi, İ., Keleş, G., Dura, O., Dura, S. and Yeşilayer, A. 2019. New hosts [Broad Bean (*Vicia faba* L.)] and record of root-knot nematode in Turkey. *Zoology*, 14(2): 432-438.
- Kokalis-Burelle, N., Bausher, M. G. and Roskopf, E. N. 2009. Greenhouse evaluation of *Capsicum* rootstocks for management of *Meloidogyne incognita* on grafted bell pepper. *Nematropica*, 121-132.
- Könül 2021, Kabakgil Anaçlarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949'ya Tepkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, 39 s.
- Lopez-Perez, J. A., Roubtsova, T. and Ploeg, A. 2005. Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *Journal of Nematology*, 37(4): 489–494.
- Lopez-Perez, J. A., Strange, M. L., Kaloshian, I. and Ploeg A. T. 2006. Differential response of *Mi* gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Crop Protection*, 25: 382-388.
- Maleita, C., Cardoso, J., Rusinque, L., Esteves, I., and Abrantes, I. 2021. Species-Specific Molecular Detection of the Root Knot Nematode *Meloidogyne luci*. *Biology*10(8): 775.
- McSorley, R., Ozores-Hampton, M., Stansly, P.A. and Conner, J.M. 1999. Nematode management, soil fertility and yield in organic vegetable production. *Nematropica*, 29: 205-213.
- Mistanoğlu, İ., Özalp, T. and Devran, Z. 2016. Response of tomato seedlings with different number of true leaves to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. *Turkish Journal of Entomology*, 40(4): 377-383.
- Mistanoğlu, İ., Özalp, T. and Devran, Z. 2020. The efficacy of molecular markers associated with virulence in root-knot nematodes. *Nematology*, 22(2): 147-154.
- Milligan, S.B., Bodeau, J., Yaghoobi, J., Kaloshian, I., Zabel, P. and Williamson, V.M. 1998. The root-knot resistance gene *Mi* from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine rich repeat family of plant genes. *Plant Cell*, 10(8): 1307-1319.
- Mitkowski, N.A. and Abawi, G.S. 2003. Root-knot nematodes. *The Plant Health Instructor*. Online publication, 10 pp.
- Moens, M., Perry, R.N. and Starr, J.L. 2009. *Meloidogyne* species- a diverse group of novel and important plant parasites. In: Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L. (Eds.), Root-Knot Nematodes. *CAB International*, UK, pp. 1-17.
- Mukhtar, T., Kayani, M.Z. and Hussain, M.A. 2013. Response of selected cucumber cultivars to *Meloidogyne incognita*. *Crop Protection*, 44: 13–17.

- Nicol, J., Turner, S., Coyne, D., Den Nijs, L., Hockland, S. and Tahna Maafi, Z. 2011. Current nematode threats to world agriculture. In *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Eds. Jones, J., and Godelieve, G. Springer, *Science and Business Media*, B.V, pp. 21-43.
- Nyczepir A.P. and Thomas S.H. 2009. Current and future management strategies in intensive crop production systems. In: Perry R.N., Moens M., Starr J.L. (Eds.), *Root-knot Nematodes*. Wallingford, UK: *CAB International*, 412-443.
- Oka, Y., Offenbach, R. and Pivonia, S. 2004. Pepper root stock graft compatibility and response to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Journal of Nematology*, 36; 137-141.
- Oostenbrink, M. 1966. 1048. 15. Oostenbrink, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen LandbouhogeSchool, Wageningen* 66:3-46. Ornat, C., Verdejo-Lucas, S. and Sorribas, F.J. 2001. A population of *Meloidogyne javanica* in Spain virulent to the *Mi* resistance gene in tomato. *Plant Disease*, 85: 271-276.
- Ostrec, L. and Grubisic, D. 2003. Effects of soil solarization on nematodes in Croatia. *Journal of Pest Science*, 76: 139-144.
- Öçal, S., Özalp, T. and Devran, Z. 2018. Reaction of wild eggplant *Solanum torvum* to different species of root knot nematodes from Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125: 577-580.
- Özalp, T. and Devran, Z. 2018. Response of tomato plants carrying *Mi-1* gene to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 under high soil temperatures. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 42(4): 313-322.
- Özalp, T., Sert Çelik, E. and Devran, Z. 2019. Susceptibility of pepper genotypes to root-knot nematode populations virulent on *Mi-1* tomatoes. *Innovations in Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant-Proceedings of the 17th EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant*, September 11-13, 2019, Avignon – France, p. 102.
- Özarslandan, A. ve Elekçioğlu, İ.H. 2010. *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919), *M. arenaria* (Neal, 1889) ve *M. javanica* (Treub, 1885) (Tylenchida: Meloidogynidae) popülasyonlarının dayanıklı ve hassas domates çeşitlerinde virülensliğinin araştırılması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34(4): 495-502.
- Özarslandan, A., Pinar, H., Atilla, A. T. A. and Keleş, D. 2015. Resistance of pepper lines against *Meloidogyne incognita*. *Turkish Journal of Entomology*, 39(2): 209-215.
- Pattison, A.B., Versteeg, C., Akiew, S. and Kirkegaard, J. 2006. Resistance of Brassicaceae plants to root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in northern Australia. *International Journal of Pest Management*, 52 (1): 53-62.

- Peçen, A., Kaşkavalcı, G. ve Mıstanoğlu, İ. 2013. Organik domates yetiştiriciliğinde kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'na karşı bazı organik ve mikrobiyal gübrelerin nematisidal etkileri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(4): 513-522.
- Pegard, A., Brizzard, G., Fazari, A., Soucaze, O., Abad, P. and Djian-Caporalino, C. 2005. Histological characterization of resistance to different root-knot nematode species related to phenolics accumulation in *Capsicum annuum*. *Phytopathology*, 95: 158-165.
- Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L. (Eds.) 2009. Root-knot Nematodes. St. Albans, UK, *CABI Publishing*, 520 pp.
- Roberts, P. A. and Thomason, I. J. 1986. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. *Plant Disease* 70: 547-551.
- Roberts, P. A. 1990. Resistance to nematodes: Definitions, concepts and consequences. In: J. L. Starr (Ed.), *Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes*. *Society of Nematologists*, pp: 1-15.
- Roberts, P.A. 1995. Conceptual and practical aspects of variability in root-knot nematodes related to host plant resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 33: 199-221.
- Roberts, P.A. 2002. Concepts and consequences of resistance. In: Starr, J.L., Cook, R., Bridge, J. (Ed.), *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*, *CAB International*, Oxon, UK, pp. 23-41.
- Sánchez-Solana, F., Ros, C., del Mar Guerrero, M., Lacasa, C. M., Sánchez-López, E. and Lacasa, A. 2016. New pepper accessions proved to be suitable as a genetic resource for use in breeding nematode-resistant rootstocks. *Plant Genetic Resources*, 14(1): 28-34.
- Santos, D., da Silva, P. M., Abrantes, I., and Maleita, C. 2020. Tomato *Mi-1.2* gene confers resistance to *Meloidogyne luci* and *M. ethiopica*. *European Journal of Plant Pathology*, 156(2): 571-580.
- Sargin, S. and Devran, Z. 2021. Degree of resistance of *Solanum torvum* cultivars to *Mi-1.2*-virulent and avirulent isolates of *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, and *Meloidogyne luci*. *Journal of Nematology*, 53: 1-7.
- Sorribas, F. J., Ornat, C., Verdejo-Lucas, S., Galeano, M. and Valero, J. 2005. Effectiveness and profitability of the *Mi* resistant tomatoes to control root-knot nematodes. *European Journal of Plant Pathology*, 111: 29-38.
- Stirling, G.R. 1991. Biological control of plant-parasitic nematodes. Wallingford, UK, *CAB International*, 282.

- Talavera, M., Sayadi, S., Chiroso-Rios, M., Salmeron, T., Flor-Peregrin, E. and Verdejo-Lucas, S. 2012. Perception of the impact of root knot nematode induced diseases in horticultural protected crops of south eastern Spain. *Nematology*, 14: 517–527.
- Thies, J.A. 2011. Virulence of *Meloidogyne incognita* to expression of *N* gene in pepper. *Journal of Nematology*, 43 (2), 90-94.
- Thies, J.A., Mueller, J.D. and Fery, R.L. 1997. Effectiveness of resistance to southern root knot nematode in Carolina Cayenne pepper in greenhouse, microplot, and field tests. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 122: 200-204.
- Thies, J.A., Mueller, J.D. and Fery, R.L. 1998. Use of a resistant pepper as a rotational crop to manage southern root-knot nematode. *HortScience*, 33: 716–718.
- Tian, B., Yang, J. and Zhang, K.Q., 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: Populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*, 61: 197–213.
- Trudgill, D.L. and Blok, V.C. 2001. Apomictic polyphagous root knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 39: 53–77.
- Tzortzakakis, E.A. and Gowen, S.R. 1996. Occurrence of a resistance breaking pathotype of *Meloidogyne javanica* on tomatoes in Crete, Greece, *Fundamental and Applied Nematology*, 19: 283-288.
- Tzortzakakis, E.A., Blok, V.C., Phillips, M.S. and Trudgill, D.L. 1999. Variation in root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in Crete in relation to control with resistant tomato and pepper. *Nematology*, 1(5): 499-506.
- Tzortzakakis, E.A., Adam, M.A.M., Blok, V.C., Paraskevopoulos, C. and Bourtzis, K. 2005. Occurrence of resistance-breaking populations of root-knot nematodes on tomato in Greece. *European Journal Plant Pathology*, 113: 101-105.
- Tzortzakakis, E.A. and Blok, V.C. 2007. Differentiation in two populations of *Meloidogyne incognita* from Greece in relation to reproduction on resistant tomato and pepper. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 114(6): 276- 277.
- Tzortzakakis, E.A., Conceição, I., Dias, A.M., Simoglou, K.B. and Abrantes, I. 2014. Occurrence of a new resistant breaking pathotype of *Meloidogyne incognita* on tomato in Greece. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 121(4): 184-186.
- Tzortzakakis, E.A., dos Santos, M.C.V. and Conceição, I. 2016. An update on the occurrence of resistance-breaking populations of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on resistant tomato in Greece with six new records from Crete. *Hellenic Plant Protection Journal*, 9(2): 60-65.
- Uysal, G. ve Söğüt, M.A. 2016. Göller bölgesinde *Mi-1* virulent *Meloidogyne incognita* ve *Meloidogyne javanica* popülasyonlarının belirlenmesi. *Türkiye 6. Bitki Koruma Kongresi*, s. 223, 5-8 Eylül, Konya.

- Uysal, G., Söğüt, M.A. and Elekçioğlu, İ.H. 2017. Identification and distribution of root-knot nematode species (*Meloidogyne* spp.) in vegetable growing areas of Lakes Region in Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 41(1): 105-122.
- Verit, A., Yeni, E. ve Ünal, D. 2001. Tarihten Günümüz Ürolojisine Kırmızı Acı Biber. *Türk Üroloji Dergisi*, 27(4): 399-402.
- Viaene, N., Coyne, D.L. and Kerry, B.R. 2006. Biological and cultural management. In: Perry, R.N. and Moens, M. (Eds.), *Plant Nematology*. CABI, London, pp. 346-369.
- Votava, E. J., Baral, J. B. and Bosland, P. W. 2005. Genetic diversity of chile (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.) landraces from northern New Mexico, Colorado, and Mexico. *Economic Botany*, 59 (1): 8-17.
- Vrain, T.C. 1999. Engineering natural and synthetic resistance for nematode management. *Journal of Nematology*, 31(4): 424-436.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ. 2000. Kültür sebzeleri sebze yetiştirme. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, s. 440.
- Wang, D. and Bosland, P.W. 2006. The genes of *Capsicum*. *HortScience*, 41: 1169-1187.
- Wang, L.H., Gu, X.H., Hua, M.Y., Mao, S.L., Zhang, Z.H., Peng, D.L., Yun, X.F. and Zhang, B.X. 2009. A SCAR marker linked to the *N* gene for resistance to root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 122: 318-322.
- Williamson, V.M. and Hussey, R.S. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. *The Plant Cell*, 8: 1735-45.
- Xu, J., Narabu, T., Mizukubo, T. and Hibi, T. 2001. A molecular marker correlated with selected virulence against the tomato resistance gene *Mi* in *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, and *M. arenaria*. *Phytopathology*, 91: 377-382.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Kaan AKSAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2020 – 2022	Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2015 - 2019	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya