

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

**YÜKSEK TOPRAK SICAKLIKLARINA FARKLI SÜRELERDE MARUZ  
BIRAKILAN *Mi-1* GENİ TAŞIYAN DOMATES BİTKİLERİNİN  
*Meloidogyne incognita*'ya TEPKİLERİ**

**Tevfik ÖZALP**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

**2017**



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

**YÜKSEK TOPRAK SICAKLIKLARINA FARKLI SÜRELERDE MARUZ  
BIRAKILAN *Mi-1* GENİ TAŞIYAN DOMATES BİTKİLERİNİN  
*Meloidogyne incognita*'ya TEPKİLERİ**

**Tevfik ÖZALP**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

**2017**



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

**YÜKSEK TOPRAK SICAKLIKLARINA FARKLI SÜRELERDE MARUZ  
BIRAKILAN *Mi-1* GENİ TAŞIYAN DOMATES BİTKİLERİNİN  
*Meloidogyne incognita*'ya TEPKİLERİ**

**Tevfik ÖZALP**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

Bu tez 20/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Zübeyir DEVRAN

Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI



## ÖZET

### YÜKSEK TOPRAK SICAKLIKLARINA FARKLI SÜRELERDE MARUZ BIRAKILAN *Mi-1* GENİ TAŞIYAN DOMATES BİTKİLERİNİN *Meloidogyne incognita*'ya TEPKİLERİ

Tevfik ÖZALP

Yüksek Lisans Tezi Bitki Koruma Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Zübeyir DEVRAN  
Şubat 2017, 54 sayfa

Domates, dünyada yetiştiriciliği yapılan en önemli sebzelerden birisidir. Kök-ur nematodları domatesin ekonomik olarak önemli bir zararlısıdır. Kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı çeşitlerin kullanılması en etkili mücadele yöntemidir. Domateste kök ur nematodlarına karşı dayanıklılık *Mi-1* geni tarafından sağlanmakta olup, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* türlerine karşı etkilidir. Fakat *Mi-1* geni tarafından sağlanan dayanıklılık virüent kök-ur nematod popülasyonlarına karşı etkisiz olmakta ve yüksek toprak sıcaklığında kırılmaktadır.

Yüksek toprak sıcaklığında *Mi-1* geninin performansı ve dayanıklılığın kırılma süresi hakkında farklı bilgiler bulunmaktadır. Bu çalışmada, 25°C, 28°C, 30°C ve 32°C olmak üzere 4 farklı toprak sıcaklığına 6, 12, 24, 48, 120 ve 168 saat sürelerle maruz bırakılan hassas (*mimi*), heterozigot dayanıklı (*Mimi*) ve homozigot dayanıklı (*MiMi*) domates çeşitlerinin *M. incognita*'ya tepkileri incelenmiştir.

Denemelerde domates bitkileri 4 gerçek yapraklı dönemde iken her biri 1000 adet *M. incognita* J2 ile inokulasyon yapılmıştır. Bitkiler *M. incognita*'yla iki farklı durumda inokule edilmiştir. İlk denemede bitkiler ayrı ayrı 4 farklı toprak sıcaklığına, belirtilen farklı sürelerde maruz bırakılmıştır. Daha sonra bitkiler toprak sıcaklığı 25°C'ye ayarlanmış olan diğer kabine alınmıştır. Toprak sıcaklığı 25°C'ye olduğunda, bitkiler *M. incognita* ile inokule edilmiştir. Bu deneme sonucunda testlenen tüm sıcaklıklarda domates çeşitlerinin dayanıklılığı kırılmamıştır. İkinci denemede, bitkiler belirtilen toprak sıcaklıklarında 6, 12, 24, 48, 120 ve 168 saat boyunca ayrı ayrı tutulmuştur. Toprak sıcaklıkları 25°C, 28°C, 30°C ve 32°C ulaştığında *M. incognita* ile inokule edilmiştir. Belirtilen farklı toprak sıcaklıklarında ve sürelerde tutulan bitkiler daha sonra toprak sıcaklığı 25°C olacak şekilde ayarlanmış kabine alınmıştır. 30°C toprak sıcaklığında 120 ve 168 saat tutulan dayanıklı bitkilerde ur sayısı, yumurta kümesi sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) biraz artmıştır. Fakat Pf/Pi değeri 1'in altında bulunmuştur.

*M. incognita* ile inokulasyondan sonra 32°C toprak sıcaklığında 6 ve 12 saat tutulan bitkilerin köklerinde oluşan yumurta kümesi sayılarında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Ancak 32°C toprak sıcaklığında 24 saat tutulan dayanıklı domates bitkilerin köklerindeki yumurta kümesi ve gal sayılarında istatistikî olarak önemli bir artış görülmüştür. 32°C toprak sıcaklığında 48 saat tutulan bitkilerin köklerinde yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) 24 saat tutulana kadar daha fazla artmıştır.

Heterozigot dayanıklı bitkilerin 32°C toprak sıcaklığında 48 saat ve daha fazla tutulmasında Pf/Pi değeri 1'den büyük çıkmıştır. Buna karşın homozigot dayanıklı bitkilerde ise 32°C toprak sıcaklığında 120 ve 168 saat tutulmasında Pf/Pi değeri 1'den büyük çıkmıştır. Bu çalışma 32°C toprak sıcaklığında 48 saat ve daha fazla tutulan bitkilerde dayanıklılığın kırıldığını göstermiştir. Bu bulgular, toprak sıcaklığının 32°C'ye ulaştığı üretim alanlarında, *Mi-1* geni taşıyan dayanıklı domates çeşitlerinin daha etkin kullanılmasına imkân verebilecektir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** *Mi-1* geni, domates, dayanıklılık, toprak sıcaklığı, süre.

**JÜRİ:** Doç. Dr. Zübeyir DEVRAN (Danışman)

Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI



## ABSTRACT

### RESPONSES OF TOMATO PLANTS BEARING *Mi-1* EXPOSED TO HIGH SOIL TEMPERATURES FOR VARIED TIME PERIODS TO *Meloidogyne incognita*

Tevfik ÖZALP

**M.SC.Thesis in Department of Plant Protection**  
**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN**  
**FEBRUARY 2017, 54 pages**

Tomato is one of the most important vegetables grown in the world. Root-knot nematodes are considered as economic pests of tomato. The use of tomato varieties resistant to root-knot nematodes is the most effective management method. In tomato, resistance to root-knot nematodes is controlled by the *Mi-1* gene which confers resistance to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria*. But *Mi-1* gene is not effective against virulent root-knot nematode populations. Moreover, resistance provided by this gene is broken down at high soil temperature.

There is contradictory information about the breaking duration of resistance and the performance of *Mi-1* gene at high soil temperature. In the present study, responses to *M. incognita* of susceptible (*mimi*), heterozygote resistant (*Mimi*) and homozygote resistant (*MiMi*) tomato varieties subjected to four different soil temperatures (25°C, 28°C, 30°C and 32°C) for time periods (6, 12, 24, 48, 120 and 168 h) were separately investigated.

In all experiments, tomato plants with four true leaves stages were inoculated with 1000 second-stage juveniles of *M. incognita*. Plants were inoculated with *M. incognita* in two different experimental designs. First, plants were separately exposed to different soil temperatures for time periods mentioned above. Then, the plants were transferred to another growth chamber. When soil temperature was at 25°C, the plants were inoculated with *M. incognita*. Resistance of tomato varieties was not broken down in the tested all soil temperatures. Second, the plants were separately exposed to different soil temperatures mentioned above for time periods (6, 12, 24, 48, 120 and 168 h). When soil temperature reached separately at 25°C, 28°C, 30°C and 32°C, plants were simultaneously inoculated with *M. incognita*. Inoculated plants were held in soil temperatures mentioned for time periods and then, transferred to another growth chamber at 25°C soil temperature. The number of juveniles in soil, and galls and egg masses on root of resistant plants held at 30°C soil temperature for time periods 120 and 168 h increased a few values. But Pf/Pi ratio was < 1.

The number of egg masses on root of resistant plants held at 32°C high soil temperature for time periods 6 and 12 hours did not change. But, the number of galls and egg masses on root of resistant plants held at 32°C high soil temperature for 24 hours were statistically significant. When same plants were held at 32°C soil temperature for 48 hours, the number of juveniles in soil, gall and egg masses on root of them increased more than for 24 hours. Pf/Pi ratio of heterozygote resistant plants

subjected to at 32°C soil temperature for 48 hours and more than 48 hours was >1. However, Pf/Pi ratio of homozygote resistant plants subjected at 32°C soil temperature for 120 and 168 hours was >1. This study showed that resistance was broken in plants held at 32°C soil temperature for 48 hour and more. The findings could help the efficient use of tomatoes bearing *Mi-1* gene grown in fields which are at high soil temperatures ( $\geq 32^\circ\text{C}$ ).

**KEY WORDS:** *Mi-1* gene, tomato, resistance, soil temperature, duration.

**COMMITTE:** Assoc. Prof. Dr. Zübeyir DEVRAN (Supervisor)  
Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN  
Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

## ÖNSÖZ

Domateste kök-ur nematodlarıyla mücadelede dayanıklı çeşit kullanımı oldukça etkin ve yaygın bir yöntemdir. Kök-ur nematodlarına dayanıklı ticari domates çeşitleri *Mi-1* geni taşımaktadır. Yüksek toprak sıcaklığında *Mi-1* geninin sağladığı dayanıklılığın olumsuz etkilendiği bilinmektedir. Ancak bu konuda yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde farklı bulgulara rastlanılmaktadır. Birçok domates üretim bölgesinde (Akdeniz ve Ege Bölgeleri) toprak sıcaklığının yüksek değerlere ulaştığı bilinmektedir. Bu nedenle yüksek toprak sıcaklıklarında *Mi-1* geninin tepkisinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Bu tez kapsamında bana çalışma fırsatı veren, çalışma için gerekli tüm olanakları sağlayan, maddi ve manevi olarak desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Zübeyir DEVRAN'a,

Yüksek lisans eğitimine başladığım ilk günden itibaren deneyim ve tecrübelerini benimle paylaşan, tez çalışmalarında bana yardımcı olan, gerek bilgisiyle gerek de kişiliğiyle bana yol gösteren İbrahim MISTANOĞLU'na,

Tezimin savunulmasındaki katkılarından dolayı değerli jüri üyeleri Sayın Doç. Dr. Zübeyir DEVRAN'a, Sayın Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN'e, Sayın Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI'ya,

Fideleri sağlayan Multi Tohum A.Ş. (Antalya) ve sıcaklık testlemelerinin yürütüldüğü M.Y. Genetik Genetik Tarım Teknoloji Laboratuvar Tic. Ltd. Şti., (Antalya) firmaları müdürü olan ve çalışma için gerekli tüm imkânları sağlayan Zir. Yük. Müh. Mehmet ÜLGER'e; denemenin planlanmasında, toprak sıcaklıklarının ayarlanmasında, bitkilerde rastlanılan hastalık ve zararlıların mücadelesinde ve bitki yetiştirmede vermiş olduğu destek için Dr. Erdem KAHVECİ'ye (M.Y. Genetik Genetik Tarım Teknoloji Laboratuvar Tic. Ltd. Şti., Antalya); kabin sıcaklıklarının ayarlanmasındaki katkılarından dolayı Zir. Müh. Meryem İŞLEYEN'e (M.Y. Genetik Tarım Teknoloji Laboratuvar Tic. Ltd. Şti., Antalya); fidelerin yetiştirilmesindeki emeklerinden dolayı Zir. Müh. Emine DALKIRAN'a (Multi Tohum A.Ş., Antalya); denemenin yürütülmesindeki katkılarından dolayı Mustafa ŞAHİN'e (M.Y. Genetik Genetik Tarım Teknoloji Laboratuvar Tic. Ltd. Şti., Antalya)),

Tez çalışmam boyunca bana yardımlarını esirgemeyen nNematoloji grubu üyelerinden Zir. Müh. Serap ÖÇAL'a, Arş. Gör. Elvan Sert ÇELİK'e ve Zir. Müh. Mustafa ÇATALKAYA'ya, ayrıca lisans öğrencisi Nuh KURT'a,

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini hissettiğim kıymetli aileme, sevgili babam Halil ÖZALP'e, sevgili annem Fatma ÖZALP'e ve deneme şemasının grafiksel çizimindeki emeklerinden dolayı canım kardeşim Tezcan ÖZALP'e teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	5
2.1. Kök-Ur Nematodların Biyolojisi.....	5
2.2. Kök-Ur Nematodlarının Türkiye’de Yaygınlıkları .....	6
2.3. Domateste Kök-Ur Nematodlarına Dayanıklık Sağlayan Genler .....	8
2.3.1. <i>Mi-1</i> geni .....	8
2.3.2. Diğer genler .....	10
2.4. Bitkilerde Kök-Ur Nematodlarına Dayanıklılık Sağlayan Genlerinin Sıcaklıkla İlişkisi .....	12
2.4.1. <i>Mi-1</i> dışındaki genlerin sıcaklıkla ilişkisi.....	12
2.4.2. <i>Mi-1</i> geninin sıcaklıkla ilişkisi .....	12
3. MATERYAL VE METOT .....	17
3.1. Materyal .....	17
3.2. Metot .....	17
3.2.1. Kök-ur nematodu saf kültür popülasyonunun oluşturulması .....	17
3.2.2. <i>M. incognita</i> S6 izolatının moleküler olarak tanılanması.....	18
3.2.2.1. DNA izolasyonu .....	18
3.2.2.2. PCR çalışması .....	18
3.2.3. Bitki materyallerinde <i>Mi-1</i> geninin moleküler olarak belirlenmesi .....	18
3.2.3.1. DNA izolasyonu .....	18
3.2.3.2. PCR çalışması .....	19
3.2.4. Yüksek toprak sıcaklığının <i>Mi-1</i> genine etkisinin belirlenmesi .....	19
3.2.4.1. Nematod inokulasyonundan önce yapılan sıcaklık testlemeleri ...	20
3.2.4.2. Nematod inokulasyonundan sonra yapılan sıcaklık testlemeleri ..	21

3.2.5. Sonuçların değerlendirilmesi .....	22
4. BULGULAR .....	24
4.1. <i>M. incognita</i> S6 İzolatının Moleküler Olarak Tanılanması.....	24
4.2. Bitki Materyallerinde <i>Mi-1</i> Geninin Belirlenmesi .....	24
4.3. Yüksek Toprak Sıcaklığının <i>Mi-1</i> Genine Etkisinin Belirlenmesi.....	25
4.3.1. <i>M. incognita</i> S6 izolatıyla inokulasyonundan önce yapılan sıcaklık testlemeleri .....	25
4.3.1.1. 25°C’de yapılan sıcaklık testlemesi.....	25
4.3.1.2. 28°C’de yapılan sıcaklık testlemesi .....	27
4.3.1.3. 30°C’de yapılan sıcaklık testlemesi.....	28
4.3.1.4. 32°C’de yapılan sıcaklık testlemesi.....	29
4.3.2. <i>M. incognita</i> S6 izolatıyla inokulasyonundan sonra yapılan sıcaklık testlemeleri .....	30
4.3.2.1. 25°C’de yapılan sıcaklık testlemesi.....	30
4.3.2.2. 28°C’de yapılan sıcaklık testlemesi .....	32
4.3.2.3. 30°C’de yapılan sıcaklık testlemesi.....	33
4.3.2.4. 32°C’de yapılan sıcaklık testlemesi.....	34
5. TARTIŞMA .....	37
6. SONUÇ .....	40
KAYNAKLAR .....	42
ÖZGEÇMİŞ	

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

°C	Santigrad Derece
>	Büyüktür
≥	Büyük eşittir
%	Yüzde
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
µM	Mikromol
+	Artı
<i>Mi-1</i>	Dayanıklılık geni ( <i>Mi-1.2</i> )
<i>cm</i>	Santimetre
<i>Mm</i>	Milimetre
<i>G</i>	Gram
<i>L</i>	Litre

### Kısaltmalar

cM	SantiMorgan
J2	İkinci dönem larva
SCAR	Sequence characterized amplified region
PCR	Polymerase chain reaction
UV	Ultraviole
DNA	Deoxyribonucleic acid
dNTP	Deoxynucleotide triphosphate
da	Dekar
vd	Ve diğerleri
dk	Dakika
sn	Saniye

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 a) Kök yüzeyindeki <i>Meloidogyne incognita</i> yumurta kümelerinin toplanması b) Yumurta kümesi yüzeyinin yıkanması .....	18
Şekil 3.2. a) Denemede kullanılan fiderler, b) fidelerin şaşırtılması, c- d) iklim kabinin iç ve dış görüntüsü. ....	20
Şekil 3.3 a) J2'lerin sayımı, b) J2'lerin inokulasyonu, c) 28°C'nin altındaki toprak sıcaklığında tutulan bitkiler. ....	21
Şekil 3.4. Sıcaklık testlemelerinin şeması. T: Tueza F1, S: Seval, B: Brownny .....	22
Şekil 4. 1. MincF ve MincR primerleriyle elde edilen PCR ürünleri. ....	24
Şekil 4.2. Mi23F ve Mi23R primer çiftiyle elde edilen PCR ürünleri. ....	25

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Domateste kök-ur nematoduna ( <i>Meloidogyne</i> spp.) dayanıklılık sağlayan genlerin özellikleri.....	10
Çizelge 4.1. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 25°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	25
Çizelge 4.2. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 25°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları.....	26
Çizelge 4.3. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 25°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları .....	26
Çizelge 4.4. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 28°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	27
Çizelge 4.5. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 28°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları.....	27
Çizelge 4.6. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 28°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayısı .....	27
Çizelge 4.7. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 30°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	28
Çizelge 4.8. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 30°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları.....	28
Çizelge 4.9. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 30°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayısı .....	29
Çizelge 4.10. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 32°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	29
Çizelge 4.11. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 32°C’de tutulan bitkilerin.....	30
Çizelge 4.12. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce 32°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayısı .....	30
Çizelge 4.13. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra 25°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları.....	31
Çizelge 4.14. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra 25°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları .....	31
Çizelge 4.15. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra 25°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları.....	31



Çizelge 4.16. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 28°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	32
Çizelge 4.17. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 28°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları.....	32
Çizelge 4.18. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 28°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları .....	32
Çizelge 4.19. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 30°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	33
Çizelge 4.20. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 30°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları.....	33
Çizelge 4.21. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 30°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları .....	34
Çizelge 4.22. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları .....	34
Çizelge 4.23. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları.....	35
Çizelge 4.24. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları .....	35
Çizelge 4.25. <i>M. incognita</i> S6 ile inokulasyondan önce ve sonra belirtilen sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerin Pf/Pi değerleri.....	36



## 1. GİRİŞ

Domatesin anavatanı, Güney Amerika'nın batısında bulunan Şili, Peru ve Ekvador'u kapsamaktadır. Ayrıca Galapagos Adası'nda da 2 endemik yabancı domates türü tespit edilmiştir (Darwin vd 2003). *Solanum peruvianum* L. yabancı domates türleri içinde en yaygın ve polimorfik tür olup Peru ve Şili'nin kuzeyinde yetişmektedir. Doğal habitatı pasifik kıyılarındaki kurak topraklardan, And Dağları'nın batısında 3000 m yüksekliğindeki vadilere kadar çeşitlilik göstermektedir (Peralta vd 2005).

Antik Meksika'da domatesin yemek amacıyla yetiştirildiği ve "tomati" olarak adlandırıldığı bildirilmiştir (Boswell 1937). Domatesin Avrupa'ya gelişi 16 yy'ın sonlarında olmuştur. Avrupa'da domates, başlangıçta tıbbi bitkilerle ilgilenen herbalisterin ilgisini çekmiştir (Peralta ve Spooner 2006). Eski dünyada domatesin yemeklerde yaygın olarak kullanılmaya başlaması ise, 18. yy'da İtalya'da olmuştur (Boswell 1937).

Domates günümüzde en yaygın olarak üretilen ve tüketilen sebzelerden birisidir. 2013 yılında dünyadaki domates üretimi 163 milyon tona ulaşmıştır. Türkiye; Çin, Hindistan ve ABD'den sonra dördüncü sırada yer almıştır (FAO 2013). Türkiye'deki toplam domates üretimi TÜİK verilerine göre 1990 yılında 6 milyon ton iken, 2015 yılında üretim miktarı iki katına çıkmıştır. 12.615.000 ton olan 2015 yılı domates üretiminin 8.170.000 tonu sofralık, 4.445.000 tonu ise salçalık olarak üretilmiştir (TÜİK 2015).

Ülkemizdeki bitkisel üretim yapılan 239.486.338,14 dekar alanın, 8.085.070,00 dekarı sebze üretim alanıdır. Bu alanın 1.257.121 dekarında sofralık, 614.516 dekarında ise salçalık olmak üzere toplam 1.871.637 dekar alanda domates üretimi yapılmaktadır (TÜİK 2015). Bu verilere bakıldığında domatesin ülke tarımındaki önemi açıkça görülmektedir.

Domateste verim kaybına neden olan birçok zararlı ve hastalık bulunmaktadır. Endoparazit olarak beslenen bitki paraziti nematodlardan olan kök-ur nematodları da domateste ciddi zararlanmalara yol açmaktadır (Bleve-Zacheo vd 2007). Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) tüm dünyaya yayılmış olup geniş bir konukçu dizisine sahiptir (Sasser 1980, Karssen ve Moens 2006). İsmi beslendiği köklerde oluşturmuş olduğu gal (ur) yapılarından alan kök-ur nematodlarının günümüzde 101 türü tanımlanmıştır (Seid vd 2015). Oldukça polifag olan bu cinsin en önemli türleri *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White 1919), *Meloidogyne javanica* (Treub 1885) ve *Meloidogyne arenaria* (Neal 1889)'dır (Jones vd 2013).

Kök-ur nematodlarının bitkide beslenmesinde sitilet (sokucu-emici iğne) olarak adlandırılan organı önemli rol oynamaktadır. Kök-ur nematodları styletlerinin fiziksel gücü ve salgıladıkları sellulolitik (cellulolytic) ve pektolitik (pectolytic) enzimlerin etkisiyle hücre duvarlarını parçalarlar ve çoğunlukla kök ucuna yakın bölgeden bitkiye giriş yaparlar (Williamson ve Hussey 1996, Karssen ve Moens 2006). Aynı kök ucundan fazla giriş olması durumunda kökte büyüme durmaktadır (Karssen ve Moens 2006). Kök-ur nematodlarının 2. dönem larvaları (J2) köke giriş yaptıktan sonra iletim demetleri (vasküler silindir) içinde kök boyunca hücreler arasında ilerler ve beslenme bölgesini belirlediğinde kendini sabitler (Bleve-Zacheo ve Melillo 1997, Abad ve

Williamson 2010). Nematodun 2 subventral ve 1 dorsal salgı bez hücresi nematodun enfeksiyonunda ve beslenme bölgesinin oluşumunda kritik bir rol oynamaktadır. Köke giriş, kök içindeki hareket ve beslenmenin başladığı paratizmin ilk aşamasında subventral bez hücreleri aktifken; nematodun beslenmesi boyunca tek dorsal salgı bezi aktif hale gelir (Bird 1967, Hussey ve Mims 1990).

Kök-ur nematodlarının beslenmek için stiletini soktuğu hücelere özofagal salgı bezlerinden salgılanan enzimleri enjekte ettikten sonra hücelerde bir takım değişiklikler olmaktadır. Nematodun beslenmeye başladığı hücelerde, arka arkaya hücre bölünmesi gerçekleşmeksizin çekirdek bölünmesi (cytokinesis) meydana gelir (Huang 1985, Siddiqi 2000, Lambert ve Bekal 2002). Elekron mikroskobu çalışmalarında nematod girişinden 24 saat sonra 2 çekirdekli hüceler, 48 saat sonra ise 4-8 çekirdekli beslenme hücreleri oluştuğu tespit edilmiştir (Jones 1981, Bleve-Zacheo ve Melillo 1997). Her nematod 5-7 beslenme hücresi oluşturmaktadır (Williamson ve Hussey 1996, Abad vd 2003, Caillaud vd 2008, Abad ve Williamson 2010). Bu hücelerde metabolik aktivite artmakta, sitoplazma daha yoğun hale gelmekte ve çok sayıda mitokondri bulunmaktadır. Merkezi koful kaybolup ve çok sayıda küçük koful oluşmaktadır (Jones 1981, Karssen ve Moens 2006). Bu hüceler 100 kata kadar genişleyebilir, 100 çekirdekli hale gelebilir ve içerdiği DNA miktarı 14-16 kat artabilir (Williamson ve Hussey 1996, Abad vd 2003). Kök-ur nematodlarının bu özelleşmiş beslenme hücreleri dev hücre "giant cell" olarak adlandırılmaktadır.

Dev hücelerde meydana gelen büyüme (hyperplasma) sonucunda kök yüzünde meydana gelen şişlikler gal ya da ur olarak adlandırılmaktadır (Williamson ve Hussey 1996). Dev hücelerde meydana gelen metabolik aktivitedeki artış ve besin birikiminde ksilemden elde edilen su ve bitki besin maddeleri, floemden elde edilen şekerler ve amino asitler rol oynamaktadır (Hofmann ve Grundler 2007). Ayrıca vasküler silindirde oluşan dev hüceler köklerden alınan su ve besin maddelerinin bitki üst kısmına taşınmasını engeller (Abad ve Williamson 2010). Kök-ur nematodları bitkide meydana gelen sararma ve solmaya ilave olarak verimde ve ürün kalitesinde düşüslere neden olmaktadır (Williamson 1998, Schomaker ve Been 2006). Ayrıca toprak kökenli patojenlerle birlikte enfeksiyonları sonucunda hastalık şiddeti artmaktadır (Lambert ve Bekal 2002).

Kök-ur nematoduyla mücadele çok maliyetli olduğundan dolayı, mücadelenin maliyeti ve maddi getirileri, ürün değerine göre hesaplanmalı ve uygun mücadele yöntemine karar verilmelidir (Taylor ve Sasser 1978). Kök-ur nematodlarıyla mücadelede kültürel önlemler hem bulaşmamış arazileri korumakta, hem de bulaşmış arazilerde nematod popülasyonunu azaltmak açısından oldukça önemlidir. Toprağı su altında bırakmak, bitki artıklarının temizlenmesi, yabancı ot kontrolü, tuzak bitkilerin kullanılması, toprak işleme, topraktaki organik madde miktarını artırılması, toprak işleme aletlerinin temizliğini ve temiz sulama suyu kullanımı kültürel önlemler arasında gösterilmektedir (Collange vd 2011). Etkinliği toprak sıcaklığına bağlı olan solarizasyon seralarda *Meloidogyne* spp.'ye karşı en yaygın kullanılan mücadele yöntemlerindedir. Solarizasyonun başarılı olabilmesi için toprak tipine bağlı olarak 30 cm'lik derinlikte 35-50°C'de en az 4-6 hafta uygulanması gerekmektedir (Viaene vd 2006). Bir diğer mücadele yöntemlerinden kimyasal uygulamalar kök-ur nematodlarına karşı oldukça etkilidir. Dünyadaki nematisit pazarının %48'i kök-ur nematodlarına, %30'u kist nematodlarına %22'si ise diğer nematodlara karşı geliştirilmiş kimyasallardan oluşmaktadır. Bu kimyasallar fumigantlar ve fumigant olmayanlar olmak üzere ikiye

ayrılmaktadır (Haydock vd 2006). Kimyasal kullanımı en önemli mücadele yöntemlerinden biri olmasına rağmen dünyada bazı bölgelerde nematisit kullanımı azalmaktadır (Nyczepir ve Thomas 2009). Ayrıca metil bromid (methyl bromide) gibi yaygın kullanılan fumigantın yasaklanması kimyasallarda alternatif arayışlarını arttırmıştır. Bitki ekstraktlarından elde edilen doğal nematisitler giderek daha çok ilgi çekmektedir (Haydock vd 2006). Kimyasal mücadelenin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri gibi dezavantajları ve toplumlarda artan çevre bilinci biyolojik mücadelenin öneminin artmasına neden olmuştur (Viaene vd 2006, Lamovsek vd 2013). Biyolojik mücadelede entomopatojen nematodlar, fungal ve bakteriyel etmenler kullanılmaktadır (Collange vd 2011). Biyolojik mücadele etmenlerinin etkinliğinde ve kolonizasyonunda topraktaki organik madde miktarı önemlidir (Siddiqui 2004). Biyolojik mücadelede başarı oranının artması için toprağa organik madde ilavesi gerekebilmektedir (Stirling 2014). Biyolojik mücadele ajanlarının etkisi genellikle tek başına kullanılmaları durumunda düşük olabilmektedir. Ayrıca biyolojik ajanların olumsuz çevre koşullarından etkilenmesi, uygulama zorlukları, yüksek maliyet gibi dezavantajları bulunabilmektedir. Ancak biyolojik mücadelenin etkinliğini arttırmak diğer mücadele yöntemleriyle birlikte mümkün olabilmektedir (Viaene vd 2006). Bir diğer mücadele yöntemi ise dayanıklı çeşit veya anaçların kullanımınıdır. Dayanıklı bitkilerin kullanımı ekonomik ve çevreye zararı olmayan ve özel bir uygulama gerektirmeyen en önemli mücadele yöntemlerinden biridir (Lopez-Perez vd 2006, Devran vd 2013, Seid vd 2015). Dayanıklılık bitkiler, nematodun üremesini ya da gelişmesini taşıdığı dayanıklılık genleri aracılığıyla engellemektedir ya da çok düşük düzeyde tutmaktadır (Boerma ve Hussey 1992, Roberts 2002). Dayanıklı çeşitler kök-ur nematodunu baskı altına almakta ve kimyasal mücadele gereksinimini azaltmaktadır (Williamson 1999).

Domateste *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria*'ya karşı dayanıklılık sağlayan *Mi-1* olarak adlandırılan dominant bir gendir. Bu gen, *S. peruvianum*'da (PI128657) bulunmuş ve kültür formuna aktarılmıştır (Smith 1944). *Mi-1* geni domatesin 6. kromozomun kısa kolunda 650 kb'lik bölgede 7 homolog gen (*Mi-1.1*, *Mi-1.2*, *Mi-1.3* ve *Mi-1.4*, *Mi-1.5*, *Mi-1.6*, *Mi-1.7* olarak 2 küme) olarak bulunmaktadır. Bu homologlardan *Mi-1.3* ve *Mi-1.5* pseudogendir. Homolog genlerin (pseudogenler hariç) sekansları birbirleriyle %94.7-%96.7 oranında benzerdir (Seah vd 2007a). Homolog genlerin aktarıldığı bitkilerde yapılan çalışmalar sonucunda, dayanıklılığın *Mi-1.2* tarafından sağlandığı gösterilmiştir (Milligan vd 1998). *Mi-1.2*'in kodladığı sitoplazmik protein 1257 amino asitten oluşmaktadır. Bu dayanıklılık gen motifi CC-NBS-LRR olarak adlandırılmaktadır. Bu yapısal motifin nükleotidlerin bağlandığı yer NBS, lösün amino asidince zengin tekrarların olduğu kısım LRR ve bu proteinlerin amino ucunda sarmal şekilde bulunan motif ise CC olarak adlandırılmaktadır (Milligan vd 1998, Hwang ve Williamson 2003).

*Mi-1.2* geninin, *Meloidoyne* türlerinin yanı sıra patates afidinin [*Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)] bazı biyotiplerine (Rossi vd 1998) ve pamuk beyazsineğinin [*Bemisia tabaci* (Gennadius)] B ve Q biyotiplerine (Nombela vd 2003) dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir. *Mi-1.2* geninin birbirinden çok farklı üç canlı türüne dayanıklılık gösteren tek gen olduğu bilinmektedir (González 2009). *Mi-1* dayanıklı domates bitkilerinde *Mi-1.2* RNA'sı domates tohumunun çimlenmenin 2. haftasından itibaren tespit edilebilmekte ve kök-ur nematodlarına dayanıklılık göstermektedir (Martinez de Ilarduya ve Kaloshian 2001). *M. euphorbiae*'ye karşı dayanıklılık 5 haftalık (Kaloshian vd 1995), *B. tabaci*'ye karşı dayanıklılık ise 8 haftalık (Nombela vd

2003) domates bitkilerinde görülmektedir. *Mi-1.2*'nin RNA'ları erken dönemde tespit edilebilmesine rağmen afid ve beyazsinek dayanıklılığının daha geç ortaya çıkmasının nedeni, bu organizmalara karşı dayanıklılığın oluşması için bitkinin gelişim süreci içerisinde ortaya çıkan başka bileşiklere de gereksinim duyması olarak düşünülmektedir (Martinez de Ilarduya ve Kaloshian 2001). *Mi-1.2* geni duyarlı patlıcan bitkisine aktarılmış ve bu transgenik bitkiyi, kök-ur nematodu ve patates afidi ile testlenmişlerdir. *Mi-1.2* geni patlıcanda kök-ur nematoduna dayanıklılık sağlarken, patates afidine dayanıklılık sağlamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle nematod ve afid dayanımının hücrede farklı sinyal iletişim mekanizmaları (patways) tarafından yönetildiği düşünülmektedir (Goggin vd 2006).

Kök-ur nematodlarına karşı mücadelede *Mi-1* geni (*Mi-1.2*) taşıyan ticari domates çeşitleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat yüksek toprak sıcaklığı ve virulent popülasyonlar, bu genin kullanımını sınırlayan iki önemli etkidir. Fransa (Castagnone-Sereno 1994), Amerika (Kaloshian vd 1996), İspanya (Ornat vd 2001), ve Türkiye (Devran ve Söğüt 2010, Uysal ve Söğüt 2016a) gibi dünyanın farklı bölgelerinde yürütülen çalışmalarda *Mi-1* virulent kök-ur nematod popülasyonları bulunmuştur. *Mi-1* geni taşıyan bitkiler, virulent kök-ur nematodlarının üremesini durduramamaktadır. Bununla birlikte dayanıklılık düzeylerinde popülasyonun virulensliğine bağlı olarak farklılıklar görülebilmektedir (Roberts ve Thomason 1986, Lopez-Perez vd 2006). Ayrıca dayanıklı çeşitlerin genetik özellikleri de nematoda tepkide farklılıklar gösterebilmektedir. Bu konu üzerine yapılan araştırmada, *M. javanica*'ya ait popülasyonların homozigot dayanıklı domates çeşitlerinde heterozigot çeşitlere göre daha düşük oranda çoğaldığı rapor edilmiştir (Tzortzakakis vd 1998). *Mi-1* geninin bir diğer dezavantajı ise 28°C'nin üstündeki toprak sıcaklığında etkisini kaybetmesidir (Dropkin 1969a). Sıcaklığın dayanıklılık geni üzerindeki etkisini araştırmak için, farklı çalışmalar yürütülmüştür. *Mi-1* genine sahip bir bitki nematod ile inokule edildikten sonra 32°C'de iki gün tutulmuş ve hemen arkasından 27°C'ye alınmıştır. Daha sonra kökler incelenmiş, çok sayıda ur ve yumurta paketi bulunduğu gözlemlenmiştir (Dropkin 1969a). Bunun gibi değişik sıcaklıklarda yapılan gözlemler sonucunda, dayanıklılığın enfeksiyondan sonraki ilk 24-48 saatlik sürede ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu süre içinde dayanıklılık mekanizması aktif değilse daha sonra sıcaklık uygun seviyeye gelse dahi dayanıklılık mekanizmasının etkisini gösteremediği tespit edilmiştir (Dropkin 1969a). Günümüze kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde *Mi-1* geninin sıcaklık ilişkisi üzerine sınırlı sayıda araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda ise birbiriyle uyuşmayan sonuçlar elde edilmiştir. Şu ana kadar, *Mi-1* geninin yüksek toprak sıcaklığında kök-ur nematoda inokulasyon döneminin etkisini ve sıcaklıkta kalma süresini araştıran detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada a) *Mi-1* geninin yüksek toprak sıcaklığında *M. incognita*'ya tepkisini incelemek, b) yüksek toprak sıcaklığına maruz kalma sürelerinin *Mi-1* geninin kırılmasına etkisini araştırmak, c) *Mi-1* geni taşıyan homozigot ve heterozigot dayanıklı bitkilerin yüksek toprak sıcaklığında *M. incognita*'ya tepkileri arasında farklılık olup-olmadığının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Kök-Ur Nematodların Biyolojisi

Nematoda şubesi altında tanımlanmış 25.000 tür olup bu sayının dışında henüz tanımlanmamış çok sayıda tür de bulunmaktadır. Nematod türlerinin çoğunu serbest yaşayanlar oluşturmakta olup predatör ve parazitik olan türler de bulunmaktadır (Abad ve Williamson 2010). Günümüze kadar 4.100 bitki paraziti nematod türü tanımlanmıştır (Decraemer ve Hunt 2006). Bitki paraziti nematod türlerin dünyada yapmış oldukları ekonomik zararın yıllık 100 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir (Anonymous 2016).

Dünyada en çok ekonomik olarak zarar yapan bitki paraziti nematodlar ise sabit endoparazitik olarak beslenen gruptur. Bu beslenme davranışına sahip nematodlar, kök içerisine girip beslenme bölgesini belirledikten sonra kendini sabitlemler ve bir daha hareketli döneme geçmezler. En önemli nematod cinsleri olan kist nematodları ve kök-ur nematodları sabit endoparazitik olarak beslenen nematodlardır (Lambert ve Bekal 2002).

Kök-ur nematodları, en geniş konukçu dizisine sahip endoparazit nematodlardır. Birinci larva dönemini yumurta içinde geçiren *Meloidogyne* spp. yumurtadan ikinci larva (J2) döneminde çıkarlar (Siddiqi 2000, Abad ve Williamson 2010). Larva çıkışından önce enzim akvitesi nedeniyle yumurta kabuğu esnek hale gelmektedir (Karssen ve Moens 2006). Yalnızca ikinci dönem larvalar bitkiye giriş yapabilme özelliğindedir (Abad ve Williamson 2010). Yumurtadan çıkan larvalar genellikle kök ucuna yakın bölgeden giriş yaparlar; bununla birlikte kökün başka bölgesinden de giriş yapabilirler (Karssen ve Moens 2006). Kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvaları, konukçuya yönelip bitki köküne giriş yaptıktan sonra hücreler arasında hareket ederek kök ucuna yönelirler. Buradan meristem dokuya giriş yaparak floemden yukarıya doğru ilerleyerek beslenme yerine ulaşırlar (Wyss vd 1992).

Beslenmeye başlayan J2'ler kendilerini sabitlemler ve beslenmeleri sonucunda dev hücreler meydana gelir (Williamson 1998, Abad ve Williamson 2010). Dev hücrelerde meydana gelen hiperplasma sonucunda kök yüzünde meydana gelen şişlikler, gal ya da ur olarak adlandırılmaktadır (Williamson ve Hussey 1996). J3 ve J4 dönemlerinde ipliksi halden çıkıp şişmeye başlayan kök-ur nematodlarında sitilet fonksiyonunu kaybetmesinden dolayı beslenme görülmez (Siddiqi 2000, Karssen 2002, Jones vd 2013). J4 döneminden sonra ergin bireyler meydana gelir. İpliksi haldeki erkek bireyler kökten ayrılarak toprağa geçerler, serbest yaşarlar ve beslenmezler (Siddiqi, 2000). Limon veya armut şeklini almış olan dişiler köke sabittirler ve beslenmeye devam ederler (Siddiqi 2000, Miyashita vd 2014). Dişi bireyler yaklaşık 3 hafta sonra, yumurtalarını kök yüzeyine ve 6 büyük rektal bezinden salgıladığı koruyucu özellikteki jelatin matriks içine bırakır (Williamson 1998, Siddiqi 2000, Curtis 2007, Abad ve Williamson 2010). Her dişi konukçusuna ve çevre koşullarına bağlı olarak günde 30-80 yumurta bırakmaktadır (Karssen ve Moens 2006).

Kök-ur nematodlarının yaşam çemberlerini tamamlamaları çevre koşullarına bağlı olarak 3-6 hafta sürmektedir (Abad ve Williamson 2010). Döl sayısı *Meloidogyne*'nin türüne, toprak sıcaklığına, toprak yapısına, konukçu türüne ve besine ulaşılabilirliğine bağlıdır (Karssen ve Moens 2006). Üretim sezonu içinde kök-ur

nematodları çok sayıda döl verebilmektedir. İstisna olarak buğdaygilde zararlı olan *M. naasi*'nin üretim sezonunda bir döl verdiği bilinmektedir (Karssen ve Moens 2006).

Jelatin matriks; pektolitik (pectolytic), sellulolitik (cellulolytic) ve proteolitik (proteolytic) enzimatik aktiviteye sahiptir ve bu sayede hücreleri parçalayarak, doku içindeki dişinin posteriorundan kök yüzeyine kanal oluşturmaktadır (Orion ve Franck 1990). Yumurta kümesi içinde 1000'den fazla yumurta bulunabilmektedir (Jones vd 2013). *Meloidogyne* spp. yumurtalarının açılmasında sıcaklık önemlidir; ancak, yumurta kümelerinin açılması için konukçu kök salgıları gerekli değildir (Karssen ve Moens 2006, Curtis vd 2007).

## 2.2. Kök-Ur Nematodlarının Türkiye'de Yaygınlıkları

Dünyada en yaygın olarak bulunan türleri *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria*'dır (Johnson ve Fassuliotis 1984, Sasser ve Carter 1985). Türkiye'de de en yaygın olarak bu üç *Meloidogyne* türü bulunmaktadır.

Diker (1959), Karadeniz Bölgesi'nde Samsun ve Trabzon illerinin kök ur nematodlarıyla bulaşık olduğunu ve *M. hapla*'nın bulunduğunu bildirmiştir.

Alkan (1962), Türkiye'de *M. hapla*, *M. arenaria*, *M. incognita* ve *M. javanica* türlerinin bulunduğunu aktarmıştır.

Bora (1970), Karadeniz Bölgesi'nde sebze ve tütün yetiştirilen arazilerde *M. incognita*'nın ve *M. incognita* var. *acrita*'nın bulunduğunu bildirmiştir.

Öztüzün (1970), Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde kültür bitkilerinde yaptığı sörvey çalışmalarında, Malatya ve Elazığ illerindeki sebze ekim alanlarında, yalnızca *M. incognita* türünün bulaşık olduğunu tespit etmiştir.

Ertürk ve Özkut (1973), Ege Bölgesi'nde bağ alanlarında yürüttükleri çalışmada *M. incognita*, *M. thamesi* ve *M. javanica* türlerinin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Yüksel (1974), Türkiye'de kök-ur nematodlarının yaygınlıkları üzerine yaptığı çalışmada; Karadeniz Bölgesi'nin *M. incognita* ve *M. arenaria*; Marmara Bölgesinin *M. incognita*, *M. incognita* var. *acrita*, *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. hapla*; Ege Bölgesi'nin *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. hapla*; Akdeniz Bölgesi'nin *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. hapla* türlerine bulaşık olduğunu tespit etmiştir.

Ertürk vd (1975), Ege Bölgesi'nde yaptıkları sörveyde pamuk alanlarında bulunan en yaygın nematodun *Meloidogyne* spp. (%58) olduğunu tespit etmişlerdir.

Gürdemir ve Ağdacı (1975), Antalya ve Mersin illerinde yürüttükleri sörveyde Antalya seralarının %75,79'unun, Mersin seralarının ise %23,09'unun kök ur nematodları ile bulaşık olduğunu ve en yaygın türlerin *M. incognita* (%71,1), *M. javanica* (%14,90), *M. arenaria* (%6,01) ve *M. thamesi* (%2,40) olduğunu bildirmişlerdir.



Hekimoğlu (1975), İzmir ve çevresinde yaptığı çalışmada *Solanaceae* familyasına ait önemli bitki türlerinde *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* 'nın en yaygın türler olduğunu saptamıştır.

Ağdacı (1978), Akdeniz Bölgesi'nde kabakgil yetiştiriciliği yapılan seralarda yürüttüğü çalışmada, seraların %34.5'inin *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. thamesi* ile bulaşık olduğunu tespit etmiştir.

Pehlivan ve Kaşkavalcı (1993), 1992–1993 yıllarında Batı Anadolu Bölgesi'ndeki sanayi domates üretim alanlarında yaptıkları çalışmada, bu alanların %63,9'unun *M. incognita* ve *M. javanica* türleriyle bulaşık olduğunu bildirmişlerdir.

Elekçioğlu ve Uygun (1994), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde muz ve birçok sebzenin köklerinde *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria*'nın bulunduğunu, sebze yetiştiriciliği yapılan alanlarda ise *M. incognita* ve *M. javanica*'nın yoğun olarak bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Kaşkavalcı ve Öncüler (1999); Aydın ilinin önemli yazlık sebze yetiştirilen bölgelerindeki, kök-ur nematodu türlerinin yayılışlarını inceledikleri çalışmalarında, toplanan örneklerin %80.06'sinin *M. incognita*, %14.49'unun *M. javanica*, %5.45'inin *M. hapla* olduğunu belirlemişlerdir.

Söğüt ve Elekçioğlu (2000), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yürüttükleri çalışmada *M. javanica*'ya ait ırk-1, *M. incognita*'ya ait ırk-2 ile ırk-4'ün bulunduğunu tespit etmişlerdir. *M. javanica*'ya ait 4, *M. incognita*'ya ait 1 ve *M. hapla*'ya ait 1 populasyonun ise konukçu testine göre uygun reaksiyon göstermediği için ırk düzeyinde teşhisinin yapılamadığını bildirmişlerdir.

Mennan ve Ecevit (2001), Bafra ve Çarşamba ovalarında en yaygın türün *M. incognita* olduğunu ve sadece bu türe ait ırk-2'nin tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Kepenekçi vd (2002), Antalya ilinin Serik ilçesinde biber üretimi yapılan bir serada *M. exigua*'yı Türkiye'de ilk kez tespit etmişlerdir.

Devran ve Söğüt (2009), Batı Akdeniz Bölgesinde kök-ur nematodu yaygınlıklarını araştırmak için yürüttükleri sorveyde topladıkları örneklerin tanımlanması sonucu; *M. incognita*'nın %64.2, *M. javanica*'nın %28.4, *M. arenaria*'nın %7.3 oranında yayılım gösterdiğini belirlemişlerdir.

Özarslandan vd (2009), Niğde'de patates yetiştiriciliği yapılan alanlarda yürütmüş oldukları çalışmada *M. chitwoodi*'nin Türkiye'deki varlığını ilk olarak bildirmişlerdir.

Devran ve Söğüt (2011), Batı Akdeniz Bölgesi'nde *M. incognita*'ya ait ırk 2 ve ırk 6, *M. javanica*'ya ait ırk 1 ve *M. arenaria*'ya ait ise ırk 2 ve ırk 3'ün bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Akyazı ve Ecevit (2011), Tokat iline bağlı Niksar ve Erbağa ilçelerindeki sebze üretim alanlarında *M. incognita*'nın ırk 1 ve ırk 2'si tanımlanmışlardır.

Kaçar (2011), Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen kök-ur nematod popülasyonlarının ırklarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada *M. incognita*'ya ait ırk 1, ırk 2, ırk 5 ve ırk 6; *M. javanica*'ya ait ırk 1 ve ırk 5; *M. arenaria*'ya ait ırk 2 ve ırk 3 ve *M. chitwoodi*'ye ait ırk 1 ve ırk 2 belirlenmiştir.

Özarslandan vd (2013), Doğu Anadolu Bölgesinde Bitlis ilinde yoğun olarak patates üretimi yapılan arazilerde yürüttükleri çalışmada *M. chitwoodi*'nin Doğu Anadolu'daki ilk tespitini gerçekleştirmişlerdir.

Aydınlı vd (2013), Samsun'da domates ve hıyar alanlarında yürütmüş oldukları çalışmada Türkiye'de *M. ethiopica* varlığını ilk kez tespit etmişlerdir.

İmren vd (2014), Hatay'da buğday üretim alanlarında *M. artiellia*'nın varlığını bildirmişlerdir.

Mıstanoglu vd (2015), İzmir ve Manisa illerinde yürütmüş olduğu sorveyde bağ alanlarının %9.52 *M. javanica*, %6.35 *M. arenaria*, %3.18 *M. incognita* ile bulaşık olduğunu tespit etmişlerdir.

Yağcı ve Kaşkavalcı (2016), Ege Bölgesinde şeftali üretim alanlarında yapmış oldukları çalışmada Solanaceae familyasının ait kültür bitkilerinin ara ürün olarak yetiştirildiği bahçelerde kök-ur nematodlarının yaygın olarak bulunduğunu bildirmişlerdir. Şeftali bahçelerinden alınan örneklerin %63.4'ünde *M. incognita*, %36.6'sında *M. javanica* tespit etmişlerdir.

Demirbaş Pehlivan ve Kaşkavalcı (2016), İzmir ili patates üretim alanlarının %19.24 oranında *Meloidogyne* spp., %12.20 oranında *Globodera* spp. ile bulaşık olduğunu belirlemişlerdir.

Uysal ve Söğüt (2016b), Göller Bölgesi sebze alanlarından toplanan 160 örneğin %51.8'inin kök-ur nematoduyla bulaşık olduğunu tespit etmişlerdir. Türlerin yaygınlık oranının %36.7 *M. incognita*, %32.3 *M. hapla*, %26.5 *M. javanica*, %1.5 *M. arenaria* olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapılan konukçu testlemelerinde *M. javanica* ırk-3 Türkiye'de ilk kez tespit etmişlerdir.

## 2.3. Domateste Kök-Ur Nematodlarına Dayanıklık Sağlayan Genler

### 2.3.1. *Mi-1* geni

Bitkilerde dayanıklılığın ortaya çıkabilmesi için konukçuda bulunan dayanıklılık geni (R) ile patojenin avirulenslik gen (avr) ürünlerinin birbirine uyum sağlaması gerekmektedir (Flor 1955). Konukçu bitkilerde kök-ur nematodlarına dayanıklılığı sağlayan gene karşı nematodda avirulenslik geninin bulunduğu bildirilmiştir (Williamson 1999). Dayanıklı bitkiler, nematodun üremesini ya da gelişmesini taşıdığı genler aracılığıyla engellemektedir (Roberts 2002). Bu bitkiler, nematodun yapacağı zarardan bitkiyi korumakta ve nematodun popülasyonunu azaltmaktadır (Lopez-Perez vd 2006). Tolerant bitkiler ise, nematodun üremesini baskı altına alamamakta, fakat bikiideki verim miktarının korunmasını sağlamaktadır (González 2009).

Domateste kök-ur nematodlarına dayanıklılık sağlayan *Mi-1* geni, bitkilerin dayanıklılık durumlarını belirlemek için testlemede ilk olarak kullanılan nematod türü olan *M. incognita*'nın ismini almıştır (Gilbert ve McGuire 1956). Dayanıklılık geni taşıyan yabancı domates türü, klasik ıslah yöntemleri kullanılarak kültür formlarıyla melezlenemediğinden embriyo kurtarma tekniği kullanılarak hibrit bitki elde edilmiştir (Smith 1944). Kök-ur nematodlarına karşı mücadelede yaygın olarak kullanılan *Mi-1* geni bu kaynaktan gelmektedir (Ammati vd 1986). Kök-ur nematodları, dayanıklı bitkide beslenme bölgesi oluşturamamaktadır (Milligan vd 1998). Beslenme bölgesi oluşturmak amacıyla sitiletini soktuğu hücrenin hemen yanında aşırı duyarlılık reaksiyonu (hipersensitif reaksiyon) gerçekleşir. Bitkinin nematodla uyumsuz ilişkisinde (incompatible interaction) hücre dışında enzimatik olarak  $O_2$  üretilir ve hücre zarından geçebilen bir bileşik olan hidrojen peroksit'e ( $H_2O_2$ ) dönüştürülür (Bleve-Zacheo vd 2007). Hücrelerde hızla  $H_2O_2$  birikmeye başlar ve bunun sonucunda oksidatif yanma meydana gelir. Uyumsuz ilişkinin sonucu oluşan hipersensitif reaksiyonun ilk belirtileri, nematodun bitkiyi inokulasyonundan yaklaşık 12 saat sonra görülmektedir (Dropkin vd 1969b, Milligan vd 1998, Bird ve Kaloshian 2003). Böylece nematod beslenme yeri oluşturamadan ölmektedir (Verdejo-Lucas vd 2012). Nematodla bitki uyumlu bir ilişki (compatible interaction) içerisinde ise, nematodun bitkiye girişinden 12 saat sonra yine  $H_2O_2$  üretilir, ancak 48 saat sonra  $H_2O_2$  tespit edilememektedir.  $H_2O_2$ 'nin belirlenememesinin nedeni oksidatif yanmayı engelleyen enzimlerden sorumlu genlerin aktivitesidir. Bu uyumlu ilişki sonucunda dev hücreler olarak adlandırılan yapılar oluşmaktadır (Apel ve Hirt 2004, Bleve-Zacheo vd 2007).

Kök-ur nematodları bitkiye giriş yaptıktan hemen sonra önemli bitki savunma hormonları olan salisilik asit, jasmonik asit ve etilen sentezlenmektedir. Salisilik asit hem savunmada hem de *Mi-1* genine bağlı dayanıklılıkta etkili ancak gerekli değilken (Bhattarai vd 2008, Mantelin vd 2013), *Mi-1* geninin patates afidine göstermiş olduğu dayanıklılık için salisilik asit gereklidir (Li vd 2006). Jasmonik asit aktif savunma üzerinde etkiliyken *Mi-1* genine bağlı dayanıklılıkta etkisi bulunmamaktadır (Bhattarai vd 2008). Etilen biyosentezinin *Mi-1* genine bağlı kök-ur nematoduna dayanıklılıkta etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Mantelin vd 2013).

*Mi-1* geninin etkin olarak çalışabilmesi için domatesin genomunda *Rme-1* lokusunun bulunması gereklidir (Martinez de Ilarduya vd 2001). *Rme-1*'in nematod ve domatesin efektör moleküllerinin tanışmasında rol aldığı düşünülmektedir (Kaloshian 2004). *Rme-1* geninin yokluğunda bitki nematodu tanıyamamakta ve böylece nematod beslenmeye devam etmektedir (Kaloshian 2004). *Rme-1*'in mutanti olan *rme-1*'in bitkide bulunmasının, *Mi-1* geni taşıyan bitkilerin nematod, afid ve beyazsineğe karşı olan dayanıklılığını engellediği gösterilmiştir (Martinez de Ilarduya vd 2001, Martinez de Ilarduya vd 2004).

*Mi-1* geni, izoenzim ve moleküler işaretleyicilerin geliştirilmesinden önce geleneksel testleme yöntemleriyle belirlenmiş ve ıslah programlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı bireylerin biyolojik testleme yöntemiyle belirlenmesi zaman almakta, yoğun işgücü gerektirmekte ve maliyeti fazla olmaktadır. Moleküler işaretleyicilerin kullanılması bu olumsuzlukları azaltmaktadır (Devran vd 2013). Çünkü moleküler işaretleyiciler, ıslah çalışmalarında aynı anda daha fazla sayıda örneğin, hızlı ve güvenilir olarak test edilmesine imkan sunmaktadır (Francia vd 2005). Moleküler işaretleyici destekli ıslahta (Marker assisted selection: MAS), *Mi* genini belirlemek için ilk olarak *Aps-1* izoenzim işaretleyicisi kullanılmıştır

(Medina-Filho ve Tanksley 1983). Daha sonra *Rex-1* DNA işaretleyicisi yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Williamson vd 1994). Ancak yapılan çalışmalar, *Rex-1* moleküler işaretleyicisinin begomovirus dayanımı taşıyan bazı bitkilerde yanlış pozitif sonuçlar verebildiğini göstermiştir (El Mehrach vd 2005). Bu olumsuzluklar co-dominant SCAR işaretleyicisi olan *Mi23*'ün (Seah vd 2007b) geliştirilmesiyle aşılmıştır. *Mi23* işaretleyicisinin, *Mi-1* ve *Ty-1* taşıyan çok sayıdaki domates bitkisinin analizinde doğru sonuç verdiği belirlenmiştir (Devran vd 2013).

### 2.3.2. Diğer genler

*Mi-1* geni dışında birçok gen (*Mi-2*'den *Mi-9*'a kadar) tanımlanmıştır (Cap vd 1993, Yaghoobi vd 1995, Veremis ve Roberts 1996a, Veremis ve Roberts 1996b, Milligan vd 1998; Ammiraju vd 2003). *Mi-1* geninin yüksek toprak sıcaklığında hassasiyet göstermesi (Dropkin vd 1969a) ve *Mi-1* virulent nematod popülasyonlarına dayanıklılığı kırabilmesi (Kaloshian vd 1996) ıslah çalışmalarında kullanılabilecek yeni dayanıklılık genlerinin gerekliliğini artırmıştır. Bu kapsamda yapılan testleme çalışmaları sonucu domatesin yabancı formlarında yeni dayanıklılık genleri bulunmuştur (Çizelge 1.2.). Bu gen kaynakları, *S. acranum* ve *S. peruvianum* olmak üzere iki farklı domates türünde tanımlanmıştır.

Çizelge 2.1.Domateste kök-ur nematoduna (*Meloidogyne* spp.) dayanıklılık sağlayan genler(Özalp ve Devran 2015)

Genin Adı	Kaynağı	Dayanıklı Olduğu Türler	Etkili Olduğu Sıcaklık	Bulunduğu Kromozom	Literatür
<i>Mi-1</i> ( <i>Mi</i> )	<i>S. peruvianum</i> PI128657	<i>M. incognita</i> <i>M. javanica</i> <i>M. arenaria</i>	<28°C	6	Milligan vd 1998
<i>Mi-2</i>	<i>S. peruvianum</i> PI270435-2R2	<i>M. incognita</i>	32°C	-	Cap vd 1993
<i>Mi-3</i>	<i>S. peruvianum</i> PI126443-1MH	<i>M. incognita</i>	32°C	12	Yaghoobi vd 1995
<i>Mi-4</i>	<i>S. arcanum</i> LA1708-I	<i>M. arenaria</i>	32°C	-	Veremis ve Roberts 1996a
<i>Mi-5</i>	<i>S. peruvianum</i> PI126443-1MH	<i>M. incognita</i>	32°C	12	Veremis ve Roberts 1996b
<i>Mi-6</i>	<i>S. peruvianum</i> PI270435-3MH	<i>M. incognita</i>	32°C	6	Veremis ve Roberts 1996b
<i>Mi-7</i>	<i>S. peruvianum</i> PI270435-3MH	<i>M. incognita</i>	<28°C	6	Veremis ve Roberts 1996b
<i>Mi-8</i>	<i>S. peruvianum</i> PI270435-2R2	<i>M. incognita</i>	<28°C	6	Veremis ve Roberts 1996b
<i>Mi-9</i>	<i>S. arcanum</i> LA2157	<i>M. incognita</i> <i>M. javanica</i> <i>M. arenaria</i>	32°C	6	Ammiraju vd 2003

*S. peruvianum* kendine döllenenemekte ve ayrıca domatesin kültür formu olan *S. esculentum* ile melezlendiğinde de tohum elde edilememektedir (Lefrancois vd 1993). Bu nedenle sahip olduğu dayanıklılık genlerinin aynı bitkide tutulmasında ve kültür formuna aktarılmasında büyük güçlükler bulunmaktadır. Çünkü yabancı domates kaynaklarında bulunan ve kök-ur nematodlarına dayanıklılık sağlayan genlerin, geleneksel ıslah yöntemleri ile kültür formlarına aktarılması söz konusu değildir. Ayrıca F1 bitkisinden tohum elde etmek için embriyo kurtarma tekniği gibi doku kültürü yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu olumsuzluklar, yeni genlerin domates ıslah programlarında kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Ayrıca yabancı kaynaklarda bulunan bu genler, sorunsuz şekilde domatesin kültür formuna aktarılmış olsa bile, bitkilerin yabancı özelliğini azaltmak için kültür formuna çok sayıda geriye melezleme yapmak gerekmektedir. Çünkü bu materyaller, istenilen dayanıklılık genini taşısa da, ıslah çalışmaları için önemli olan meyve rengi, şekli ve iriliği, verim gibi ıslah parametreleri için olumsuz özelliklere sahiptirler (Boswell, 1937).

Domatesin yabancı kaynaklarından tanımlanan, *Mi-3*, *Mi-7* ve *Mi-8* genleri *Mi*-virulent izolatlarla karşı dayanıklılık göstermektedir (Yaghoobi vd 1995, Veremis ve Roberts 1996b). *Mi-2*, *Mi-3*, *Mi-4*, *Mi-5*, *Mi-6* ve *Mi-9*'un sağladığı dayanıklılık ise 28°C'nin üzerinde etkisini kaybetmemektedir (Cap vd 1993, Yaghoobi vd 1995, Veremis ve Roberts 1996a, Veremis ve Roberts 1996b, Veremis vd 1999, Ammiraju vd 2003). Devran ve Söğüt (2014), yüksek sıcaklıkta dayanıklılık sağlayan PI 126443 ve PI 270435 isimli yabancı domates genotiplerinin, Antalya'nın farklı ilçelerinden toplanan ve karakterize edilen kök-ur nematod türlerinin virulent popülasyonlarına 28°C'nin altındaki toprak sıcaklığında kontrollü koşullar altında testleme çalışmasında söz konusu virulent popülasyonlara dayanıklılık göstermediğini tespit etmişlerdir. Yüksek sıcaklıkta dayanıklılık gösteren bu materyallerin virulent popülasyonlara karşı bir dayanıklılık kaynağı olarak kullanılmayacağını bildirmişlerdir.

Dayanıklılık genlerinden olan *Mi-3*, *Mi-1*'den sonra bulunan genlerden en iyi karakterize edilenidir. *Mi-3* geni, *S. peruvianum*'un PI 126443-1MH klonunda tanımlanmıştır (Ammati vd 1986). *S. peruvianum*'da *Mi-3*'ü haritalamak için çalışmalar yapılmış ve gene bağlı NR14 olarak adlandırılan bir işaretleyici geliştirilmiştir. Haritalama çalışmaları, *Mi-3* geninin 12. kromozomun kısa kolunda yer aldığını göstermiştir (Yaghoobi vd 1995). Daha sonra *Mi-3* genine 0.25 cM uzaklıkta ve birlikte açılım gösteren (co-segregation) bir moleküler işaretleyici belirlenmiştir (Yaghoobi vd 2005). Yapılan bir araştırmada *Mi-3* geni, domatesin kültür formuna aktarılmıştır (Doganlar vd 1997). *Mi-3* geninin *Mi-1* virulent popülasyonlara 27°C'de, *Mi-1* avirulent popülasyonlara 32°C'de dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir (Yaghoobi vd 2005). *Mi-1* ve *Mi-3* genlerinin etkinliklerini karşılaştırmak için yapılan çalışmalarda, *Mi-1* geni bulunan bitkilerde yumurta kümesine çok az rastlanır ya da hiç rastlanmazken, *Mi-3* geni bulunan bitkilerde bir miktar üreme gerçekleşmiştir. Bundan yola çıkarak, *Mi-3* geninin avr geniyle olan ilişkisinin, daha düşük etkili dayanıklılık yanıtına neden olduğu düşünülmektedir (Yaghoobi vd 1995, Williamson 1998). Ayrıca *Mi-3* genini homozigot olarak taşıyan bitkilerin, heterozigot bitkilere göre daha etkili bir dayanıklılık sağladığı belirlenmiştir (Yaghoobi vd 2005).

Kök-ur nematodlarına dayanıklılık sağlayan *Mi-9* geni, *Solanum arcanum* (*Lycopersicon peruvianum*) LA2157'de tespit edilmiştir (Veremis vd 1999, Peralta vd 2005). Bu gen domatesin 6. kromozomun kısa kolunda, *Mi-1* geni ile aynı bölgede

bulunmaktadır (Ammiraju vd 2003). *Mi-9* geni, *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria*'nın *Mi*-avirulent popülasyonlarına karşı 32°C'ye kadar dayanıklılık göstermiş fakat *Mi*-virulent popülasyonlara karşı ise dayanıklılık sağlamadığı görülmüştür (Jablonska vd 2007).

## 2.4. Bitkilerde Kök-Ur Nematodlarına Dayanıklılık Sağlayan Genlerinin Sıcaklıkla İlişkisi

### 2.4.1. *Mi-1* dışındaki genlerin sıcaklıkla ilişkisi

Kök-ur nematodlarına dayanıklı bazı bitkilerde yüksek toprak sıcaklığında dayanıklılığın olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

Carter (1982), yürüttüğü saksı denemesinde, 2000 adet *M. incognita* larvası bulaştırdığı pamuk çeşitlerini inokulasyondan 48 saat sonra 20°C, 25°C, 30°C ve 35°C ortam sıcaklığındaki iklim odalarına aktarmıştır. İnokulasyondan 23 gün sonra söküp yıkadığı kökleri değerlendirerek, dayanıklı ve kısmi dayanıklı iki pamuk çeşidinin 35°C ortam sıcaklığında hassasiyet gösterdiğini tespit etmiştir.

Omweaga vd (1990), dayanıklı fasulye hatlarını 24°C, 26°C, 28°C ve 30°C toprak sıcaklığında *M. incognita* ırk-1, ırk-2 ve *M. javanica* ile testlemişlerdir. 33-47 gün sonra söktüğü bitkilerin (666 gün/derece birikmesi beklenmiş) *M. incognita* ırk-2 ve *M. javanica*'ya dayanıklı bazı hatlarda sıcaklık arttıkça yumurta kümesi sayısında artış gözlendiğini bildirmişlerdir.

Canals vd (1992), kök-ur nematoduna dayanıklı şeftali-badem anaçlarında yürüttükleri çalışmada, 3000 adet *M. javanica* yumurtası ile bulaştırılmış dayanıklı ve hassas anacı ortalama 27°C ve 32°C toprak sıcaklığında yetiştirmiş ve 90 gün sonra sökmüşlerdir. Dayanıklı anacın 27°C'de dayanıklılık reaksiyonu gösterirken 32°C'de final popülasyonu ve gal sayılarında artış gözlenmiş ve dayanıklılık kısmen azalmıştır.

Thies ve Fery (1998), homozigot *N* dayanıklılık geni bulunan ve *M. incognita*'ya dayanıklı reaksiyon gösteren Charleston Belle ve Carolina Wonder çeşitlerini *M. incognita* ırk-3 ile inokule edip 24°C, 28°C ve 32°C ortam sıcaklığında 58 gün yetiştirip sökmüşlerdir. Charleston Belle ve Carolina Wonder çeşitleri 24°C'de *M. incognita*'ya dayanıklı iken 28°C ve 32°C'de dayanıklılığın azaldığını, hassas biber çeşitlerinde ise hassasiyetin arttığını gözlemişlerdir.

### 2.4.2. *Mi-1* geninin sıcaklıkla ilişkisi

Yabani domates çeşidi olan *S. peruvianum*'da tespit edilmiş olan *Mi-1* geni kültür çeşidi olan *S. esculentum*'a aktarılmıştır (Bailey 1941, Smith 1944). Üç *Meloidogyne* türüne (*M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria*) etkili bir dayanıklılık sağlayan *Mi-1* geninin etkisinin yüksek toprak sıcaklığında kırıldığı tespit edilmiştir (Holtzman 1965, Dropkin 1969a).

Dropkin (1969a), *Mi-1* geni taşıyan domatesler üzerine yapmış olduğu çalışmada, dayanıklı domateslerden elde ettiği 1 cm'lik köklerin üzerine, içerisinde kök-ur nematodu larvaları bulunan su damlatıp köklerin üzerini kumla kapattıktan sonra kökleri dört gün boyunca 25°C'den 33°C'ye kadar farklı ortam sıcaklıklarına muamele

etmiştir. 25°C ve 28°C’de köke giriş yapan nematodların çok azı gelişim göstermiş ve giriş yapan nematodların %80-90’ı nekrotik tepkiye neden olmuştur. Sıcaklık seviyesi arttıkça gelişim gösteren nematod sayısında artış görülürken, oluşan nekrotik dokularda ise azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. 33°C’de ise hiç nekroz görülmediğini tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *Mi-1* geninin 28°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda kırıldığını saptanmıştır. Aynı çalışmadaki başka denemede Dropkin (1969a), yüksek sıcaklıklardaki kırılmanın ne kadar sürede ortaya çıktığını da araştırmıştır. Deneme 28°C ve 32°C yürütülmüştür. Bu denemede iki günlük kritik süreyi düşük sıcaklıkta (28°C) geçiren dayanıklı domatesin 32°C’ye maruz bırakıldığında dayanıklılığın kırılmadığını tespit etmiştir.

Araujo vd (1982a), *Mi-1* geninin 25°C ve 32.5°C’de 30 gün süre içindeki etkisini araştırmışlardır. Saksılara şaşırtılmış domates bitkilerini 12 gün sonra toplam 200 adet *M. incognita* ırk-1 yumurta ve larva ile bulaştırmışlardır. Daha sonra saksıları 32.5°C’deki ısı tanklarına yerleştirip 0, 3, 6, 9, 12 ve 30 gün tutup, bu bitkileri sırasıyla 30, 27, 24, 21, 18 ve 0 gün 25°C’deki ısı tankına alıp 30 gün sonunda denemeyi sonlandırmıştır. Aynı şekilde planlanmış denemeyi önce 25°C sonra 32.5°C olacak şekilde tekrarlamışlardır. Deneme sonunda en çok yumurta kümesine öncelikle 3 gün 25°C’de daha sonra 27 gün ise 32,5°C’de tutulan dayanıklı bitkide bulunduğunu bildirmişlerdir.

Araujo vd (1982b), 25°C ve 32.5°C toprak sıcaklığında 28 gün boyunca yetiştirdikleri 3 dayanıklı ve 1 hassas çeşidin 20, 100, 200, 1000 ve 2000 adet olmak üzere 5 farklı yoğunluktaki *M. incognita* ve *M. javanica* larvasıyla inokulasyonun etkisini araştırmışlardır. Her iki nematod türüyle yapılan tüm inokulum yoğunluklarında dayanıklı çeşitlerdeki yumurta kümesi 32.5°C’de daha yüksek çıkmıştır. 1000 adet J2’den az inokulasyonlarda her iki nematod türünde de tüm dayanıklı çeşitlerdeki yumurta kümesi sayısı hassas çeşitten daha düşük çıkmıştır. 32.5°C’de 1000 ve 2000 adet *M. incognita* larvası verildiğinde tüm dayanıklı çeşitler hassas ile aynı düzeyde yumurta kümesi oluştururken, *M. javanica*’de dayanıklı çeşitler arasında farklı sonuçlar gözlemlenmiştir.

Haroon vd (1993), *M. incognita* ile inokule edilmiş ve *Mi-1* geni taşıyan dayanıklı CLN domates çeşidi ve hassas dört domates çeşidinin; 28°C, 30°C, 33°C, 37°C ve 40°C’deki tepkisini doku kültürü tekniği kullanarak araştırmışlardır. 28°C ve 30°C’de dayanıklı bitkide larva (juvenil), ergin veya yumurta kümesi görmezken, 33°C’den 40°C’ye sıcaklık yükseldikçe tüm dönemlerdeki kök-ur nematodu sayısının arttığını tespit etmiştir. Ancak 37°C ve 40°C’deki dayanıklı bitkide nematod gelişimini, hassas bitkilerdeki tüm sıcaklıklarda gözlenen nematod gelişiminden daha az bulmuşlardır.

Zacheo vd (1995), yürüttüğü saksı denemesinde 27°C, 30°C, 32°C, 34°C ve 38°C toprak sıcaklığında 6 gün tuttuğu dayanıklı bitkilere daha sonra *M. incognita* inokule edip, 5 gün sonra sökmüşlerdir. Sökülen bitkilerin köklerindeki nematodlar, nekrotik bölgeler ve urlar sayılmıştır. Başka bir denemede 34°C’de tutulan bitkiler inokulasyondan önce 7 güne kadar 27°C’de tutulup dayanıklılığın ne kadar sürede onarıldığını araştırmışlardır. Ayrıca köklerdeki peroxidase ve lignin aktivitesini incelemişlerdir. 30°C’nin üzerinde dayanıklı bitkilerdeki nematod hassasiyeti artmaya başlamış ve 34°C’de maksimum düzeye ulaşmıştır. 34°C’de tutulup inokule edilmiş bitkiler 2 gün sonra hassas bitki reaksiyonu göstermiştir. 34°C’de tutulan bitkiler

inokulasyondan 1-2 gün önce 27°C'de tutulup inokule edildiğinde bitkilerin hassas reaksiyon gösterdiği, 2 günden sonra 7 güne kadar 27°C'de kalan bitkilerde dayanıklılığın onarıldığını tespit edilmiştir. Enfekte edilmiş bitkilerde sıcaklık artışıyla birlikte peroxidase aktivitesi azaldığı, peroxidase aktivitesi ve hassasiyet arasında ters orantı olduğunu gözlemlemiştir. Sıcaklık arttıkça inokule edilmiş ve edilmemiş bitkilerde lignin seviyesinin azaldığı ve nematod enfekte edilmiş bitkilerde lignin seviyesinde daha belirgin bir azalış olduğunu tespit etmişlerdir.

Abdul-Baki vd (1996), homozigot (*MiMi*) ve heterozigot (*Mimi*) *Mi-1* geninin bulunduğu dayanıklı domates çeşitlerinde yüksek sıcaklığın etkisini doku kültürü ortamında yürüttüğü çalışmada araştırmışlardır. *M. incognita* ve *M. arenaria* ile bulaştırılmış kökleri 28°C, 31°C, 34°C ve 37°C'de 35 gün boyunca tutmuşlardır. Daha sonra kökler tartılarak ve kök içinde gelişim gösteren larvalar sayılarak dayanıklılığın durumunu incelemiştir. Taze kök ağırlığı, genel olarak artan sıcaklıkla azalış göstermiştir. 28°C ve 31°C'de *M. incognita* ve *M. arenaria* ile enfekteli bitkilerde dayanıklılık etkilenmemiştir. 34°C'de dayanıklılıkta farklılıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. 34°C'de dayanıklılık kısmen devam ederken 37°C'de dayanıklılık ortadan kalkmıştır. Bununla beraber hassas çeşitlere göre dayanıklı çeşitlerde 34°C ve 37°C'deki her iki nematod türüne karşı hassasiyet daha az bulunmuştur. Yüksek sıcaklıktan en az heterozigot genotipteki Celebrity ve Better Boy etkilenirken homozigot Orion çeşidi en az etkilenmiştir. Ancak diğer heterozigot ve homozigot çeşitlerde hassasiyet daha fazla görülmüştür. Heterozigot ve homozigot genotipteki çeşitlerde her iki *Meloidogne* türünde de dayanıklılık eşit şekilde etkilendiği bulunmuştur.

Cortada vd (2008), ilkbahar ve yaz aylarında arazide kontrolsüz koşullarda sıcaklık takibi yaparak yürüttükleri çalışmada bitki materyali olarak farklı genotipte *Mi-1* geni taşıyan dayanıklı çeşit ve anaçları kontrol olarak hassas domates çeşitleri, nematod kültürü olarak da *M. javanica*'ya ait bir populasyon kullanmışlardır. Yaz aylarında yürütülen denemede inokulasyondan sonraki ilk hafta sıcaklık 20.8°C-35.1°C, ortalama sıcaklık ise 28°C'nin üzerinde kaydedilmiştir. Buna bağlı olarak yaz aylarında yürütülen denemenin sonucunda elde edilen nematod enfeksiyonu ve üreme oranları, bahar aylarındaki denemenin sonuçlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Yaz aylarında 19 Temmuz-18 Eylül arasındaki denemede bazı dayanıklı çeşitlerdeki yumurta kümesi sayısı hassas çeşitlerden farklılık göstermemiştir. İnokulasyondan sonraki ilk 48 saat içinde 3 saat yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda dayanıklılık kırılmamıştır. Ancak inokulasyondan sonraki 7 gün boyunca günde 10-12 saat 28°C'nin üzerindeki toprak sıcaklığına maruz kaldığında dayanıklılık ciddi oranda etkilendiği belirlenmiştir. Dayanıklı çeşitlerin yüksek sıcaklığa göstermiş olduğu farklı reaksiyonların çeşitlerin genetik özelliklerinden (background) kaynaklandığını değerlendirmişlerdir.

Devran vd (2010), *M. incognita* ırk 2 ile inokule edip, 24°C ve 32°C toprak sıcaklığında iklim kabinlerinde 8 hafta boyunca yetiştirdikleri dayanıklı domates anaçlarının reaksiyonlarını araştırmışlardır. Farklı genotipteki *Mi-1* geni bulunan anaçların yanı sıra yüksek sıcaklığa dayanıklı olduğu belirtilen *Mi-2* ve *Mi-3* geni içeren domates hatlarını da testlemişlerdir. Sonuç olarak *Mi-1* geni bulunan bitkilerde 32°C toprak sıcaklığında dayanıklılık seviyesinde azalma tespit etmişlerdir. Ancak *Mi-2* ve *Mi-3* genlerini taşıyan hatlarda 24°C ve 32°C toprak sıcaklığında dayanıklılıkta farklılık bulunmamıştır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan *Mi-2* ve *Mi-3* geni bulunan



çeşitlerdeki gal ve yumurta kümesi sayısı *Mi-1* geni bulunan bitkilerdeki değerlerden istatistiki olarak daha düşük çıkmıştır. Heterozigot *Mi-1* geni bulunan çeşitteki (*Mimi*) yumurta kümesi sayısı homozigot çeşitlerdeki (*MiMi*) yumurta kümesi sayısından istatistiki olarak daha düşük çıkmış olmasına rağmen, gal indeksleri arasında istatistiki bir fark bulunmamıştır. 24°C toprak sıcaklığında homozigot ve heterozigot bitkilerde yumurta kümesi sayılarında istatistiki olarak önemli bir fark görülmezken heterozigot çeşitteki gal indeksi homozigot genotipteki çeşitlere göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Verdejo-Lucas vd (2013), örtü altında sıcaklığın kontrol edilmediği koşullarda çalışmayı yürütmüşlerdir. 2.5 litrelik saksılara şaşırtılan domates fidelerinin her birine 6000 adet yumurta inokule etmişlerdir. *M. javanica* ve *M. arenaria*'nın kullanıldığı denemeleri 9 Nisan-16 Haziran ve 2 Mart-30 Mayıs olmak üzere 2 farklı zaman aralığında yürütmüşlerdir. Toprak sıcaklığını 7 cm derinlikteki prob yardımıyla 30 dakika aralıklarla kaydetmişlerdir. 9 Nisan-16 Haziran tarihleri arasında 31 gün boyunca, 2 Mart-30 Mayıs tarihleri arasında 20 gün boyunca toprak sıcaklığı kesikli olarak 28°C'nin üzerine çıktığını tespit etmişlerdir. Toprak sıcaklığının aralıklı olarak 28°C'nin üzerine çıkmasının *Mi-1* geninin sağlamış olduğu dayanıklılık üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlemişlerdir. 9 dayanıklı ve 3 hassas çeşitle yürütülen denemelerde 1 hassas çeşit hariç, *M. javanica*'nın *M. arenaria*'dan istatistikî olarak daha fazla ürediği bildirmişlerdir.

Carvalho vd (2015), kontrollü koşulları sağladığı ve bölmelere ayırdığı serada dayanıklı (*Mimi*) ve hassas domates çeşitleri *M. incognita* ırk-1 ile bulaştırıp, yüksek ortam sıcaklığındaki dayanıklılığın tepkisini araştırmışlardır. Bu amaçla kontrol amaçlı oluşturulan bölmede ortam sıcaklığı gündüz 25±2°C gece ise 21±2°C'ye bağlı nem ise %55-60'a ayarlanmıştır. Sıcaklık uygulamasının yapılacağı bölme ise aynı sıcaklık ve nem değerlerine ayarlanmış, sıcaklık uygulaması yapılacağına ise gün ortasında 3 saat 35°C'ye ayarlanmıştır. Sıcaklık uygulamasından sonra inokulasyon yapılacaksa 1 saat geçmesini beklemiştir. Yapılan ilk denemede 1 gün yüksek sıcaklık uygulanmış ve aynı gün inokulasyon yapılmış, 6 gün yüksek sıcaklık uygulanmış ve inokulasyon yapılmış, 1 gün sıcaklık uygulanmış ve 6 gün sonra inokulasyon yapılmış bitkiler kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. 1 gün 3 saatlik 35°C sıcaklığa maruz bırakılmış bitkilerde *Mi-1* geninin sağlamış olduğu dayanıklılığın önemli derecede azaldığını tespit etmiştir. Öyle ki; 1 gün sıcaklık uygulanmış dayanıklı bitkilerdeki gal sayısı, sıcaklık uygulanmamış kontrol grubu bitkilerindeki gal sayısından 3.4 kat fazla çıkmıştır. Beklenenin aksine 6 gün boyunca günde 3 saat 35°C sıcaklığa maruz bırakılıp ardından nematod inokulasyonu yapılan bitkilerde 1 günlük 3 saat boyunca 35°C'ye maruz kalmış bitkilerden 4 kat daha az gal sayısı tespit edilmiştir. Bu durum *Mi-1* geninin sağladığı dayanıklılığın zamanla onarılması olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde 1 gün yüksek sıcaklığa maruz kalıp 6 gün geçtikten sonra enfekte edilen dayanıklı bitkilerle, kontrol grubundaki yüksek sıcaklığa maruz kalmamış bitkilerdeki dayanıklılık seviyesi arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Hassas bitkilerde ise sıcaklık uygulaması gal sayısında istatistikî farklılığa neden olmamıştır.

Carvalho vd (2015), yapmış olduğu diğer denemede yüksek sıcaklığa maruz kalmış bitkilerde ikincil enfeksiyonların dayanıklılığa etkisini araştırmışlardır. Sıcaklık uygulanmasından hemen sonra ve 2 gün sonra olmak üzere iki inokulasyon yapılmış bitkilerdeki gal sayısı, yüksek sıcaklıktan hemen sonra inokulasyon yapılmış bitkilerdeki gal sayısından ve iki gün sonra inokulasyon yapılmış bitkilerdeki

inokulasyon sayısından istatistik olarak farklı çıkmamıştır. *Mi-1* geni bulunan dayanıklı bitkilerde ikinci kez yapılan inokulasyonların, dayanıklı bitkilerde yüksek sıcaklıkta meydana gelen hassasiyet üzerinde arttırıcı bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir.

Carvalho vd (2015), 3 haftalık dayanıklı bitkileri 3 saat boyunca 35°C ortam sıcaklığına maruz bırakıp, bitkilere yarım saat sonra 500 adet *M. incognita* enfekte edip 21 saat sonra söktüğü köklerde, qMi-1 primeri ile real-time quantitative PCR (qRT-PCR) yöntemini kullanarak transkript edilen *Mi-1* geni mRNA miktarını analiz etmişlerdir. Transkript analizi sonucunda, sıcaklık uygulanmış ve uygulanmamış hem inokulasyon yapılmış hem de inokulasyon yapılmamış dayanıklı bitkilerdeki *Mi-1* mRNA seviyesinin farklılık göstermediği, dolayısıyla *Mi-1* geni ekspresyon seviyesinin genin sağlamış olduğu dayanıklılık düzeyi ile ilişkili olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Yapılan çalışmada bitkisel materyal olarak Multi Tohum (Antalya)'a ait Seval F1, Browny F1 ve Tueza F1 sera tipi domates çeşitleri kullanılmıştır. Testleme çalışmalarında kullanılan bu çeşitlere ait fideler Multi Tohum tarafından sağlanmıştır.

Toprak sıcaklığı testlemeleri gerekli teknik altyapıya sahip olan M.Y. Genetik Tarım Teknoloji Laboratuvarı (Antalya) bünyesinde bulunan iklim kabinlerinde yürütülmüştür. Sıcaklık uygulamasından sonra bitkiler, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait iklim odasında yetiştirilmiştir. Moleküler tanılama işlemleri ise Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Moleküler Nematoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2. Metot

##### 3.2.1. Kök-ur nematodu saf kültür popülasyonunun oluşturulması

Denemelerde TÜBİTAK 107O16 nolu proje kapsamında Antalya'nın Serik ilçesinde sebze üretimi yapılan seradan elde edilen, moleküler ve konukçu testine göre önceki çalışmalarda tanımlanan *M. incognita* ırk 2'ye ait S6 izolatu kullanılmıştır (Devran ve Söğüt 2009; Devran ve Söğüt 2011).

Bu çalışmada S6 popülasyonuna iklim odasında muhafazası sırasında başka *M. incognita* popülasyonlarından bulaşma ihtimalini ortadan kaldırmak için tekrar saf kültürü oluşturulmuştur. Bu amaçla kök-ur nematoduna hassas Tueza F1 domates çeşidine ait fideler, otoklavlanarak sterilize edilmiş kumlu-tınlı toprak karışımı içeren 250 ml'lik saksılara şaşırtılmıştır. Stereo mikroskop altında çıkartılan bozulmamış (deforme olmamış) yumurta paketlerinden biri seçilerek su dolu 3 ayrı petri kabında yıkanmış ve ependorf tüpüne alınmıştır (Şekil 3.1.b). Elde edilen tek yumura paketi 4-5 yapraklı dönemdeki Tueza F1 çeşidinin kök boğazı yakınında açılan 2 cm derinliğindeki deliğe inokule edilmiştir. 25°C'de % 65 nem koşullarına sahip iklim kabinlerinde yetiştirilen bitkiler inokulasyondan 8 hafta sonra sökülmüştür. Bitki kökleri, musluk suyu altında dikkatlice yıkandıktan sonra üzerlerindeki yumurta kümeleri toplanmıştır (Şekil 3.1.a). Böylece *M. incognita* ırk 2'ye ait S6 izolatının saflaştırma işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 3.1 a) Kök yüzeyindeki *Meloidogyne incognita* yumurta kümelerinin toplanması  
b) Yumurta kümesi yüzeyinin yıkanması

### 3.2.2. *M. incognita* S6 izolatının moleküler olarak tanınması

#### 3.2.2.1. DNA izolasyonu

Saf kültürü yapılan *M. incognita* S6 izolatına ait larvalardan DNAeasy Tissue and Blood Kit (Qiagen, Hilden, Germany) kullanılarak DNA izolasyonu yapılmıştır.

#### 3.2.2.2. PCR çalışması

S6 izolatının *M. incognita* olduğunu doğrulamak için bu türe özgü MincF/MincR primeri (yayınlanmamış veri) kullanılmıştır. PCR için 2,5 µL DNA, 2 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 µM dNTP, 0.4 µM primer, 2.5 µL 10X PCR buffer ve 1 Unit Taq DNA polymerase (Fermentas) ve distile sudan oluşan toplam 25 µL hacimde reaksiyon hazırlanmıştır. PCR reaksiyonu, Veriti 96-Well (Applied Biosystems) PCR (thermal cycler) cihazında gerçekleştirilmiştir. PCR döngüsü; 94 °C'de 3 dk, daha sonra 94 °C'de 30 sn, 56 °C'de 30 sn ve 72°C'de 1 dk 35 döngü ve 72°C'de 7 dk olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen PCR ürünleri, %2'lik agaroz jelde TAE buffer yardımıyla 110 voltta 1,5 saat yürütülmüş ve EtBr (0,5 µg/ml) ile boyandıktan sonra UV ışığı altında görüntüleme cihazı (İntas Gel IX Imager) yardımıyla fotoğraflanmıştır.

### 3.2.3. Bitki materyallerinde *Mi-1* geninin moleküler olarak belirlenmesi

#### 3.2.3.1. DNA izolasyonu

Denemede bitki materyali olarak kullanılan hassas Tueza F1, homozigot dayanıklı Brown F1 ve heterozigot dayanıklı Seval F1, çeşitlerin genç yapraklarından Wizard Magnetic Kit (Promega) firmanın önerdiği şekilde kullanılarak DNA izolasyonu yapılmıştır.

### 3.2.3.2. PCR çalışması

Çeşitlerin *Mi-1* geni taşıyıp-taşımadığı, Mi23F/Mi23R primerleri kullanılarak moleküler düzeyde kontrol edilmiştir (Seah vd 2007b). PCR reaksiyonu; 2,5 µL DNA, 2 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 µM dNTP, 0,4 µM primer, 2,5 µL 10X PCR buffer ve 1 Unit Taq DNA polymerase ve distile sudan oluşan toplam 25 µL hacimde yapılmıştır. PCR döngüsü; 94 °C'de 3 dk, daha sonra 94 °C'de 30 sn, 56 °C'de 30 sn ve 72°C'de 1 dk 35 döngü ve 72°C'de 7 dk olarak olarak şekilde Veriti 96-Well (Applied Biosystems) PCR cihazında (thermal cycler) cihazında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen PCR ürünleri, %2'lik agaroz jelde TAE buffer yardımıyla 110 voltta 1,5 saat yürütülmüş ve EtBr (0,5 µg/ml) ile boyandıktan sonra UV ışığı altında görüntüleme cihazı (İntas Gel IX Imager) yardımıyla fotoğraflanmıştır.

### 3.2.4. Yüksek toprak sıcaklığının *Mi-1* genine etkisinin belirlenmesi

Denemede materyal olarak; hassas (Tueza F1, *mimi*), homozigot dayanıklı (Brownly F1, *MiMi*), ve heterozigot dayanıklı (Seval F1, *Mimi*) olmak üzere üç farklı domates çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılacak topraklar otoklav ile sterilize edildikten sonra 250 ml'lik saksılara doldurulmuştur. Fideler, 4 gerçek yapraklı dönemde *M. incognita* S6 izolatu ile inokulasyon yapılmıştır.

Toprak sıcaklığının ve toprak sıcaklığına maruz kalma süresinin dayanıklılığa etkisinin incelenmesi nematod inokulasyonundan önce ve sonra olmak üzere iki aşamalı olarak planlanmıştır. Nematod inokulasyonundan önce yapılan sıcaklık testlemelerinde amaç; nematodla bulaşık üretim alanına henüz şaşırtılmamış fidelerin, fidelik şartlarında yüksek toprak sıcaklığına maruz kalmasının dayanıklılık üzerindeki etkisini belirlemektir. Nematod inokulasyonundan sonra yapılan sıcaklık testlemelerinde ise, nematod ile enfekte olmuş bitkilerin sera koşullarında yüksek toprak sıcaklığına tepkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bitkilere 6, 12, 24, 48, 120 ve 168 saat olmak üzere 6 farklı sürede sıcaklık uygulanarak, sıcaklığa maruz kalma süresinin dayanıklılık üzerindeki etkisi incelenmiştir.

*M. incognita* ırk 2'ye ait S6 izolatına ait yumurta kümeleri eleğe alınarak ikinci dönem larvalar elde edilmiştir. Yumurtadan çıkan nematod larvaları +4 °C'ye alınmış ve 3 günden fazla bekletilmeden inokulasyon çalışmasında kullanılmıştır.

Bitkiler yerleştirilmeden önce sıcaklık testlemerinin yürütüleceği kabinler, örnek bir saksıdaki toprağa 2-3 cm derinlikte yerleştirilen prob aracılığı ile uygun sıcaklığa ayarlanmıştır. Bitkiler kabine yerleştirilip saksılardaki toprak sıcaklığı istenen değere geldikten sonra belirlenen uygulama sürelerinde tutulmuştur. Yani uygulama süreleri toprak sıcaklığı istenen değere ulaştıktan sonra başlatılmıştır.

Deneme süresince bitkilerin bakım ve sulama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bazı durumlarda beyazsinek ile mücadele için aktif maddesi Spiromesifen olan kontakt etkili Oberon SC (Bayer) ile ilaçlanmıştır.

### 3.2.4.1. Nematod inokulasyonundan önce yapılan sıcaklık testlemeleri

Nematod inokulasyonundan önce sıcaklık testlemeleri yaparak henüz nematod bulaşmamış fideliklerdeki fidelerin, yüksek sıcaklığa maruz kalmasının taklit edilmesi amaçlanmıştır.

Fideler 250 ml'lik saksılara şaşırtıldıktan sonra 1 hafta boyunca 25°C toprak sıcaklığında tutulmuşlardır (Şekil 3.2.a,b). Daha sonra bu fideler 4 farklı toprak sıcaklığında (25±1°C, 28±1°C, 30±1°C, 32±1°C), % 65 orantılı neme ve 18-6 ışık periyoduna ayarlanmış iklim kabinlerine alınmıştır (Şekil 3.2.c,d).



Şekil 3.2. a) Denemede kullanılan fiderler, b) fidelerin şaşırtılması, c- d) iklim kabinin iç ve dış görüntüsü.

Testlenecek bitkiler sıcaklık uygulamasının yapılacağı iklim kabinlerine yerleştirilip toprak sıcaklığı istenen seviye ulaşıldıktan sonra belirlenen sürelerde (6, 12, 24, 48, 120 ve 168 saat) ayrı ayrı sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Deneme çeşit-sıcaklık-süre olmak üzere 5 tekerrürlü olarak planlanmıştır.

Belirlenen sürede toprak sıcaklığına maruz kalan bitkiler, toprak sıcaklığı 25°C'ye düştüğünde (~3 saat) bitki kök boğazına yakın açılan ~3 cm'lik deliğe 1000 adet *M. incognita* ırk 2'ye ait S6 izolatının J2'leri verilerek inokule edilmiştir. Daha sonra 25±1°C toprak sıcaklığındaki % 65 neme ve 18-6 ışık periyoduna ayarlanmış iklim kabine alınan bitkiler inokulasyonlarından 8 hafta sonra sökülülmüştür.



### 3.2.4.2. Nematod inokulasyonundan sonra yapılan sıcaklık testlemeleri

Nematod inokulasyonundan sonra bitkileri yüksek toprak sıcaklığına maruz bırakarak, nematod enfekte olmuş bitkilerde dayanıklılığın ne şekilde etkilendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

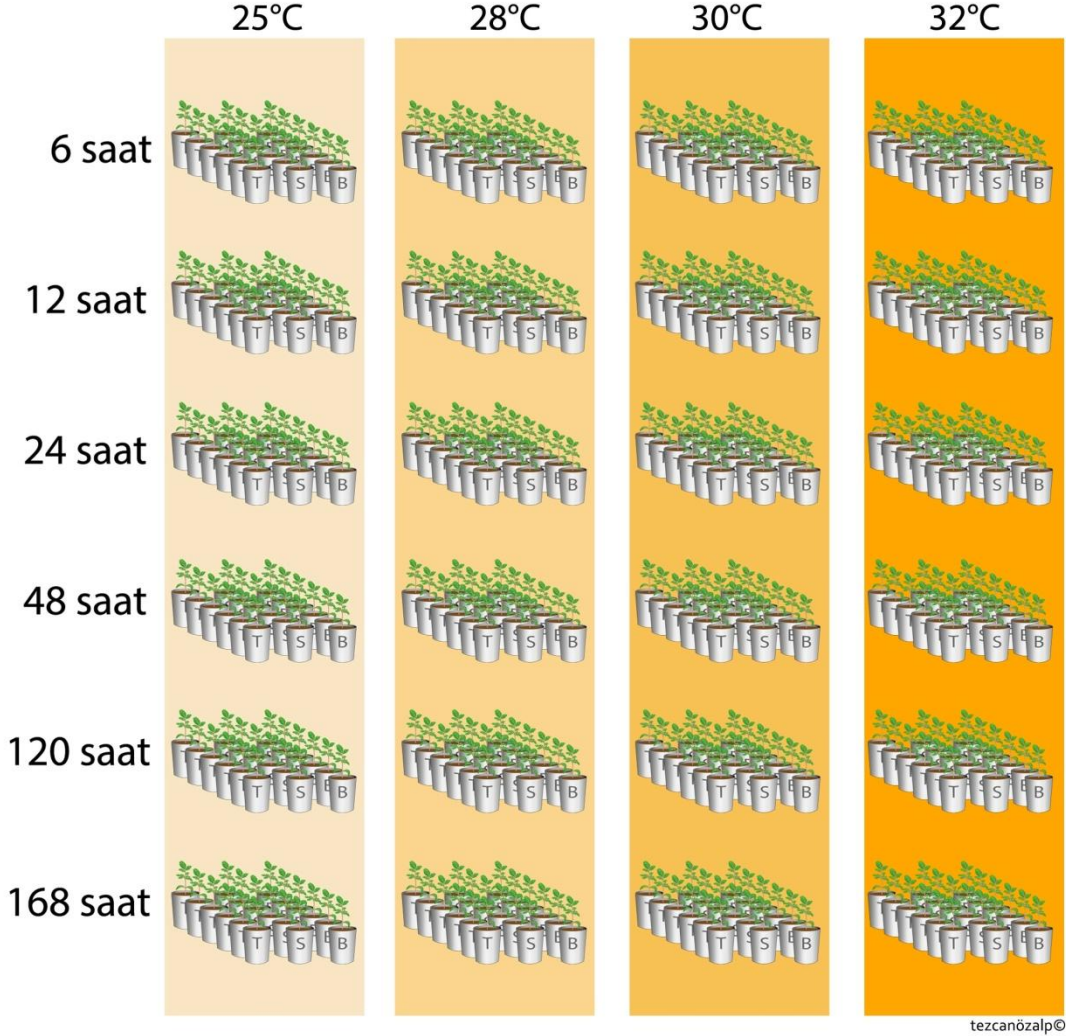
Fideler saksılara şaşırtıldıktan sonra 1 hafta boyunca 25°C toprak sıcaklığında yetiştirilmişlerdir. Testlenecek bitkiler sıcaklık uygulamasının yapılacağı iklim kabinlerine yerleştirilip saksı toprak sıcaklığının istenen seviye ulaşması prob aracılığıyla ölçülerek beklenmiştir. Saksı toprak sıcaklığı testlenecek sıcaklığa ulaştığı anda fidelerin kök boğazına yakın açılan ~3 cm derinliğindeki deliğe 1000 adet *M. incognita* J2 verilerle inokulasyon yapılmıştır (Şekil 3.3.a,b). İnokulasyonu yapılmış olan bitkiler daha sonra belirlenen altı farklı sürede (6, 12, 24, 48, 120 ve 168 saat) 25±1°C, 28±1°C, 30±1°C ve 32±1°C toprak sıcaklıklarında tutulmuştur (Şekil 3.4.). Belirlenen sürelerde sıcaklığa maruz bırakılan bitkiler daha sonra 25±1°C toprak sıcaklığına % 65 orantılı neme ve 18-6 aydınlanma koşullarına ayarlanmış iklim kabinine alınmıştır. Bitkiler nematod inokulasyonlarından 8 hafta sonra sökülüştür (Şekil 3.3.c).



Şekil 3.3 a) J2'lerin sayımı, b) J2'lerin inokulasyonu, c) 28°C'nin altındaki toprak sıcaklığında tutulan bitkiler.

Nematod inokulasyonundan sonra 25°C'de tutulan bitkiler uygulama süresinden sonra 25°C'lik iklim kabinine alınacağı için 6 farklı uygulama süresi uygulanmamıştır. İnokulasyon sonra 28°C'de tutulan bitkilerle yürütülen deneme inokulasyon için yeterli

nematod sayısına ulaşılamamasından ötürü 4 tekerrürlü olarak planlanmıştır. 28°C dışındaki sıcaklık testlemeleri 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Şekil 3.4. Sıcaklık testlemelerinin şeması. T: Tueza F1, S: Seval F1, B: Browny F1

### 3.2.5. Sonuçların değerlendirilmesi

*M. incognita* ırk 2'ye S6 izolatu ile inokulasyonu yapılan bitkiler, inokulasyondan 8 hafta sonunda sökülmüştür. Her bir bitkiye ait kökler ve topraklar sayılmak üzere poşetlenmiştir. Her bir bitkiye ait 100 gr toprak örneği, Modifiye Edilmiş Baerman-Funnel Tekniği (Hooper, 1986) kullanılarak analiz edilmiştir. Rf (Reproduction factor)= Pf (sonuç popülasyonu)/Pi (başlangıç popülasyonu) olarak hesaplanmıştır (Ferris 1985, Devran vd 2010). Analiz sonucu elde edilen J2'ler ışık mikroskopu altında sayılmıştır. Topraktan arındırılan kökler musluk suyu altında dikkatlice yıkandıktan sonra her bir kök üzerindeki ur ve yumurta kümeleri stereo mikroskop altında sayılmıştır.

Topraktan elde edilen ikinci dönem larva sayıları ile kökler üzerindeki yumurta kümesi ve urlar sayıları analiz edilmeden önce,  $\log_{10}(x+1)$  transformasyonu uygulanmıştır. Aynı sıcaklık denemesindeki farklı sürelerin etkisi ise ANOVA analizi

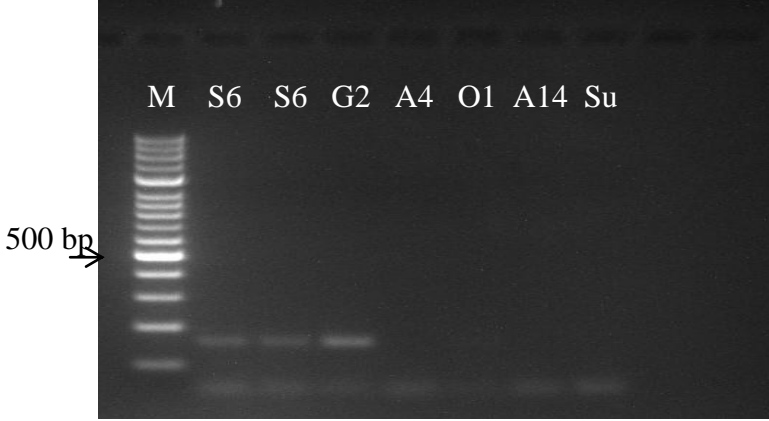


kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar SAS (versiyon 9.00) programı kullanılarak LSD testine ( $P \leq 0,05$ ) göre karşılaştırılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. *M. incognita* S6 İzolatının Moleküler Olarak Tanınması

*M. incognita*'nın moleküler tanınmasında MincF/MincR primerleri kullanılmıştır. *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. ethiopica* türlerine ait izolatlar ise PCR çalışmasında kontrol örneği olarak analize dahil edilmiştir.



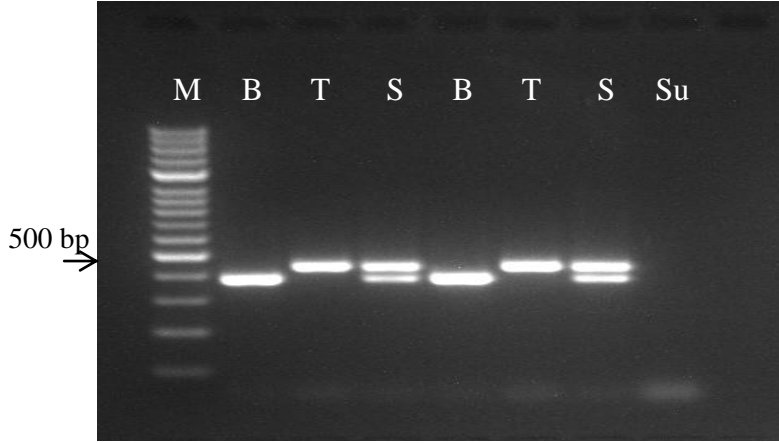
Şekil 4. 1. MincF ve MincR primerleriyle elde edilen PCR ürünleri. M: Moleküler markör (100 bp DNA ladder, GeneAll), S6 ve G2: *M. incognita*, A4: *M. javanica*, O1: *M. arenaria*, A14: *M. ethiopica*

MincF/MincR primer çifti beklenildiği üzere *M. incognita* S6 ve G2 izolatlarına ait ürünler yaklaşık 150 bp uzunluğunda DNA bandı oluşturmuş, diğer türlerde herhangi bir bant oluşmamıştır (Şekil 4.1). Bu sonuçlar S6 popülasyonunun *M. incognita* olduğu doğrulamıştır.

### 4.2. Bitki Materyallerinde *Mi-1* Geninin Belirlenmesi

Denemede kullanılan domates çeşitlerinin *Mi-1* geni taşıyıp-taşımadığı Mi23F/Mi23R primer çifti kullanılarak kontrol edilmiştir (Seah vd 2007b).

Tueza F1, Brownly F1 ve Seval F1 çeşitlerine ait genç yapraklardan izole edilen DNA'lar Mi23F/Mi23R primer çiftleri ile PCR yapılmış ve PCR ürünleri agaroz jelde yürütüldükten sonra fotoğraflanmıştır. Beklendiği üzere duyarlı çeşit Tueza F1'de 430 bp uzunluğunda DNA bandı, homozigot dayanıklı Brownly F1'de 380 bp uzunluğunda DNA bandı, heterozigot dayanıklı Seval F1'de ise 380 ve 430 bp uzunluğunda DNA bandları elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Mi23F ve Mi23R primer çiftiyle elde edilen PCR ürünleri. M: Moleküler markör (100 bp DNA ladder, GeneAll), B: Brownly F<sub>1</sub> (Homozigot dayanıklı), T: Tueza F<sub>1</sub> (Hassas), S: Seval F<sub>1</sub> (Heterozigot dayanıklı)

### 4.3. Yüksek Toprak Sıcaklığının *Mi-1* Genine Etkisinin Belirlenmesi

#### 4.3.1. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyonundan önce yapılan sıcaklık testlemeleri

##### 4.3.1.1. 25°C'de yapılan sıcaklık testlemesi

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri 25°C toprak sıcaklığında denemeye alınmıştır. Bitkilere belirlenen sıcaklık uygulama süreleri sonrasında *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyon yapılmıştır. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülmüş ve yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı değerlendirilmiştir. Sıcaklıkta tutulma süreleri ile yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) arasında bitki çeşitlerinin kendi içinde istatistiksel bir ilişki görülmemiştir. Homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkilerinde ise adı geçen parametreler hassas bitkilere göre istatistiki açıdan önemli düzeyde düşük çıkmıştır (Çizelge 4.1.,4.2.,4.3).

Çizelge 4.1. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 25°C'de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (25°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	83 a	0.6 c	0 d
12	44.4 b	0 d	0.2 cd
24	65.2 a	0.2 cd	0.2 cd
48	70.4 a	0.4 cd	0 d
120	77.8 a	0 d	0 d
168	61.8 a	0.2 cd	0 d

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brownly F1)

LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.2. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 25°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (25°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	148.4 a	4.8 b	0.4 e
12	127.8 a	0.4 e	3.6 b
24	158 a	0.8 de	2 cde
48	136.6 a	2.6 bcd	1.6 bcde
120	168.2 a	2 bcde	1.6 cde
168	95 a	3.4 bc	2 cde

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.3. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 25°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (25°C)		
	100 g toprağındaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	9688 ab	20 cd	0 e
12	8342 ab	18 cde	0 e
24	4372 ab	0 e	0.4 e
48	2350 b	34 c	4 de
120	11442 ab	12 cde	12 cde
168	12964 a	8 de	4 de

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri 28°C toprak sıcaklığında denemeye alınmıştır. Bitkiler belirlenen sıcaklık uygulama süreleri sonrasında *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyon yapılmış ve söküme kadar 25°C’de toprak sıcaklığında tutulmuştur. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülüş ve yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı değerlendirilmiştir. Hassas bitkide sıcaklık uygulama süresi arttıkça yumurta kümesi, ur ve larva sayısında (J2 sayısı/100 g toprak) azalma tespit edilmiştir. Bununla birlikte homozigot ve heterozigot dayanıklı bitkilerde herhangi bir istatistiksel farklılık görülmemiştir. Hassas bitkilerde adı geçen parametreler, dayanıklı bitkilere göre önemli düzeyde yüksek çıkmıştır. Homozigot dayanıklı bitkilerdeki veriler heterozigot bitkilere göre daha düşük tespit edilmiştir (Çiz. 4.4, 4.5, 4.6).

#### 4.3.1.2. 28°C’de yapılan sıcaklık testlemesi

Çizelge 4.4. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 28°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (28°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	76 a	0.2 de	0.2 de
12	65.8 ab	0.6 de	0 e
24	50 c	0.4 de	0 e
48	58.6 ab	1.6 d	0 e
120	40.2 bc	0 e	0 e
168	40.8 abc	0.2 de	0 e

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)

LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.5. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 28°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (28°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	122.4 a	1.2 de	0.2 e
12	127 a	4.8 c	0.4 e
24	87.4 b	3.4 cd	0 e
48	111.2 a	0 e	0.6 e
120	81 ab	1.4 de	0 e
168	89.6 ab	2.2 de	0 e

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)

LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.6. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 28°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayısı

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (28°C)		
	100 g topraktaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	6556 a	0 c	0 c
12	11056 a	16 b	20 bc
24	7548 a	0 c	0 c
48	7834 a	4 bc	4 bc
120	7936 a	4 bc	4 bc
168	3030 a	0 c	4 bc

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)

LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri 30°C toprak sıcaklığında denemeye alınmıştır. Bitkiler belirlenen sıcaklık uygulama süreleri sonrasında *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyon yapılmış ve söküme kadar 25°C’de toprak sıcaklığında tutulmuştur. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülmüş ve

yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayıları/100 g toprak) değerlendirilmiştir. Deneme sonucunda her bitki çeşidinin kendi içinde, sıcaklıkta tutulma süreleri ile yumurta kümesi sayısı ur sayısı ve larva sayısının arasında istatistiksel bir ilişki tespit edilmemiştir. Hassas bitkilerde adı geçen parametreler, dayanıklı bitkilere göre önemli düzeyde yüksek çıkmıştır. Heterozigot ve homozigot dayanıklı bitkilerin dayanıklılık düzeylerinde farklılık saptanmamıştır (Çizelge 4.7., 4.8., 4.9.).

#### 4.3.1.3. 30°C’de yapılan sıcaklık testlemesi

Çizelge 4.7. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 30°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (30°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	46.6 a	0.2 c	0.2 c
12	58 a	0.4 c	0.6 c
24	52.4 a	0.2 c	0.4 c
48	48.8 a	0.4 c	0 c
120	14.6 b	0.4 c	0 c
168	74.4 a	0.8 c	0.4 c

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.8. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 30°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (30°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	149.2 a	2 de	0.2 e
12	89.2 ab	1.8 de	1.2 de
24	106.4 ab	5.6 c	1.4 e
48	86 ab	4 cd	0.6 e
120	66.2 b	1.8 de	1.2 e
168	124 a	1.4 de	1 e

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.9. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 30°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayısı

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (30°C)		
	100 g topraktaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	7126 a	12 def	0 f
12	3678 ab	32 de	8 ef
24	4220 ab	46 d	0 f
48	2930 ab	16 de	0 f
120	1268 b	12 def	0 f
168	1352b	96 c	0 f

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri 32°C toprak sıcaklığında denemeye alınmıştır. Bitkiler belirlenen sıcaklık uygulama süreleri sonrasında *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyon yapılmış ve söküme kadar 25°C’de toprak sıcaklığında tutulmuştur. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülmiş ve yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) değerlendirilmiştir. Deneme sonucunda her bitki çeşidinin kendi içinde, sıcaklıkta tutulma süreleri ile yumurta kümesi sayısı ur sayısı ve larva sayısı arasında istatistiksel bir ilişki tespit edilmemiştir. Hassas bitkilerde adı geçen parametreler dayanıklı bitkilerde istatistiki olarak önemli düzeyde yüksek çıkmıştır. Dayanıklı bitkilerde *Mi-1* genotipine bağlı enfeksiyon şiddetinde farklılık saptanmamıştır (Çizelge 4.10., 4.11., 4.12.).

#### 4.3.1.4. 32°C’de yapılan sıcaklık testlemesi

Çizelge 4.10. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 32°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (32°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	42.8 a	0 b	0.4 b
12	48.2 a	0 b	0 b
24	50.4 a	0 b	0 b
48	54.2 a	0.2 b	1 b
120	57.4 a	0.4 b	0.2 b
168	54.5 a	0 b	0 b

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.11. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 32°C’de tutulan bitkilerin köklerindeki ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (32°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	81.8 a	0.6 de	1.2 cd
12	124.8 a	4.6 b	0.4 de
24	98.6 a	4.4 b	0.6 de
48	126.2 a	3.2 bc	1.2 cd
120	125.4 a	0 e	0.4 de
168	79.5 a	1.2 cde	0 e

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler P≤0,05 göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.12. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce 32°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayısı

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (32°C)		
	100 g topraktaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	2636 ab	4 de	0 e
12	3908 ab	12 d	4 de
24	4128 ab	0 e	8 de
48	1132 b	0 e	8 de
120	5088 ab	44 c	0 e
168	7915 a	4 de	0 e

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler P≤0,05 göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

#### 4.3.2. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyonundan sonra yapılan sıcaklık testlemeleri

##### 4.3.2.1. 25°C’de yapılan sıcaklık testlemesi

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri *M. incognita* S6 izolatıyla belirlenen sıcaklık uygulama süreleri sonrasında inokule edildikten sonra 25°C toprak sıcaklığında denemeye alınmıştır. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülüş ve yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) değerlendirilmiştir. Deneme sonucunda adı geçen parametreler açısından en yüksek değerler hassas domates çeşidinde çıkmıştır. Heterozigot ve homozigot dayanıklı domates çeşitlerindeki yumurta kümesi ve larva sayısında istatistikî olarak önemli bir fark görülmemiştir. Homozigot çeşitteki ur sayısı, heterozigot dayanıklı çeşide göre istatistiksel açıdan önemli derecede düşük çıkmıştır (Çizelge 4.13., 4.14., 4.15.).



Çizelge 4.13. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra 25°C'de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi	Saksı Toprak Sıcaklığı (25°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
<b>Sürekli</b>	84.4 a	0 b	0 b

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.14. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra 25°C'de tutulan bitkilerin ur sayıları

Uygulama süresi	Saksı Toprak Sıcaklığı (25°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
<b>Sürekli</b>	168.2 a	2 b	0 c

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.15. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra 25°C'de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları

Uygulama süresi	Saksı Toprak Sıcaklığı (25°C)		
	100 g topraktaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
<b>Sürekli</b>	6314 a	12 b	24 b

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri *M. incognita* S6 izolatıyla 28°C toprak sıcaklığında inokule edildikten sonra belirlenen tutulma süreleri sonunda 25°C'ye alınmıştır. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülüş ve yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) değerlendirilmiştir. Sıcaklıkta tutulma süresi hassas bitkilerde adı geçen parametreler üzerinde istatistikî bir farklılık oluşturmamıştır. Heterozigot ve homozigot dayanıklı bitkilerde birkaç yumurta kümesi ve ur görülmüştür. Ayrıca dayanıklı bitkilerdeki verilerde uygulama süresiyle ilişkilendirilemeyen bir dalgalanma tespit edilmiştir (Çizelge 4.16., 4.17., 4.18).

## 4.3.2.2. 28°C’de yapılan sıcaklık testlemesi

Çizelge 4.16. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 28°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (28°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	54.2 a	0.7 b	0 c
12	47.5 a	0.5 bc	0.2 bc
24	62.7 a	0 c	0 c
48	57.5 a	1 bc	0.2 bc
120	51.5 a	0 c	0 c
168	45.5 a	0.5 bc	0.5 bc

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler P≤0,05 göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.17. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 28°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (28°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	81 a	3.2 bcd	0 f
12	66.2 a	1 ef	1.5 cde
24	71 a	3 bcd	0.7 ef
48	75.5 a	4.5 bc	1 ef
120	69.5 a	2.5 cde	2 cde
168	63.2 a	5 b	1.2 de

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler P≤0,05 göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.18. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 28°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (28°C)		
	100 g toprağındaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	17102.5 a	100 bc	45 bcde
12	8225 a	60 bcd	15 ef
24	5152.5 a	87.5 cdef	5 f
48	8060 a	130 b	20 ef
120	8297.5 a	130 b	55 bcde
168	9160 a	35 def	15 f

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler P≤0,05 göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri *M. incognita* S6 izolatıyla 30°C toprak sıcaklığında inokule edildikten sonra belirlenen tutulma süreleri sonunda 25°C’ye alınmıştır. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülmiş ve yumurta

kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) değerlendirilmiştir. Sıcaklıkta tutulma süresi hassas bitkilerde adı geçen parametreler üzerinde istatistikî bir farklılık oluşturmamıştır. 30°C toprak sıcaklığında 6, 12, 24 ve 48 saat tutulan heterozigot ve homozigot bitkilerden elde edilen bu verilerde istatistiki bir fark görülmezken, 120 ve 168 saat tutulan bitkilerde düşük olmakla birlikte istatistiki artış gözlenmiştir (Çizelge 4.19., 4.20., 4.21.).

#### 4.3.2.3. 30°C’de yapılan sıcaklık testlemesi

Çizelge 4.19. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 30°C’de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (30°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	89.2 a	0.6 de	0 e
12	77.4 a	0.2 e	0 e
24	74.4 a	0.2 e	0 e
48	78.4 a	0.2 e	0 e
120	78.6 a	1.6 cd	4.8 b
168	58.2 a	2.8 c	0.6 de

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.20. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 30°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (30°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	158.6 a	3 bcde	1 fgh
12	138.6 a	3.6 bcd	0.4 gh
24	153.2 a	1.4 defg	0.6 gh
48	157 a	1.2 efgh	0.2 h
120	138.2 a	4.6 bc	5.2 b
168	126 a	4 bc	2 cdef

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.21. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 30°C'de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (30°C)		
	100g topraktaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	2404 a	26 c	0 d
12	6290 a	8 cd	0 d
24	5542 a	20 c	0 d
48	4954 a	12 cd	4 cd
120	2752 a	240 b	174 b
168	3056 a	364 b	20 cd

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Hassas, homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkileri *M. incognita* S6 izolatıyla 32°C toprak sıcaklığında inokule edildikten sonra belirlenen tutulma süreleri sonunda 25°C'ye alınmıştır. İnokulasyondan 8 hafta sonra bitkiler sökülüş ve yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) değerlendirilmiştir. Hassas bitkilerde; yumurta kümesi ve larva sayısında dalgalanma görülürken, ur sayısında dalgalanma görülmemiştir. 24 saatten daha fazla 32°C toprak sıcaklığında tutulan heterozigot ve homozigot dayanıklı bitkilerden elde edilen verilerde ciddi bir artış gözlenmiştir. 32°C toprak sıcaklığında 168 saat tutulan heterozigot çeşitteki yumurta kümesi sayısı, 24 saat tutulan bitkilerdeki yumurta kümesi sayısının 17 katı, homozigot çeşitte ise 18 katı olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.22.,4.23.,4.23.).

#### 4.3.2.4. 32°C'de yapılan sıcaklık testlemesi

Çizelge 4.22. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 32°C'de tutulan bitkilerin yumurta kümesi sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (32°C)		
	Yumurta kümesi sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	71.2 a	0.4 h	0.2 h
12	109.4 a	0.4 h	0.2 h
24	73.6 ab	2.4 g	1.2 h
48	88.4 a	16.2 f	19.8 ef
120	35.8 d	33.2 de	39.6 cd
168	63.4 abc	41.4 bcd	22.2 def

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.23. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerin ur sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (32°C)		
	Ur sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	108.2 a	0.8 hı	1.4 hı
12	129.8 a	1 hı	0.8 ı
24	131.2 a	4 g	2 h
48	132.8 a	17.4 f	18 ef
120	94 ab	56.2 bc	39.4 dc
168	101.2 a	37.6 cd	26.6 de

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.24. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan sonra belirtilen sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerin 100 g toprağındaki J2 sayıları

Uygulama süresi (saat)	Saksı Toprak Sıcaklığı (32°C)		
	100 g topraktaki J2 sayısı		
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	12752 ab	70 gh	4 j
12	27496.6 a	394 hi	16 ij
24	15518 ab	338 fg	74 ij
48	9272.2 abc	2788 bcde	864 ef
120	5642 abcd	3862 abcde	1522 cdef
168	7592 ij	4720 abcde	1050 def

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)  
LSD testine göre tablo içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Her bir bitkinin saksı topraklarından elde edilen J2’ler sayılmış ve dayanıklılığın kırıldığı 32°C için Rf: Pf/Pi oranı kullanarak analiz edilmiştir (Ferris 1985, Devran vd 2010). *M. incognita* inokulasyondan önce 32°C’de ve *M. incognita* inokulasyondan sonra 32°C’de yürütülen denemelere ait Pf/Pi oranları hesaplanmıştır. Her iki inokulasyon şeklinde yürütülen denemelerde de hassas çeşitteki Pf/Pi değeri 1’in üzerinde çıkmıştır. İnokulasyondan önce 32°C’de testlenen, heterozigot ve homozigot dayanıklı çeşitlerdeki Pf/Pi değerinin 0’a yakın olduğu tespit edilmiştir. *M. incognita* inokulasyonundan sonra testlenen heterozigot dayanıklı domates bitkilerinde 48 saatten, homozigot dayanıklı bitkilerde ise 120 saatten daha fazla sürelerde 32°C’de tutulan bitkilerde, Pf/Pi değerinin 1’in üzerine çıktığı tespit edilmiştir. *M. incognita* ile inokulasyondan sonra testlenen heterozigot dayanıklı bitkilerdeki Pf/Pi değerleri, homozigot çeşitteki değerlere göre daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.25. *M. incognita* S6 izolatıyla inokulasyondan önce ve sonra belirtilen sürelerde 32°C toprak sıcaklığında tutulan bitkilerin Pf/Pi değerleri

Uygulama süresi (saat)	İnokulasyonda önce 32°C			İnokulasyondan sonra 32°C		
	Pf/Pi					
	<i>mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>	<i>Mimi</i>	<i>Mimi</i>	<i>MiMi</i>
6	2.636 c	0.004 e	0 e	12.752 abc	0.070 ij	0.004 j
12	3.908 b	0.012 e	0.004 e	27.496 a	0.394 hij	0.016 ij
24	4.128 b	0 e	0.008 e	15.518 ab	0.338 hij	0.074 ij
48	1.122 d	0 e	0.008 e	9.272 bcd	2.788 efg	0.864 ghij
120	5.088 b	0.044 e	0 e	5.642 cde	3.862 def	1.522 fgh
168	7.915 a	0.004 e	0 e	7.592 bcd	4.720 def	1.050 ghi

*mimi*: Hassas (Tueza F1), *Mimi*: Heterozigot dayanıklı (Seval F1), *MiMi*: Homozigot dayanıklı (Brown F1)

LSD testine göre aynı inokulasyon yöntemi tablosu içerisinde aynı harflere sahip değerler  $P \leq 0,05$  göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Testlemeler sonucunda *M. incognita* ile inokulasyondan önce 25°C, 28°C, 30°C ve 32°C toprak sıcaklığına tabi tutulan domates bitkilerinde dayanıklılığın kırılmadığı görülmüştür. Hassas ve dayanıklı bitkilerde 4 farklı sıcaklığın uygulama süreleri ile yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) arasında istatistiksel açıdan ilişki kurulamamıştır. *M. incognita* ile inokulasyondan önce farklı toprak sıcaklıklarına maruz bırakılan heterozigot ve homozigot dayanıklı domates bitkilerinde ur sayısı 0-5,6 bulunmuştur. *M. incognita* ile inokulasyondan önce yapılan bütün sıcaklık testlemelerinde Pf/Pi değeri 1'den küçük çıkmıştır.

Bitkilerin 25°C, 28°C ve 30°C toprak sıcaklığına ulaştığı anda *M. incognita* ile inokule edilip belirtilen sürelerde bu sıcaklara maruz kalması durumunda dayanıklılığın kırılmadığı görülmüştür. Ancak *M. incognita* ile inokulasyondan sonra 30°C toprak sıcaklığında 120 ve 168 saat tutulan bitkilerde ur sayısı, yumurta kümesi sayısı ve larva sayısında (J2 sayısı/100 gr toprak) artış görülmüştür. Buna rağmen Pf/Pi değeri 1'in altında kalmıştır.

Toprak sıcaklığı 32°C'ye ulaştığında *M. incognita* ile inokulasyonundan sonra 6 ve 12 saat boyunca 32°C'de tutulan homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkilerindeki yumurta kümesi sayısında herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Ancak 24 saat tutulan homozigot ve heterozigot dayanıklı bitkilerdeki yumurta kümesi sayısı, 6 ve 12 saat tutulan bitkilerin 6 katı çıkmıştır. 48 saat ve daha fazla tutulan bitkilerdeki bu parametrelerde daha fazla artış gözlenmiştir. Heterozigot bitkilerin 32°C toprak sıcaklığında, 48 saat ve daha fazla tutulmasında; homozigot bitkilerde ise aynı toprak sıcaklığında 120 ve 168 saat tutulmasında Pf/Pi değeri 1'den fazla çıkmıştır. 32°C toprak sıcaklığında 168 saat tutulan dayanıklı bitkilerdeki yumurta kümesi sayısı, 6 saat tutulan dayanıklı bitkilerin yumurta kümesi sayısının 100 katı olarak belirlenmiştir.

## 5. TARTIŞMA

Polifag bir zararlı olan *Meloidogyne* spp. konukçusunun köklerinde beslenerek urlara neden olur. Urlu kökler, su ve besin maddelerinin bitkinin üst aksamına taşınımını engellemektedir. Kök-ur nematodlarına karşı mücadelede dayanıklı çeşit kullanımı yaygın yöntemlerden biridir. Domateste kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık sağlayan *Mi-1* geni, *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* türlerine karşı koruma sağlamaktadır (Roberts ve Thomason 1986). Bununla birlikte *Mi-1* geninin yüksek toprak sıcaklarında etkisini kaybettiği bildirilmektedir (Dropkin 1969a).

*Mi-1* geninin toprak sıcaklığıyla ilişkisi konusunda yapılmış çalışmalara bakıldığında; sıcaklık testlemelerinin genellikle kök-ur nematod inokulasyondan sonra yapıldığı (Dropkin 1969a, Araujo vd 1982a, Araujo vd 1982b, Haroon vd 1993, Abdul-Baki vd 1996), bazı çalışmalarda ise sıcaklık testlemelerinin kök-ur nematod inokulasyondan önce yapıldığı görülmektedir (Zacheo vd.1995, Carvelho vd. 2015). Bu durum çalışmalardan elde edilen farklı sonuçların karşılaştırılarak tartışılmasını zorlaştırmaktadır. Yaptığımız çalışmada her iki inokulasyon durumunda da sıcaklık testlemesi yapılarak daha doğru sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır.

Bitkilerin inokulasyonundan önce ve sonra yapılan tüm sıcaklık testlemelerinde hassas domates çeşitindeki değerlendirme parametreleri, heterozigot ve homozigot domates çeşitlerindeki parametrelerden daha önemli derecede yüksek gözlenmiştir. Dayanıklılığın kırılmaya başladığı *M. incognita* inokulasyonundan sonra 32°C toprak sıcaklığında 48 saat ve daha fazla tutulan dayanıklı bitkilerde dahi; yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) hassas bitkilerdeki sayılardan daha düşük çıkmıştır. Araujo vd 1982b yapmış olduğu çalışmada yüksek toprak sıcaklığında tutulup *Mi-1* geninin kırıldığı dayanıklı bitkilerde, inokulasyon miktarı arttıkça yumurta kümesi sayısının hassas bitkilerdeki yumurta sayısı ile aynı düzeye çıktığını gözlemlemiştir. Yapılan bu çalışmada her testlemede aynı miktar J2 verdiğimiz için inokulum yoğunluğunun değişimi konusunda bir veri elde edilmemiştir. Fakat farklı sıcaklık koşullarında duyarlı bitkilerde oluşan yumurta kümesi, ur sayısı ve larva sayıları heterozigot ve homozigot çeşitlere göre fazla bulunmuştur. Bununla birlikte dayanıklılığın kırılmaya başladığı 32°C toprak sıcaklığında heterozigot ve homozigot domates çeşitlerinin verdikleri tepkiler aynı düzeyde kalmıştır.

Dayanıklılığın kırılmaya başladığı *M. incognita* inokulasyondan sonra 32°C sıcaklık uygulaması hariç diğer testlemelerdeki *Mi-1* geni bulunan bitkilerde, dayanıklılığın kırılmamasına rağmen birkaç yumurta kümesi ve ur görülmüştür. Bunun nedeni *Mi-1* geninin kök-ur nematodlarına karşı “immunité” sağlamamasıdır. *Mi-1* geni taşıyan başka domates çeşit ve genotipleri ile yapılan kök-ur nematod testleme çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Jacquet vd 2005, Devran vd 2010, Maleita vd 2012).

Deneme içindeki testlemeler farklı zamanlarda gerçekleşmiştir. Buda fidelerin dönemleri arasında farklılıklara neden olmuştur. Fide yetiştirilme süreci içinde bitki gelişimindeki farklılıklar deneme sonucunu önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir (Mıstanoğlu vd 2016). Bu sebeple, yaptığımız çalışmada farklı sıcaklıklardan elde edilen sonuçları karşılaştırmak yanıltıcı olabileceğinden dolayı her sıcaklıktaki sonuçlar, uygulama süreleri ve çeşitler açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Dropkin (1969a), doku kültürü ortamında *M. incognita* ile inokulasyondan sonra 28°C'nin üzerinde dayanıklılığın kırılmaya başladığını bildirmiştir. Ancak bu testlemelerde dayanıklılık 32°C'de kırılmaya başlamıştır. Dropkin (1969a) ayrıca, iki günlük kritik süreyi düşük sıcaklıkta (28°C) geçiren dayanıklı domatesin 32°C'ye maruz bırakıldığında dayanıklılığın kırılmadığını tespit etmiştir. Ancak bu sonucun tersine Araujo vd (1982a) ise en çok yumurta kümesine öncelikle 3 gün 25°C'de daha sonra 27 gün ise 32,5°C'de tutulan dayanıklı bitkide bulunduğunu bildirmiştir. İki çalışmadaki farklılıklar çalışmaların sürelerine ve Araujo vd (1982a)'nin saksı denemesi yürütmüş olmasından dolayı uygulama farklılığına bağlanabileceği düşünülmektedir.

Araujo vd (1982b), 32,5°C toprak sıcaklığında 20, 100 ve 200 adet *M. incognita* J2 verildiğinde dayanıklı çeşiddeki yumurta kümesinin hassas çeşitten daha düşük çıktığını, 1000 ve 2000 adet J2 verildiğinde ise hassas ve dayanıklı çeşitteki yumurta kümesi sayısı aynı düzeyde çıktığını tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise 32°C toprak sıcaklığında 1000 adet *M. incognita* J2 ile bulaştırılan dayanıklı çeşitlerdeki yumurta kümesi sayısı, hassas domates çeşitinden daha düşük çıkmıştır. İki çalışma arasındaki farklı sonucun Araujo vd (1982b)'nin 28 gün boyunca yüksek toprak sıcaklığında tutarken, yapılan bu çalışmada bitkilerin en fazla 7 gün yüksek sıcaklıkta tutulmasından kaynaklandığını düşünülmektedir.

Doku kültürü ortamında yürütülen bir diğer çalışmada 37°C ve 40°C'de dahi dayanıklı bitkide nematod gelişimini, hassas bitkilerdeki tüm sıcaklıklarda gözlenen nematod gelişiminden daha az bulmuşlardır (Haroon vd 1993). Bu sonuç bizim bulgularımızla paralellik göstermiştir. Haroon vd (1993), 33°C'de dayanıklı bitkilerde farklılaşmanın başladığını bildirirken, yine doku kültürü ortamında farklı *Mi-1* gene taşıyan dayanıklı genotipleri kullanarak yapılan benzer bir çalışmada Abdul-Baki vd (1996) farklılaşmanın 34°C'de başladığını 37°C'de ise dayanıklılığın tam olarak ortadan kalktığını ve heterozigot ve homozigot çeşitlerde dayanıklılığın eşit şekilde etkilendiğini göstermiştir. Bu çalışmada da heterozigot ve homozigot dayanıklı domates çeşitlerinde dayanıklılığın Abdul-Baki vd (1996) sonuçlarıyla paralellik göstermiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkilerinin *M. incognita* ile inokulasyondan önce yüksek toprak sıcaklığına (32°C) maruz bırakmanın dayanıklılık üzerinde olumsuz herhangi bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde saksı denemelerinde yürütülen iki farklı çalışmada inokulasyondan önce uygulanan yüksek toprak sıcaklığının dayanıklılığın kırılmasına sebep olduğunu gözlemlenmiştir (Zacheo vd.1995, Carvelho vd. 2015) Zacheo vd (1995)'in toprak sıcaklığının düşmesini beklemeden bitkilere kök-ur nematod inokulasyonunun yapmış olmasının farklılığın sebebi olabileceği düşünülmektedir. Carvelho vd (2015) ise, bu konuda yapılmış tüm çalışmalardan farklı olarak testlemelerinde 35°C ortam sıcaklığı kullanmış ve sıcaklığı gün ortasında yalnızca 3 saat uygulamıştır. Carvelho vd (2015)'nin kullanmış olduğu yöntemde, 3 saat için ortam sıcaklığını 35°C'ye yükseltmesinin toprak sıcaklığı üzerinde nasıl bir etkisi olacağı çalışmada tam olarak belirtilmemiştir. Bizim denememizde ~2 m<sup>2</sup>'lik tam izolasyonlu bitki yetiştirme kabini ortam ısısını artırarak toprak ısının 32°C'ye ulaşmasını sağlamamız yaklaşık 2.5 saat sürmüştür. Bu nedenle Carvelho vd (2015)'nin bölmelere ayırdığı serada 3 saat 35°C ortam sıcaklığı kullanarak toprak ısısını ne düzeye getirebildiğini ve yükselmiş toprak ısısının ne kadar süre sonra tekrar düştüğünü belirtmediği için çalışma sonuçlarının karşılaştırılmasını güçleştirmiştir.



Yüksek toprak sıcaklığında *Mi-1* geninin tepkisini belirlemek için yapılmış çalışmalara bakıldığında, testlemelerde farklı yöntemlerin kullanıldığı ve bazı çalışmalarda birbiriyle çelişen sonuçların bulunduğu görülmektedir. Laboratuvar ortamında kontrollü koşullarda yapılan denemelerin yanı sıra arazide kontrolsüz koşullarda sıcaklık takibi yapılarak yürütülen çalışmalarda da farklı sonuçlar elde edilmiştir (Cortada vd 2008, Verdejo-Lucas vd 2013). Bu farklılıklar arazideki toprak sıcaklığının nematod enfeksiyonundan ne kadar süre sonra yükseldiğinin ve toprak sıcaklığının ne kadar süre boyunca yüksek kaldığı sorularının dayanıklılığın kırılmasında önemli rol oynadığını göstermektedir. İnokulasyondan sonraki ilk hafta boyunca toprak sıcaklığındaki yükselmenin dayanıklılık açısından daha önemli olduğu belirtilmiştir (Cortada vd 2008).

Yapılan bu çalışmada elde edilen yeni bulguların bu alandaki çalışmalara yeni bakış açısı getireceğini ve bu konuda daha önce yapılmış çalışmalardaki bilgi farklılıklarının yorumlanmasına katkı sağlayacağını düşünülmektedir.

## 6. SONUÇ

Domates, dünyada yetiştiriciliği yapılan en önemli sebzelerden biridir. Anavatanı Güney Amerika olmakla birlikte, günümüzde dünyanın hemen hemen tüm bölgelerinde tarımı yapılmaktadır. Domateste verim kaybına neden olan birçok zararlı ve hastalık bulunmaktadır. Endoparazit olarak beslenen kök-ur nematodları domateste ciddi zararlanmalara yol açmaktadır (Bleve-Zacheo vd 2007). Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) tüm dünyaya yayılmış olup geniş bir konukçu dizisine sahiptir (Karssen ve Moens 2006). Kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık ilk kez domatesin yabani türlerinden olan *Solanum peruvianum*'da bulunmuştur (Bailey 1941). Günümüzde ticari olarak geliştirilen kök-ur nematodlarına dayanıklı çeşitler *Mi-1* genini taşımaktadır (Yaghoobi vd 2005). Fakat yüksek toprak sıcaklığı ve virulent populasyonlar, bu genin kullanımını sınırlandırmaktadır (Cortada vd 2008, Kaloshian vd 1996, Devran ve Söğüt 2010).

Yüksek toprak sıcaklığının *Mi-1* genine etkisini belirlemek amacıyla yapılmış olunan bu çalışmanın sonucunda dayanıklı bitkilerin 1000 adet *M. incognita* J2 inokulasyonundan önce yüksek toprak sıcaklığına maruz kalmasının *Mi-1* geninin kırılması üzerine olumsuz bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte *M. incognita* inokulasyondan önce uygulanan 4 farklı toprak sıcaklığında (25°C, 28°C, 30°C ve 32°C) heterozigot ve homozigot dayanıklı bitkilerdeki yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısı (J2 sayısı/100 g toprak) hassas bitkilerdeki sayılardan daha düşük çıkmıştır. Sıcaklık uygulama süresinin değerlendirme parametreleri üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir.

Homozigot ve heterozigot dayanıklı domates bitkilerinin her birinin 1000 adet *M. incognita* J2 ile inokulasyondan sonra 25°C, 28°C ve 30°C toprak sıcaklığında yürütülen testlemelerde dayanıklılığın kırılmadığı görülmüştür. Ancak *M. incognita* inokulasyondan sonra 30°C toprak sıcaklığında 120 ve 168 saat tutulan bitkilerde ur sayısı, yumurta kümesi sayısı ve larva sayısında (J2 sayısı/100 g toprak) küçük bir artış görülmüştür. Buna rağmen Pf/Pi değeri 1'in altında bulunmuştur.

Homozigot ve heterozigot dayanıklı bitkilerin her birinin 1000 adet *M. incognita* J2 ile inokulasyondan sonra 32°C toprak sıcaklığında 6 ve 12 saat tutulması sonucu bitkilerin köklerinde oluşan yumurta kümesi sayılarında herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Ancak 1000 adet *M. incognita* J2 ile inokulasyondan sonra 32°C toprak sıcaklığında 24 saat tutulan homozigot ve heterozigot dayanıklı bitkilerin köklerindeki yumurta kümesi sayısında istatistikî olarak önemli bir miktar artış görülmeye başlamıştır. 48 saat ve daha fazla tutulan bitkilerin köklerinde yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısının (J2 sayısı/100 g toprak) daha fazla arttığı gözlenmiştir. Heterozigot dayanıklı bitkilerin 32°C toprak sıcaklığında 48 saat ve daha fazla tutulmasında ve homozigot dayanıklı bitkilerde ise 120 ve 168 saat tutulmasında Pf/Pi değeri 1'den fazla çıkmıştır. 32°C toprak sıcaklığında 168 saat tutulan dayanıklı bitkilerdeki yumurta kümesi sayısı 6 saat tutulan dayanıklı bitkilerin yumurta kümesi sayısının 100 katı olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak 1000 adet *M. incognita* ikinci dönem larvası inokulasyondan sonra 32°C toprak sıcaklığında 48 saat tutulan bitkilerde dayanıklılık kırılmaya başlamıştır. Heterozigot ve homozigot çeşitlerin kök-ur nematoduna verdiği tepkiler arasında farklılık görülmemiştir. *M. incognita* ile inokulasyon sonucu, *Mi-1* geni taşıyan

homozigot ve heterozigot dayanıklı çeşitlerin köklerindeki yumurta kümesi sayısı, ur sayısı ve larva sayısının (J2 sayısı/100 g toprak) hassas çeşidin altında kaldığı görülmüştür.

Sıcak iklime sahip bölgelerde toprak sıcaklığının yüksek değerlere ulaştığı bilinmektedir (Cortada vd 2008). Yürütülen bu tez çalışması süresince Antalya ili Aksu ilçesinde bulunan Multi Tohum'a ait fidelik ve seralarda yapılan sıcaklık ölçümlerinde toprak sıcaklığının 32°C üzerine çıktığı belirlenmiştir (yayınlanmamış veri). Bu nedenle *Mi-1* geninin yüksek toprak sıcaklığındaki tepkisinin bilinmesi sıcak iklime sahip bölgelerde büyük önem taşımakta ve genin daha etkin kullanılmasına imkan vermektedir. İnokulasyondan önce yüksek toprak sıcaklığına maruz kalan bitkilerde *Mi-1* geninin sağlamış olduğu dayanıklılığın bazı durumlarda kırılabilirdiği bildirilmektedir (Zacheo vd 1995, Carvelho vd 2015). Bu bilgi fideliklerde henüz nematod bulaşmamış, yetiştirilme veya fidelerin nakliyesi esnasında yüksek sıcaklığa maruz kalmış *Mi-1* taşıyan bitkilerdeki dayanıklılığın durumu açısından önemli görülmüştür. Bu amaçla nematod inokulasyonundan önce yapılan sıcaklık denemelerinde dayanıklılığın kırılmadığı gözlemlenmiştir. Toprak sıcaklığı 32°C'ye ulaştığında *M. incognita* ile inokulasyonundan sonra 48 saat ve daha fazla sürelerde 32°C'de tutulan bitkilerde dayanıklılığın kırıldığı tespit edilmiştir.

Elde edilen verilere göre nematodun ilk enfeksiyonundan sonra ki yedi günlük sürenin, dayanıklılığın etkinliği açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir. Sıcak iklime sahip bölgelerde, dikim programının sıcaklığa bağlı olarak planlanması *Mi-1* geni taşıyan domates çeşitlerinin kök-ur nematodlarına karşı sağladığı dayanıklılığın başarısı açısından önemli olacaktır. Çalışma sonuçlarının sıcak iklimlerde *Mi-1* geni taşıyan domates yetiştiriciliği yapan üreticilere ve fide üretimi yapan fideliklere yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKLAR**

- ABAD, P. and WILLIAMSON, V.M. 2010. Plant nematode interaction: a sophisticated dialogue. *Advances in Botanical Research*, 53: 147-192.
- ABAD, P., FAVERY, 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 (4): 217–224.
- ABDUL-BAKI, A.A., HAROON, S.A. and CHITWOOD, D.J. 1996. Temperature effects on resistance to *Meloidogyne* spp. in excised tomato roots. *Hort Science*, 31: 147-149.
- AĞDACI, M. 1978. Güney Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen kabakgillerde (*Cucurbitaceous*) zarar yapan kök-ur nematodu türleri (*Meloidogyne* spp.)'nin tespiti ile zarar oranları ve yayılışları üzerine araştırmalar. *Adana Bölge Zir. Müc. Araş. Ens. Md. Teknik Bülten*, No: 47.
- AKYAZI, F. ve ECEVİT, O. 2011. Tokat İli sebze alanlarındaki kök-ur nematod (*Meloidogyne* spp.)'lerinin yayılışları ve tür tespiti. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*. 26(1):1-9.
- ALKAN, B. 1962. Türkiye'nin Zararlı Nematod Faunası Üzerinde İlk İncelemeler. *Bitki Koruma Bülteni*, 2 (12):17–25.
- AMMATI, M., THOMASON, I.J. and MCKINEY, H.E. 1986. Retention of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon* genotypes at high soil temperature. *Journal of Nematology*, 18: 491 –495.
- AMMIRAJU, J.S., VEREMIS, J.C., HUANG, X. ROBERTS, P.A. and KALOSHIAN, I. 2003. The heat-stable root-knot nematode resistance gene *Mi-9* from *Lycopersicon peruvianum* localized on the short arm of chromosome 6. *Theoretical and Applied Genetics*, 106: 478–484.
- ANONYMOUS, 2016. The USDA Nematode Collection. <https://agresearchmag.ars.usda.gov/2016/may/nematode/>. [Son erişim tarihi: 10.11.2016]
- APEL, K. and HIRT, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55: 373-399.
- ARAUJO, M.T., BASSETT, M.J., AUGUSTINE, J.J. and DICKSON, D.W. 1982a. Effects of the temperature and duration of the initial incubation period on resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. *Journal of Nematology*, 14(3): 411-413.

- ARAUJO, M.T., DICKSON, D.W., AUGUSTINE, J.J. and BASSETT, M.J. 1982b. Optimum initial inoculum levels for evaluation of resistance in tomato to *Meloidogyne* spp. at two different soil temperatures. *Journal of Nematology*,14(4): 536-540.
- AYDINLI, G., MENNAN, S., DEVRAN, Z., ŞİRCA, S. and UREK, G. 2013. First report of the root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica* on tomato and cucumber in Turkey. *Plant Disease*, 97(9): 1262-1262.
- BAILEY, D.M. 1941. The seedling method for root-knot nematode resistance. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 38: 573-575.
- BHATTARAI K.K., XIE,Q.-G., MANTELIN, S., BISHNOI, U., GIRKE, T., NAVARRE, D.A. and KALOSHIAN, I. 2008. Tomato susceptibility to root-knot nematodes requires an intact jasmonic acid signaling pathway. *Molecular Plant Microbe Interact.*, 21: 1205–1214.
- BIRD, A.F. 1967. Changes associated with parasitism in nematodes. I. Morphology and physiology of preparasitic and parasitic larvae of *Meloidogyne javanica*. *The Journal of Parasitology*, 768-776.
- 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. and MELILLO, M.T. 1997. The biology of giant cells. In: F. Grundler, S. Ohl, C. Fenoll (Editors), *Cellular and Molecular Basis of Plant-Nematode Interactions* Kluwer Academic Publishers, pp. 65-79, Dordrech.
- 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.
- BORA, A. 1970. Karadeniz Bölgesi Bitki Parazit Nematodlarının Tür ve Yayılış Alanlarının Tesbiti ve İlaçlı Mücadele İmkânları Üzerinde Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 10 (1): 53–71.
- BOSWELL, V.R. 1937. Improvement and genetics of tomatoes, peppers and eggplant. *Yearbook of the United States Department of Agriculture*, 177-206.
- CAILLAUD, M.C., LECOMTE, P., JAMMES, F., QUENTIN, M., PAGNOTTA, S., ANDRIO, E., ENGLER, J.D.A., MARFAING, N., GOUNON, P., ABAD, P. and FAVERY, B. 2008. MAP65-3 microtubule-associated protein is essential for nematode-induced giant cell ontogenesis in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 20 (2), 423-437.

- CANALS, J., PINOCHET, J. and FELIPE, A. 1992. Temperature and age of plant affect resistance in peach-almond hybrid rootstock infected with *Meloidogyne javanica*. *HortScience*, 27.11: 1211-1213.
- CAP, G.B., ROBERTS, P.A. and THOMASON, I.J. 1993. Inheritance of heat-stable resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon peruvianum* and its relationship to the *Mi* gene. *Theoretical and Applied Genetics*, 85: 777-783.
- CARTER, W.W. 1982. Influence of soil temperature on *Meloidogyne incognita* resistant and susceptible cotton, *Gossypium hirsutum*. *Journal of Nematology*, 14(3), 343.
- CARVALHO, M.D., BENDAND, L., VAUGHAN, M.M, CABRERA, A.R., HUNG, K., COX, T., ABDO, Z., ALLEN, L.H., TEAL, P.E.A. 2015. *Mi-1*-Mediated Nematode Resistance in Tomatoes is Broken by Short-Term Heat Stress but Recovers Over Time. *Journal of Nematology*, 47: 133-140.
- CASTAGNONE-SERENO, P., 1994. Genetics of *Meloidogyne* virulence against resistance genes from Solanaceous crop,”. In: F. Lamberti, C. De Giorgi, D. McK. Bird (Editors), *Advances in Molecular Plant Nematology* Plenum Press, pp. 261–276, NY.
- COLLANGE, B., NAVARRETE, M., PEYRE, G., MATEILLE, T. and TCHAMITCHIAN, M. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection*, 30 (10), 1251-1262.
- CORTADA, L., SORRIBAS, F. J., ORNAT, C., KALOSHIAN, I. and VERDEJO-LUCAS, S. 2008. Variability in infection and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato rootstocks with the *Mi* resistance gene. *Plant Pathology*, 57(6), 1125-1135.
- CURTIS R.H.C. 2007. Plant parasitic nematode proteins and host-parasite interaction, *Briefings in Functional Genomics and Proteomics*, 6 (1): 50-58.
- DARWIN, S.C., KNAPP, S. and PERALTA, I.E. 2003. Taxonomy of tomatoes in the Galápagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*, 1 (1): 29-53.
- DECRAEMER, W. and HUNT, D.J. 2006. Taxonomy and principal genera. In: R.N. Perry, M. Moens (Editors), *Plant Nematology*. British Library, pp. 3-32, London.
- DEVİRAN, Z. and SÖĞÜT, M.A. 2009. Distribution and identification of root-knot nematodes from Turkey. *Journal of nematology*, 41(2): 128-133.

- DEVİRAN, 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.
- DEVİRAN, Z. and SÖĞÜT, M.A. 2011. Characterizing races of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* in the West Mediterranean region of Turkey. *Crop Protection*, 30(4), 451-455.
- DEVİRAN, Z. and SÖĞÜT, M.A. 2014. Response of heat-stable tomato genotypes to *Mi-1* virulent root-knot nematode populations. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38: 229-238.
- DEVİRAN, Z., BAŞKÖYLÜ, B., TANER, A. and DOĞAN, F. 2013. Comparison of PCR-based molecular markers for identification of *Mi* gene. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 45: 395-402.
- DEVİRAN, Z., SÖĞÜT, M.A. and MUTLU, N. 2010. Response of tomato rootstocks with the *Mi* resistance gene to *Meloidogyne incognita* race 2 at different soil temperatures. *Phytopathologia Mediterranea*, 49: 11 -17.
- DİKER, T. 1959. Nebat Parazit Nematodları. Türk. Şek. Fab. Neşr. No:70, Mars T. ve S.A.Ş. Matbaası, Ankara, 98 s.
- DOĞANLAR, S., FRARY, A. and TANKSLEY, S.D. 1997. Production of interspecific hybrids between *Lycopersicon esculentum* and two accessions of *Lycopersicon peruvianum* carrying new root-knot nematode resistance genes. *Euphytica*, 95: 203–207.
- DROPKIN, V.H. 1969a. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. *Phytopathology*, 59: 1632–1637.
- DROPKIN, V.H. 1969b. Cellular responses of plants to nematode infections. *Annu Rev Phytopathol*, 7: 101–122.
- EL MEHRACH, K., GHARSALLAH CHOUCANE, S., MEJIA, L. WILLIAMSON, V.M. VIDAUSKY, F., HATIMI, A.M LUS, S., MARTIN, C.T. and MAXWELL, D.P. 2005. PCR based methods for tagging the *Mi-1* locus for resistance to root-knot nematode in begomo virus resistant tomato germplasm. *Acta Hort.*, 695: 263-270.
- ELEKÇİOĞLU, İ. H. ve UYGUN, N. 1994. Occurrence and distribution of plant parasitic nematodes in cash crop in eastern mediterranean region of Turkey. Proc. of Phytopathological Union, Ku şadası, Aydın, Türkiye, 409- 410 s.
- ERTÜRK, H., ÖZKUT, S., BORAZANCI, HEKİMOĞLU, G. ve ARINÇ, Y. 1975. Bitki zararlısı nematodların pamuk solgunluk etmenleri ile ilişkileri ve korunma yolları. *Bitki Koruma Bülteni*, 15 (2): 69-96.

- ERTÜRK, H. ve ÖZKUT, S. 1973. Ege Bölgesi Şartlarında Kök-Ur Nematodlarına Dayanıklı Asma Anacı Araştırılması. IV. Bilim Kongresi, 5–8 Kasım, Ankara.
- FAO, 2013. Production of top 5 producers. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> [Son erişim tarihi: 11.10.2016]
- FERRIS, H. 1985. Density-dependent nematode seasonal multiplication rates and overwinter survivorship: A critical point model. *Journal of Nematology*, 17.2: 93.
- FLOR, H.H. 1955. Host–parasite interaction in flax rust—Its genetic and other implications. *Phytopathology*, 45: 680–685.
- FRANCIA, E., TACCONI, G., CROSATTI, C., BARABASCHI, D., BULGARELLI, D., DALL’AGLIO, E. and VALÉ, G. 2005. Marker assisted selection in crop plants. *Plant Cell Tiss Org Cult.*, 82: 317-342.
- GILBERT, J.C. and McGUIRE D.C. 1956. Inheritance of resistance to severe root-knot from *Meloidogyne incognita* in commercial type tomatoes. Proceedings of the American. *Society for Horticultural Sciences*, 68: 437–42.
- GOGGIN, F.L., JIA, L., SHAH, G., HEBERT, S., WILLIAMSON V.M. and ULLMAN, D.E. 2006. Heterologous expression of the *Mi-1.2* gene from tomato confers resistance against nematodes but not aphids in eggplant. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19: 383-388.
- GONZÁLEZ, L.C. 2009. Tomato rootstocks for the control of *Meloidogyne* spp: characterization and evaluation of the resistance response conferred by the *Mi-1* gene in tomato rootstocks. PhD Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 226 p.
- GÜRDEMİR, E. ve AĞDACI, M. 1975. Güney Anadolu Bölgesi sebze seralarında zarar yapan kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) üzerinde sürvey çalışmaları. *Bitki Koruma Bülteni*. 15 (3): 176–181.
- HAROON, S.A. BAKI, A.A. and HUETTEL, R.N. 1993. An in vitro test for temperature sensitivity and resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. *Journal of nematology*, 25(1): 83-88.
- HAYDOCK, P.P.J., WOODS, S.R., GROVE, I.G. and HARE, M.C. 2006. Chemical control of nematodes. In: R.N. Perry, M. Moens (Editors), *Plant Nematology*. British Library, pp. 392-410, London.
- HEKİMOĞLU, G. 1975. İzmir ve Çevresi Solanaceae Familyasına Ait Önemli Bitki Türlerinde Kök ur Nematodlarının (*Meloidogyne* spp.) (Nematoda: Heteroderidae) tanınmaları, Zararı ve Popülasyon Yoğunlukları Üzerinde Araştırmalar. Böl Zir. Müc. Araş. Enst., Bornova, İzmir, 113 s.



- HOFMANN, J. and GRUNDLER, F.M.W. 2007. How do nematodes get their sweets? Solute supply to sedentary plant-parasitic nematodes. *Nematology*, 9: 451-458.
- HOLTZMAN, O.V. 1965. Effect of soil temperature on resistance of tomato to root-knot nematode. *Phytopathology*, 55: 990-992.
- HOOPER, D.J. 1986. Extraction of free-living stages from soil Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes. *Her Majesty's Stationery Office*. 5-30.
- HUANG, C.S. 1985. Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes. In J.N. Sasser, C.C. Carter (Editors), *An Advanced Treatise on Meloidogyne*, Vol. 1, (Raleigh: North Carolina State University Graphics), pp. 155-164.
- HUSSEY, R.S. and MIMS, C.W. 1990. Ultrastructure of esophageal glands and their secretory granules in root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Protoplasma*, 156: 9-18.
- HWANG, C.F. and WILLIAMSON, V.M. 2003. Leucine-rich repeat-mediated intramolecular interactions in nematode recognition and cell death signaling by the tomato resistance protein Mi. *The Plant Journal*, 34: 585-593.
- İMREN, M., ÖZARSLANDAN, A., KASAPOĞLU, E. B., TOKTAY, H. and ELEKCİOĞLU, I.H. 2014. Morphological and molecular identification of a new species *Meloidogyne artiellia* (Franklin) on wheat fauna in Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38(2), 189-196.
- JABLONSKA, B., AMMIRAJU, J.S., BHATTARAI, K.K., MANTELIN, S.O., MARTINEZ DE ILARDUYA, ROBERTS, P.A. and KALOSHIAN, I. 2007. The *Mi-9* gene from *Solanum arcanum* conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes is a homolog of *Mi-1*. *Plant Physiology*, 143: 1044-1054.
- JACQUET, M., BONGIOVANNI, M., MARTINEZ, M., VERSCHAVE, P., WAJNBERG, E. and CASTAGNONE-SERENO, P. 2005. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the *Mi* gene. *Plant Pathology*, 54(2), 93-99.
- JOHNSON, A.V. and FASSULIOTIS, G. 1984. Nematode parasites of vegetable crops. In: Nickle, W.R. (Editors), *Plant and Insect Nematodes*. Marcel Dekker Inc., pp. 323-372, New York and Basel.

- JONES, J.T., HAEGEMAN, A., DANCHIN, E.G., GAUR, H.S., HELDER, J., JONES, M.G., KIKUCHI, T., MANZANILLA-LÓPEZ, 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.
- JONES, M.G.K. 1981. The development and function of plant cells modified by endoparasitic nematodes. In: B.M. Zuckerman, R.A. Rhode (Editors) *Plant Parasitic Nematodes*, Academic Press, pp. 225–279, New York.
- KAÇAR, G. 2011. Türkiye’de Bulunan Meloidogyne Türlerinin Irklarının Araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı.
- KALOSHIAN, I. 2004. Gene-for-gene disease resistance: bridging insect pest and pathogen defense. *Journal of Chemical Ecology*, 30: 2419-2438.
- KALOSHIAN, I., LANGE, W.H. and WILLIAMSON, V.M. 1995. An aphid resistance locus is tightly linked to the nematode resistance gene, *Mi*, in tomato. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 92: 622-625.
- KALOSHIAN, I., WILLIAMSON, V.M., MIYAO, LAWN, G.D. and WESTERDAHL, B.B. 1996. Resistance-breaking’ nematodes indentified in California tomatoes. *California Agriculture*, 50: 9–18.
- KARSSSEN, G. 2002. The plant parasitic nematode genus *Meloidogyne* Göldi, 1892 (Tylenchida) in Europe. Brill. Leiden, 161 p.
- KARSSSEN, G. and MOENS, M. 2006. Root-knot nematodes. In: R.N. Perry, M. Moens (Editors), *Plant Nematology*, CABI, pp: 59-90, London.
- KAŞKAVALCI, G. ve ÖNCÜER, C. 1999. Aydın ilinin yazlık sebze yetiştirilen önemli bölgelerinde bulunan Meloidogyne Goeldi, 1887 (Tylenchida: Meloidogynidae) türlerinin yayılışları ve ekonomik önemleri üzerinde araştırmalar. *Turkish Journal of Entomology*, 23: 149-160.
- KEPENEKÇİ, İ., ÖZTÜRK, G. ve EVLİCE, E. 2002. Ülkemiz örtü altı sebze üretiminde sorun olan yeni bir kök-ur nematodu türü (*Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887) ve diğer kök-ur nematodu türleri. IV. Sebze Tarımı Sempozyumu, 55s, Bursa.
- LAMBERT, K. and BEKAL, S. 2002. Introduction to plant-parasitic nematodes. *The plant Health instructor*, 10: 1094-1218.
- LAMOVSEK, J., UREK, G. and TRDAN, S. 2013. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): Microbes against the pests. *Acta agriculturae Slovenica*,101(2): 263.

- LEFRANCOIS C., CHUPEAU, Y. and BOURGIN, J.B. 1993. Sexual and somatic hybridization in the genus *Lycopersicon*. *Theoretical Applied Genetics*, 86: 533–546.
- LI, Q., XIE, Q.-G. SMITH-BECKER, J., NAVARRE, D.A. and KALOSHIAN, I. 2006. *Mi-1*-mediated aphid resistance involves salicylic acid and mitogen-activated protein kinase signaling pathways. *Molecular Plant Microbe Interact*, 19: 655- 664.
- LOPEZ-PEREZ, J.A., LE STRANGE, M., 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.
- MALEİTA, C.M., CURTİS, R.H., POWERS, S.J. and DE O. ABRANTES, I.M. 2012. Inoculum levels of *Meloidogyne hispanica* and *M. javanica* affect nematode reproduction, and growth of tomato genotypes. *Phytopathologia Mediterranea*, 566-576.
- MANTELIN, S., BHATTARAI, K.K., JHAVERI, T.Z. and KALOSHIAN, I. 2013. *Mi-1*-Mediated resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato may not rely on ethylene but hormone perception through ETR3 participates in limiting nematode infection in a susceptible host. *Plos One*, 8: 1-8.
- MARTINEZ DE ILARDUYA, O. and KALOSHIAN, I. 2001. *Mi-1.2* transcripts accumulate ubiquitously in resistant *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Nematology*, 33: 116-120.
- MARTINEZ DE ILARDUYA, O., MOORE, A.E. and KALOSHIAN, I. 2001. The tomato *Rme1* locus is required for *Mi-1*-mediated resistance to root-knot nematodes and the potato aphid. *The Plant Journal*, 27: 417-425.
- MARTİNEZ DE ILARDUYA, O., NOMBELA, G., HWANG, C .F., WILLIAMSON, V. M., M. MUÑİZ & KALOSHIAN, I., 2004. *Rme1* is necessary for *Mi-1* -mediated resistance and acts early in the resistance pathway. *Molecular Plant-microbe Interactions*, 17: 55-61.
- MEDINA-FILHO, H. and TANKSLEY, S.D. 1983. Breeding for nematode resistance, In: D. A., Evans, W. R. Sharp, P. V. Ammirato Y. Yamada(Editors), *Handbook of Plant Cell Culture Vol. 1*. Macmillan pp. 904-923 New York.
- MENNAN, S. ve ECEVİT, O. 2001. Bafra ve Çarşamba Ovaları'ndan elde edilen bazı *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) (Nematoda: Heteroderidae) Populasyonlarında Irk Tespiti. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 25(1): 33–39.
- MILLIGAN, S.B., BODEAU, J., YAGHOUBI, 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: 1307-1319.

- MISTANOĞLU, İ., KAŞKAVALCI, G. and DEVRAN, Z. 2015. Identification of the economically important plant parasitic nematodes in vineyards areas of Izmir and Manisa provinces by morphological and molecular techniques. *Turkish Journal of Entomology*, 39(3): 297-309.
- 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.
- MIYASHITA, N., YABU, T., KURIHARA, T. and KOGA, H. 2014. The feeding behavior of adult root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) in rose balsam and tomato. *Journal of Nematology*, 46(3), 296.
- NOMBELA, G., WILLIAMSON, V.M. and MUNIZ, M. 2003. The root-knot nematode resistance gene *Mi.1.2* of tomato irresponsible for resistance against the whitefly *Bemisia tabaci*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16: 645-649.
- NYCZEPİR A.P. and THOMAS S.H. 2009. Current and future management strategies in intensive crop production systems. In: Pery R. N., Moens M., Starr J. L. (Editors), Root-knot nematodes, CAB International, pp. 412-443 Wallingford.
- OMWEGA, C.O. THOMASON, I.J. ROBERTS, P.A. 1990. Effect of temperature on expression of resistance to *Meloidogyne* spp. in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Nematology*, 22.4: 446.
- ORION, D. and FRANCK, A. 1990. An electron microscopy study of cell wall lysis by *Meloidogyne javanica* gelatinous matrix. *Revue de nématologie*, 13, 105-107.
- 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.
- ÖZALP, T. ve DEVRAN, Z. 2015. Resistance genes to root-knot nematodes in tomato. *Turkish Bulletin of Entomology*, 5(1): 47-55.
- ÖZARSLANDAN, A., DEVRAN, Z., MUTLU, N. and ELEKCİOĞLU, İ.H. 2009. First report of Columbia root-knot nematode (*Meloidogyne chitwoodi*) in potato in Turkey. *Plant Disease*, 93(3): 316.
- ÖZARSLANDAN, A., İMREN, M., ATILLA, Ö. ve ELEKCİOĞLU, İ.H. 2013. Bitlis ili patates üretim alanlarında Kök-ur nematodu (*Meloidogyne chitwoodi* Golden, O'Bannon, Santo et Finley, 1980)'nun saptanması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(3): 389-395.

- ÖZTÜZÜN, N. 1970. Do ğu ve Güneydo ğu Anadolu Bölgesi Kültür Bitkilerine Arız Olan Bitki Paraziti Nematodları Üzerinde Sürvey Çalı Őmaları. *Bitki Koruma Bülteni*, 10 (3): 180–197.
- PEHLİVAN, E. ve KAŞKAVALCI, G. 1993. Sanayi domates üretim alanlarında kök ur nematodlarının (*Meloidogyne* spp) yayılıŐı ve bulaŐıklık oranı üzerinde araştırmalar. SANDOM Çalışma Raporu, No: 6: 61–68.
- PEHLİVAN, H.D. ve KAŞKAVALCI, G. 2016. İzmir ili patates üretim alanlarında kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) ile patates kist nematodları (*Globodera* spp.)’nın yaygınlık durumu. Türkiye 6. Bitki Koruma Kongresi, ss. 453, 5-8 Eylül, Konya.
- PERALTA, I.E. and SPOONER, D.M. 2006. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). *Genetic improvement of Solanaceous crops*,2: 1-27.
- PERALTA, I.E., KNAPP, S. and SPOONER, D.M. 2005. New species of wild tomatoes (Solanum section Lycopersicon: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*,30(2): 424-434.
- 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: 547–51.
- ROBERTS, P.A. 2002. Concepts and consequences of resistance, In: Starr J.L., R. Cook, J. Bridge (Editors), Plant Resistance to Parasitic Nematodes, CAB International, pp. 23-41, Oxon.
- ROSSI, M., GOGGIN, F.L., MILLIGAN, S.B., KALOSHIAN, I., ULLMAN, D.E. and WILLIAMSON, V.M. 1998. The nematode resistance gene Mi of tomato confers resistance against the potato aphid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95: 9750-9754.
- SASSER J.N. 1980. Root-knot nematodes: a global menace to crop production.*Plant Disease*.64: 36–41.
- SASSER, J.N. and CARTER., C.C. 1985. Overview of the internatioanal *Meloidogyne* project, 1974-1984. In: Sasser, J.N., Carter, C.C. (Editors), An Advanced Treatise on *Meloidogyne*: Volume 1, Biology and Control. State University Grafics, pp. 19-24, North Carolina.
- SCHOMAKER, C.H. and BEEN, T.H. 2006. Plant Growth and Population Dynamics, In: R.N. Perry, M. Moens (Editors), Plant Nematology, British Library, pp. 275-301, London.

- SEAH, S., TELLEN, A.C. and WILLIAMSON, V.M. 2007a. Introgressed and endogenous *Mi-1* gene clusters in tomato differ by complex rearrangements in flanking sequences and show sequence exchange and diversifying selection among homologs. *Theoretical and Applied Genetics* 114: 1289-1302.
- SEAH, S., WILLIAMSON, V.M., GARCIA, B.E., MEJIA, L. SALUS, M.S. MARTIN, C.T. and MAXWELL, D.P. 2007b. Evaluation of a codominant SCAR marker for detection of the *Mi-1* locus for resistance to root-knot nematode in tomato germplasm. *Tomato Genet. Coop. Rep.*, 57: 37-40.
- SEID, A., FININSA, C., MEKETE, T., DECRAEMER, W. and WESEMAEL, W.M. 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.)—a century-old battle. *Nematology*,17(9): 995-1009.
- SIDDIQI, M.R. 2000. *Tylenchida: parasites of plants and insects*. CABI, St Albans, 833 s.
- SIDDIQUI, Z.A. 2004. Effects of plant growth promoting bacteria and composed organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. *Bioresource technology*, 95(2): 223-227.
- SMITH, P.G. 1944. Embryo culture of a tomato species hybrid. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 44: 413-416.
- SÖĞÜT, M.A. ve ELEKÇİOĞLU, İ.H. 2000. Akdeniz Bölgesi'nde sebze alanlarında bulunan *Meloidogyne* Goeldi, 1892 (Nematoda: Heteroderidae) Türlerinin Irklarının Belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 24 (1) : 33-40.
- STIRLING, G.R. 2014. Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture, CABI, Brisbane, 501 p.
- TAYLOR, A.L. and SASSER, J.N. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes. North Carolina State University Graphics. 111 s.
- THIES, J.A. and FERY, R.L. 1998. Modified expression of the *N* gene for southern root-knot nematode resistance in pepper at high soil temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(6), 1012-1015.
- TÜİK, 2015. Bitkisel üretim istatistikleri. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001), [Son erişim tarihi: 9.10.2016].
- TZORTZAKAKIS, E.A., TRUDGILL, D.L. and PHILLIPS, M.S. 1998. Evidence for a dosage effect of the *Mi* gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 30: 76–80.

- UYSAL, G. ve SÖĞÜT, M.A. 2016a. Göller bölgesinde *Mi-1* virulent *Meloidogyne incognita* ve *Meloidogyne javanica* popülasyonlarının belirlenmesi. Türkiye 6. Bitki Koruma Kongresi, ss. 223, 5-8 Eylül, Konya.
- UYSAL, G. ve SÖĞÜT, M.A. 2016b. Göller bölgesinde sebze üretim alanlarında kökür nematodu türleri (*Meloidogyne* spp.)'nin karakterizasyonu ve yayılışları. Türkiye 6. Bitki Koruma Kongresi, ss. 225, 5-8 Eylül, Konya.
- VERDEJO-LUCAS, S., BLANCO, M., CORTADA, L. and SORRIBAS, F.J., 2013. Resistance of tomato rootstocks to *Meloidogyne arenaria* and *Meloidogyne javanica* under intermittent elevated soil temperatures above 28 C°. *Crop Protection*, 46: 57-62.
- VERDEJO-LUCAS, S., TALAVERA, M. and ANDRÉS, M.F. 2012. Virulence response to the *Mi. 1* gene of *Meloidogyne* populations from tomato in greenhouses. *Crop Protection*, 39: 97-105.
- VEREMIS J.C. and ROBERTS, P.A. 1996a. Differentiation of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria* novel resistance phenotypes in *Lycopersicon peruvianum* and derived bridge-lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 93: 960-967.
- VEREMIS, J.C. and ROBERTS, P.A. 1996b. Relation ships between *Meloidogyne incognita* resistance genes in *Lycopersicon peruvianum* differentiated by heat sensitivity and nematode virulence. *Theoretical and Applied Genetics*, 93: 950-959.
- VEREMIS, J. C., VAN HEUSDEN, A.W. and ROBERTS, P.A. 1999. Mapping a novel heat-stable resistance to *Meloidogyne* in *Lycopersicon peruvianum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 98: 274-280.
- VIAENE, N., COYNE, D.L. and KERRY, B.R., 2006. Biological and cultural management. In: R.N. Perry, M. Moens (Editors), *Plant Nematology*. British Library, pp. 346-369, London.
- WILLIAMSON, V.M., HO, J.Y. WU, F.F., MILLER, N. and KALOSHIAN, I. 1994. A PCR-bases marker tightly linked to the nematode resistance gene, *Mi*, in tomato. *Theoretical and Applied Genetics*, 87: 757-763.
- WILLIAMSON, V.M. and HUSSEY, R.S. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. *Plant Cell*, 8: 1735-45.
- WILLIAMSON, V.M., 1998. Root-knot nematode resistance genes in tomato and their potential for future use. *Annual Review of Phytopathology*, 36: 277-293.
- WILLIAMSON, V.M. 1999. Plant nematode resistance genes. *Current Opinion in Plant Biology*, 2: 327-331.

- WYSS, U., GRUNDLER, F.M. and MUNCH, A., 1992. The parasitic behaviour of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita* in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Nematologica*, 38(1): 98-111.
- YAGHOOBI, J., KALOSHIAN, I., WEN, Y. and V.M. Williamson, 1995. Mapping a new nematode resistance locus in *Lycopersicon peruvianum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 91: 457-464.
- YAGHOOBI, J., YATES, J.L. and WILLIAMSON, V.M. 2005. Finemapping of the nematode resistance gene *Mi-3* in *Solanum peruvianum* and construction of a *S. lycopersicum* DNA contigs panning the locus. *Molecular Genetic Genomics*, 274: 60–69.
- YAĞCI, M. ve KAŞKAVALCI, G. 2016. Ege bölgesi şeftali alanlarında görülen kök-ur nematodu türleri (*Meloidogyne* spp.)'nin belirlenmesi ve yayılış alanlarının saptanması. Türkiye 6. Bitki Koruma Kongresi, ss. 451, 5-8 Eylül, Konya.
- YÜKSEL, H., 1974. Kök ur Nematodlarının (*Meloidogyne* spp.) Türkiyedeki Durumu ve Bunların Populasyon Problemleri Üzerine Düşünceler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5 (1): 83–105. 1
- ZACHEO, G., BLEVE-ZACHEO, T., PACODA, D., ORLANDO, C. and DURBİN, R.D. 1995. The association between heat-induced susceptibility of tomato to *Meloidogyne incognita* and peroxidase activity. *Physiological and molecular plant pathology*, 46(6): 491-507.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Tevfik ÖZALP, 1991 yılında Antalya/Muratpaşa'da doğdu. İlkokul ve ortaokul öğrenimini Antalya'da tamamladı. Lise öğrenimini Antalya Gazi Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimini Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde 2013 yılında tamamladı. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine 2014 yılında başladı.