

**Araştırma Makalesi**  
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2018, 55 (2):161-170  
DOI: 10.20289/zfdergi.408828

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR  
Gülsüm UYSAL

**Meloidogyne incognita ırk 2'nin Farklı  
İnokulasyon Yoğunluklarının Bazı Dayanıklılı  
Biber Hatlarında Reaksiyonu**

Reaction of Different Inoculation Densities of *Meloidogyne incognita* race 2 on Some Resistant Pepper lines

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki  
Koruma Bölümü, 32260, Isparta / Türkiye  
sorumlu yazar: fatmagoze@sdu.edu.tr

Alınış (Received): 09.06.2017

Kabul tarihi (Accepted): 19.12.2017

**Anahtar Sözcükler:**

*Meloidogyne incognita* ırk2, biber,  
dayanıklılık, virüslük, inokulum  
yoğunluğu, patojenite

**ÖZET**

**Ç**alışmada, *Meloidogyne incognita* ırk 2'nin iki izolatu (G7 ve K4) 'nın farklı inokulasyon yoğunluklarının Kök-ur nematodlarına dayanıklı Carolina Wonder, PM 217, CM334 biber hatları ile *M. incognita* 'ya duyarlı Yolo Wonder hattında reaksiyonu kontrollü koşullar altında ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık, %  $60\pm 5$  nem ve 16:8 fotoperiyot) araştırılmıştır. Denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. İnokulum kaynağı olarak yumurta paketi kullanılmış ve bitkiler 4 gerçek yapraklı fide dönemlerine geldiklerinde bitki kök bölgesinde açılan 2 cm derinliğe 1-5-10-20 ve 50 yumurta paketi inokule edilmiştir. Biber bitkileri inokulasyondan 9 hafta sonra sökülüş ve köklerdeki gal oranı 0-5 skalasına göre indekslenmiştir. Köklerde gal sayısı, yumurta paketi ve yumurta sayısı ışık mikroskobu altında sayılmış ve üreme gücü hesaplanmıştır. Carolina Wonder ve CM334 dayanıklı biber hatlarında G7 ve K4 izolatu tüm inokulum yoğunluklarında avirulent reaksiyon göstermiştir. PM217 dayanıklı biber hattında G7 izolatının 50 yumurta paketi inokulum yoğunluğunda üreme oranı 1.1 olarak bulunmuş ve dayanıklı biber hattında dayanıklılığı kırdığı saptanmıştır. K4 izolatu PM217 dayanıklı biber hattında 10-20 ve 50 yumurta paketi inokulum yoğunluğunda virulent reaksiyon göstermiştir. Bu inokulum yoğunluklarında üreme oranı sırasıyla 1.4,3.5 ve 4.4 olarak bulunmuştur. Yolo Wonder biber hattında her iki izolatu patojenitesi yüksek bulunmuştur.

**Key Words:**

*Meloidogyne incognita* race2, pepper,  
resistance, virulence, inoculum density,  
pathogenicity

**ABSTRACT**

**R**eaction of different inoculation densities of two *Meloidogyne incognita* race2 isolates (G7 and K4) was studied on the root-knot nematode resistant pepper lines Carolina Wonder, PM217, CM334 and susceptible Yolo Wonder under controlled conditions ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  temperature,  $60\pm 5\%$  humidity and 16:8 photoperiodism). Experiments were conducted on a randomized block design with 5 replications. Egg masses were used inoculum source and when the plants reached 4 real leaf seedlings, 1-5-10-20 and 50 egg masses were inoculated into the 2 cm depth of plant root zone. Peppers were harvested 9 weeks after inoculation and root gall ratio was indexed according to 0-5 scalae. Numbers of galls, egg masses and eggs in a roots were counted under light microscopy and reproduction fitness were evaluated. G7 and K4 isolates showed avirulent reaction in all inoculum densities in Carolina Wonder and CM334 resistant pepper lines. In the PM217 resistant pepper line, Reproduction fitness of G7 isolate was found 1.1 in the density of 50 egg masses and the durability of the pepper line is broken. 10-20 and 50 egg masses inoculum densities of K4 isolate showed virulent reaction in the PM217 resistant pepper line. Reproduction fitness in these inoculum densities were 1.4, 3.5 and 4.4 respectively. The pathogenicity of both isolates in the Yolo Wonder pepper line was found to be high.

**GİRİŞ**

Dünyada 31 milyon ton ülkemizde ise yılda yaklaşık 1.8 milyon ton biber üretimi gerçekleştirilmektedir (FAO, 2012; TÜİK, 2012). *Meloidogyne incognita* (Kofoid &

White) Chitwood biberin ana zararlılarından biridir ve dünyada önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Di Vito et al. 1985; Fery and Dukes, 1984; Sasser and Freckman, 1987; Thies et al. 1997). Ülkemizde yapılan bir

çok araştırmada Kök-ur nematodu türlerinden, *M. incognita* ve *M. javanica* (Treub) Chitwood'nın en yaygın ve ekonomik olarak kayba yol açan önemli türler olduğu, *M. arenaria* (Neal) Chitwood ve *M. hapla* Chitwood'nın ise ender rastlanan türler olduğu bildirilmektedir (Söğüt ve Elekçioğlu, 2000, 2007; Devran ve Söğüt, 2009; Kepenekçi ve ark., 2009). Bommalinga et al., (2013), *M. incognita*'nın dolmalık biberin ana zararlılarından biri olduğunu ve %15'e çıkan verim kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Söğüt ve Elekçioğlu (2007), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışmalarda sera koşullarında biber bitkisinde mücadele yapılmayan parsellerde *M. incognita*'nın % 80'e yakın verim kaybına neden olduklarını bildirmektedir. Lindsey ve Clayshulte (1982) ile Thomas ve Cardenas (1985), New Mexico'da yaptıkları çalışmada, *M. incognita*'nın acı biber çeşitlerinde, Di Vito et al. (1985; 1992), İtalya'da yaptıkları çalışmada, tatlı biber çeşitlerinde verimde önemli kayıplara neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bitki paraziti nematodların zararları başlangıçtaki nematod yoğunluğuna, taksonomisine, bitkinin duyarlılığına, nematodun üreme gücüne, nem ve nematodlarla etkileşime girebilecek diğer patojen organizmaların varlığı gibi koşullara bağlıdır. Dolayısıyla, bu parametrelerin anlaşılması etkin kontrol mekanizmalarının geliştirilmesinde hayati bir rol oynamaktadır (Barker and Olthof, 1976). Bazı sebze ürünlerinde kök-ur nematodunun farklı inokulasyon yoğunluklarında patojenitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Gergon et al. 2002; Di Vito et al. 2004; Kumar and Pathak, 2005; Vovlas et al. 2008; Parveen et al. 2006; Giri Babu et al. 2008; Chandra et al. 2010). Shafiee ve Jenkins (1963), *M. incognita* 1000 larva/1 bitkinin bitkide ciddi bodurluk oluştururken, *M. hapla* 1000 larva/1 bitkide bodurluğun daha az olduğunu bildirmektedir. Chandra et al. (2010) *M. incognita*'nın dört kabak çeşidinde üreme oranı ile başlangıç inokulum yoğunluğu arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir. Yüksek popülasyon seviyesindeki nematod çoğalımında meydana gelen azalma, kök sisteminin bozulması ve kök sistemi içinde gelişmekte olan nematodlar arasında gıda ve beslenme rekabeti ve de gal dokularında büyüyen larvaların kısıtlanmasıyla yeni yerlere hareket edemediklerinden kaynaklanabilmektedir (Ogunfowora, 1977; Wallace, 1973; Khan et al. 2006).

Tarımsal ürünlerin bitki paraziti nematodlara karşı optimum düzeyde ekonomik olarak korunması, ekim-dikim sırasında bu organizmalar arasındaki ilişkinin yanı sıra konukçu bitkilerin tepkileri ile ilgili niceliksel bilgiye sahip olmayı gerektirmektedir. Nematodlarda başlangıç popülasyonu ve verim ilişkisi arasında verim kaybının hesaplanmasına yönelik yaklaşımlar vardır (Seinhorst, 1965; Jones, 1956; Olthof and Potter, 1973; Swarup and

Sharma, 1965). Seinhorst (1965), bitkinin nematod varlığında büyümek ve gelişmek için gösterdiği toleransı formülize etmiş ve limit değerlerinin hesaplanmasını sağlamıştır. Eğer nematod yoğunluğu tolerans limitinden büyükse zarar oluşmaktadır. Bitki ıslahı ve varyetelerin seleksiyonunda bu tolerans limiti denemelerinin yapılması gereklidir. Tolerans limiti nematod türü, bitki türü ve çevre şartlarına bağlıdır (Mekete et al. 2003). Bazı bitkilerin köklerinde nematod yoğunluğu çok fazla olurken bazılarında bu sayı daha az ya da sıfır değerindedir. Bu farklılıklar bitki ve nematod arasındaki interaksiyon ile bitkinin nematod enfeksiyonuna karşı verdiği savunma ile ilişkilidir (Wallace, 1973). Barker ve Olthof (1976), *M. javanica* ile yaptıkları çalışmalarda dayanıklı ve hassas domateste tolerans sınırını 0.2 larva/100 g toprak olarak hesaplamışlardır. Di Vito et al. (1985, 1991), *M. incognita* için biber tolerans sınırını 0.16 yumurta + larva/cm<sup>3</sup> toprak olarak bulurken, hassas ve dayanıklı domates için 0.55 yumurta + larva/cm<sup>3</sup> toprak olarak bulmuşlardır.

Kök-ur nematodları ile mücadelede dayanıklı çeşit ve aşılı fide kullanımı günden güne artmaktadır. Bu artışta Metil bromid (CH<sub>3</sub>Br) gibi toprak fumigantlarının ve nematisitlerin çevre, doğal yaşam ve insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle yasaklanmasının önemli bir payı vardır (Sorribas et al. 2005; Fazari et al. 2012). Özellikle domates yetiştiriciliğinde nematoda dayanıklılık sağlayan *Mi* geninin dünyada yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Biberde *M. incognita acrita*'ya dayanıklı dominant *N* geninin belirlenmesi ise 1950'li yılların başında *Capsicum frutescens* L. 'Santanka XS' hattında gerçekleşmiştir (Hare, 1956). Hare (1966), *M. incognita* 'ya dayanıklı *N* geni taşıyan pimiento biberi 'Mississippi Nemaheart' i geliştirmiştir. Fery et al. (1998), geri melezleme yöntemi ile 'Mississippi Nemaheart'den *N* genini 'Keystone Resistant Giant ve Yolo Wonder B' dolmalık biberlerine transfer etmişlerdir. Bu melezlemenin sonucunda homozigot *N* geni taşıyan ve *M. incognita* ırk 1-2-3 ve 4, *M. arenaria* ırk 1 ve ırk 2 ile *M. javanica*'ya homozigot dayanıklı iki dolmalık biber kültürü 'Charleston Belle ve Carolina Wonder' elde edilmiştir (Thies and Fery, 2000; 2002a,b). Hendy et al. (1983,1985) ve Dalmaso et al. (1985), Orta Amerika ve Hindistan orijinli *Capsicum annum* PM217 (*Me1veMe2*) ve PM687 (*Me3veMe4*) acı biber genotiplerinde *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* türlerine karşı dayanıklılık tespit etmişlerdir. Dünyada ıslah çalışmalarında bu dayanıklı biber hatlarının yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir. Özellikle gen piramidi yöntemi kullanılarak dayanıklılık ve sürekliliğinin artırılmaya çalışıldığı bilinmektedir (Djian-Caporino et al., 2014).

Kök-ur nematodlarına karşı mücadelede rotasyon sistemleri ve dayanıklılık çalışmaları için farklı başlangıç

populasyonu (Pi) yoğunluklarının araştırılması ve tolerans sınırlarının ortaya çıkarılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle populasyon dinamiğinin bilinmesi sahaya özgü (site-specific) yönetim stratejilerinin belirlenmesini sağlamaktadır (Morgan et al. 2002).

Bu çalışmada *M. incognita*'nın farklı inokulasyon yoğunluklarında nematoda dayanıklı Carolina Wonder (*N* geni), CM334 (*Me7-Mech1*), PM217 (*Me1-Mech2* genleri) ve *M. incognita*'ya karşı duyarlı olduğu bilinen Yolo Wonder biber hattında reaksiyonları araştırılmıştır. Kök-ur nematodlarında virüent populasyon oluşumlarının anlaşılması ve engellenebilmesi için yürütülecek çalışmalara katkı sağlayacağı ve tolerans limiti çalışmaları için alt yapı oluşturacağı düşünülmektedir.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak G7 (Antalya-Gazipaşa) ve K4 (Antalya-Kumluca) *Meloidogyne incognita* ırk 2 izolatları ile kök-ur nematoduna dayanıklı 3 farklı biber hattı Carolina Wonder, CM334 ve PM217 ile duyarlı Yolo Wonder kullanılmıştır. Çalışma 2014-2015 yıllarında, 24±1 °C sıcaklık, % 60±5 nem ve 16/8 aydınlık-karanlık ışıklanmaya sahip iklim odası koşullarında yürütülmüştür.

#### *Meloidogyne incognita* ırk 2 İzolatları'nın Üretimi

Çalışmada kullanılan G7 (Antalya-Gazipaşa) ve K4 (Antalya-Kumluca) *Meloidogyne incognita* ırk 2 izolatları

TÜBİTAK tarafından desteklenen TOVAG 107 O 016 no'lu projeden alınmıştır. Kök-ur nematodu izolatları duyarlı "Tueza F1" domates çeşidinde çoğaltılmıştır. Domates fideleri steril toprak (% 68 kum, % 21 Silt ve %11 kil) içeren 250 ml hacminde şeffaf saksılara şaşırtılmıştır. Binoküler altında pens ve bistüri yardımıyla çıkarılan 5 yumurta paketi ependorf tüplere alınmış ve % 2'lik NaOCl içerisinde yumurtalar elde edilmiştir. Elde edilen bu yumurtaların ışık mikroskobu altında sayımları yapılarak yaklaşık 2500 yumurta başlangıç popülasyonu (Pi) olarak inokulasyona hazırlanmış ve plastik puarlı pipetler yardımıyla bitki kök bölgesi etrafına 2-3 cm toprak derinliğine inokule edilmiştir ve steril toprak ile kapatılmıştır. İnokulasyondan yaklaşık 9 hafta sonra bitkiler sökülerek çeşme suyu ile hafif bir şekilde yıkandıktan sonra köklerden nematodun yumurta paketleri toplanmış ve inokulum için belirlenen değerler hazırlanmıştır.

#### *Meloidogyne incognita* ırk 2'nin farklı inokulasyon yoğunluklarının bazı dayanıklı biber gen kaynaklarında reaksiyonu

Çalışmada Kök-ur nematodlarına dayanıklı gen kaynaklarını içeren *Capsicum annuum* kültürlerinden *M. incognita* dayanıklılığına sahip Carolina Wonder, CM334 ve PM217 ile duyarlı Yolo Wonder hatları kullanılmıştır (Çizelge 1). Bitkiler Yüksel Tohumculuk Tarım San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir.

**Çizelge 1.** Çalışmada kullanılan nematoda dayanıklı biber hatları ve dayanıklılığı sağlayan gen kaynakları

**Table 1.** Resistant pepper lines in nematode used in study and genetic resources providing endurance

Dayanımlı biber hattı	Nematoda dayanıklı biber gen kaynağı	Savunma mekanizması	Dayanımlılık sağladığı Kök-ur nematodu
Carolina Wonder	<i>N</i>	Erken Hipersensatif Reaksiyon(HR)	<i>Meloidogyne arenaria</i> ırk 1 ve 2, <i>M.javanica</i>
CM334	<i>Me7, Mech1</i>	İkinci dönem larvaların penetrasyonunu engelleme, penetrasyon sonrası gelişim engelleme, <i>Phytophthora capsici</i> dayanıklılığı,	<i>M.javanica</i> , <i>M.incognita</i> , <i>M.arenaria</i> , <i>M.chitwoodi</i>
PM217	<i>Me1, Mech 2</i>	Geç HR	<i>M.javanica</i> , <i>M.incognita</i> , <i>M.arenaria</i> , <i>M.chitwoodi</i>
Yolo Wonder	-	-	-

Bitkiler % 68 kum, % 21 Silt ve % 11 kil içeren kumlu toprak karışımı bulunan 250 ml hacime sahip plastik saksılara dikilmiş ve deneme, kontrollü koşullar altında, tesadüf blokları deneme desenine göre 10 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme 5 farklı başlangıç inokulum yoğunlukları (Pi) içermektedir. Bunlar; 1 yp (yumurta paketi), 5 yp, 10 yp, 20 yp ve 50 yp 'dir. Belirlenen Pi yoğunluğundaki yumurta paketleri çıkartılarak % 2'lik NaOCl içerisinde yumurtalar elde edilmiş, elde edilen bu yumurtalar ışık mikroskobu altında sayılmış ve ortalamaları alınmıştır. Bu değerler G7 izolatu için 1 yp

(310 yumurta), 5 yp (1540 yum.), 10 yp (3286 yum.), 20 yp (6248 yum.), 50 yp (12250 yum.) olarak bulunurken K4 izolatında 1 yp (420 yumurta), 5 yp (1900 yum.), 10 yp (4240 yum.), 20 yp (8500 yum.) ve 50 yp (20650 yum.) olarak belirlenmiştir.

Çalışmada pratik olma açısından inokulum kaynağı olarak yumurta paketi kullanılmıştır. Biber fidelerinin dikiminden 5 gün sonra kök boğazı yakınına yaklaşık 2 cm toprak derinliğine iki farklı noktadan yumurta paketleri inokule edilmiştir. Deneme inokulasyondan yaklaşık 9 hafta sonra sonlandırılmış, bitkiler sökülerek

kökler yıkanmış ve farklı inokulum yoğunluklarında 2 *M. incognita* ırk2 izolatının dayanıklı biber gen kaynaklarındaki reaksiyonu aşağıda belirtilen parametrelere göre değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı kullanılarak yapılmış ve tüm parametrelere varyans analizi uygulanarak ortalamalar 0.05 önem seviyesinde Duncan testine göre karşılaştırılmıştır.

Biber köklerinde gal sayımı yapılmış ve 0 – 5 urlanma indeksi kullanılarak köklerdeki urlanma oranları verilmiştir.

Hartman ve Sasser (1985) Kök urlanma indeksi:

- 0: Kökte yumurta kesesi ve ur oluşumu yok,
- 1: Kökte 1-2 yumurta kesesi ve ur oluşumu var,
- 2: Kökte 3-10 yumurta kesesi ve ur oluşumu var,
- 3: Kökte 11-30 yumurta kesesi ve ur oluşumu var,
- 4: Kökte 31-100 yumurta kesesi ve ur oluşumu var,
- 5: Kökte 100'den fazla yumurta kesesi ve ur oluşumu var,

Oluşan yumurta paketleri binoküler mikroskop altında sayılmıştır. Sayımı yapılan yumurta paketleri bistüri ve pens yardımıyla çıkartılarak efendorf tüplere alınmış ve % 2'lik NaOCl içerisinde yumurtalar elde edilerek, Pf değerleri belirlenmiştir. Üreme oranı (Pf/Pi) hesaplanmıştır.

**Çizelge 2.** G7 izolatının Carolina Wonder, CM334 ve PM217 ile duyarlı Yolo Wonder hatlarındaki Pi değerlerine göre gal indeksi, gal sayısı, yumurta paketi ve yumurta sayıları ve üreme oranları.

**Table 2.** Gal index, gal number, egg mass and egg counts and reproduction rates according to the values of Carolina Wonder, CM334 and PM217 and susceptible Yolo Wonder lines of G7 isolate.

Carolina Wonder (N)					
Pi değerleri	Gal indeksi	Gal sayısı	Yumurta paketi sayısı	Yumurta sayısı	Üreme oranı
1 YP	0.0+0.0 a*	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
5 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
10 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
20 YP	1.4+0.3 b	3.4+1.4 a	1.6+0.4 a	2928+1840,9 b	0.5+0.3 b
50 YP	3.0+0.0 c	18.2+2.8 b	15.2+1.9 b	8590+994,5 c	0.6+0.7 b
CM334 (Me7-Mech1)					
1 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
5 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
10 YP	0.8+0.2 b	1.4+0.4 a	0.6+0.2 a	77.2+31.7 a	0.06+0.03 c
20 YP	2.2+0.2 c	6.0+1.4 b	2.0+0.4 a	230.8+50.6 b	0.04+0.009 bc
50 YP	2.4+0.4 c	9.2+2.3 b	5.8+1.6 b	376.4+76.2 c	0.03+0.006 ab
PM217 (Me1-Mech2)					
1 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
5 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
10 YP	0.6+0.2 b	0.8+0.4 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
20 YP	2.6+0.2 c	13.4+2.5 b	10.4+2.8 b	3889+899.8 b	0.76+ 0.17 b
50 YP	3.6+0.2 d	35.8+8.1 c	29.0+6.1 c	14128+989.0 c	1.1+0.07 c
Yolo Wonder (Duyarlı)					
1 YP	3.4+0.2 a	28.0+1.8 a	38.0+2.5 a	3040+203.9 a	10.2+0.6 a
5 YP	5.0+0.0 b	70.8+7.2 ab	118.6+28.1 ab	15400+3024.5 a	10.8+2.1 a
10 YP	5.0+0.0 b	163.4+6.8 b	238.2+22.5 b	56300+2833.3 b	17.6+0.9 b
20 YP	5.0+0.0 b	364.2+60.8 c	699.2+109.3 c	151000+8307.9 c	28.8+2.7 c
50 YP	5.0+0.0 b	619.0+62.9 d	1001.8+100.0 d	520000+28170 d	34.4+1.9 d

0-5 kök gal indeksi skalası, 0 kökte gallenme yok, 5: kökte 100'den fazla gallenme var (Hartman ve Sasser, 1985)

\* Aynı sütündeki harflendirme 0.05 önem seviyesinde Tukey testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

Üreme oranı: Pf/Pi

CM334 (*Me7-Mech1*) dayanıklı biber hattında 1 yp ve 5 yp inokulasyon yoğunluklarında G7 izolati gal ve yumurta paketi oluşturamamış, 10 yp, 20 yp ve 50 yp inokulasyon değerlerinde ise gal ve yumurta paketi görülmüş ve inokulasyon yoğunluğu arttıkça gal sayısı ve yumurta paketi sayısında artış tespit edilmiştir. Bu biber hattında da en yüksek gal sayısı, gal indeksi, yumurta paketi ve yumurta sayısı ile üreme oranı 50 yp inokulasyon yoğunluğunda bulunmuştur. 20 yp ve 50 yp inokulasyon değerlerinde gal indeksleri birbirine yakın bulunmuş ve aralarında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir ( $P<0.05$ ). Tüm inokulasyon yoğunluklarında CM334 (*Me7-Mech1*) dayanıklı biber hattında G7 izolati'nin üreme oranı 1'in altında saptanmış ve avirüent reaksiyon gösterdiği tespit edilmiştir. CM334 dayanıklı biber hattında 50 yp inokulasyon değerinde ele alınan değerlendirme parametreleri Carolina Wonder dayanıklı biber hattındaki aynı inokulasyon değeri ile karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuştur. Aynı izolat CM334 dayanıklı biber hattında daha az yumurta oluşturmuştur. Ancak iki biber hattında da 50 yp gibi yüksek inokulasyon değerlerinde bu sonuçlar oldukça düşük kalmaktadır (Çizelge 2).

PM217 (*Me1-Mech2*) dayanıklı biber hattında CM334 (*Me7-Mech1*)'de olduğu gibi 1 yp ve 5 yp inokulasyon değerlerinde G7 izolati gal ve yumurta paketi oluşturamamış 10 yp, 20 yp ve 50 yp inokulasyon değerlerinde ise gal ve yumurta paketi görülmüş ve inokulasyon yoğunluğu arttıkça gal sayısı ve yumurta paketi sayısında artış tespit edilmiştir. 10 yp Pi inokulasyon değerinde az da olsa gal bulunmuş fakat yumurta paketi ve yumurta görülmemiştir. PM217 dayanıklı biber hattında 20 yp ve 50 yp Pi değerlerinde deneme sonucunda sayılan yumurta paketi ve yumurta sayısının Carolina Wonder ve CM334 dayanıklı biber hatlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer dayanıklı biber hatlarında olduğu gibi PM217 dayanıklı biber hattında da en yüksek gal sayısı, gal indeksi ve yumurta paketi ve yumurta sayısı 50 yp Pi inokulasyon değerinde tespit edilmiştir. Üreme oranı 1 yp, 5 yp ve 10 yp inokulasyon değerlerinde 0 bulunmuş, 20 yp inokulasyon değerinde 0.76, 50 yp inokulasyon değerinde 1.1 saptanmıştır. PM217 (*Me1-Mech2*) dayanıklı biber hattında 50 yp Pi inokulasyon yoğunluğunda gal indeks değeri 3,6 bulunmuş ve dayanıklılığın kırıldığı görülmüştür. Diğer Pi inokulum yoğunluklarında *M. incognita* G7 izolati avirüent reaksiyon gösterirken, 50 yp Pi inokulum yoğunluğunda PM217 (*Me1-Mech2*) dayanıklı biber hattında virüent reaksiyon göstermiştir (Çizelge 2). Yüksek inokulum yoğunluğunda PM217 biber hattında dayanıklılığın kırılabileceği ortaya konmuştur. Ancak 50 yp Pi inokulum yoğunluğunda bulunan 1.1 üreme oranı Yolo Wonder hattındaki en düşük Pi inokulum yoğunluğundaki üreme oranından (10.2) oldukça düşüktür (Çizelge 2).

*Meloidogyne incognita*'ya duyarlı Yolo Wonder biber hattında tüm Pi inokulasyon değerlerinde gal sayısı, gal indeksi, yumurta paketi ve yumurta sayısı elde edilmiş ve üreme oranı hesaplanmıştır. En düşük gal indeks değeri 3.4 ile 1 yp inokulasyon değerinde bulunmuş, diğer Pi inokulasyon değerlerinde gal indeksi 5.0 tespit edilmiştir. Düşük yoğunlukta bile duyarlı Yolo Wonder biber hattında *M. incognita* G7 izolatinin iyi gelişim gösterdiği bulunmuştur. Yolo Wonder duyarlı biber hattında farklı Pi inokulasyon değerlerinde gal sayısının 28-619 arasında, yumurta paketi sayısının ise 38-1001.8 arasında değiştiği görülmüştür. İnokulasyon değeri arttıkça gal sayısı, yumurta paketi ve yumurta sayısının da artış gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek değerlendirme parametreleri 50 yp inokulasyon değerinde bulunmuştur. Yolo Wonder biber hattında G7 izolati yüksek yoğunluklarda yumurta oluşturmuş ve üreme oranları yüksek bulunmuştur. Üreme oranı en düşük 10.2 ile 1 yp inokulasyon yoğunluğunda bulunmuş ve bunu 10.8 ile 5 yp inokulasyon yoğunluğu takip etmiştir. Yolo Wonder biber hattında en yüksek üreme oranı 34.4 ile 50 yp inokulasyon yoğunluğunda bulunmuştur. İnokulasyon yoğunluğu arttıkça üreme oranının da arttığı görülmüştür. Bu hatta G7 izolatinin patojenitesi yüksek bulunmuştur (Çizelge 2).

Dayanıklı biber hatlarında değerlendirme parametreleri değerleri duyarlı Yolo Wonder değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük görülmekte, dayanıklı biber hatlarında *M. incognita* G7 izolatinin patojenitesi çok düşük bulunmuştur. Carolina Wonder ve CM334 dayanıklı biber hatlarında G7 *M. incognita* izolatına karşı stabil bir dayanıklılık sağlanmıştır. PM217 dayanıklı biber hattında ise 50 yp Pi inokulum değeri hariç diğer (1 yp, 5 yp, 10 yp ve 20 yp) Pi inokulum değerlerinde dayanıklılık kırılmamıştır (Çizelge 2).

#### ***Meloidogyne incognita* ırk2 K4 izolati'nin farklı Pi yoğunluklarının dayanıklı biber hatlarında reaksiyonu**

Carolina Wonder (*N* geni) dayanıklı biber hattında 1 yp ve 5 yp Pi inokulasyon yoğunluklarında *M. incognita* K4 izolati'nin gal ve yumurta paketi oluşturamadığı görülmüş, 10 yp Pi inokulasyonu ile birlikte gal ve yumurta paketi oluşumu saptanmıştır. 20 ve 50 yp Pi değerlerinde gal sayısı, gal indeksi ve yumurta paketi sayısı çok yüksek bulunmamıştır. Carolina Wonder dayanıklı biber hattında en yüksek parametreler G7 izolatında olduğu gibi K4 izolatında da 50 yp Pi değerinde tespit edilmiş, gal sayısı 1.6, yumurta paketi 4.0 ve yumurta sayısı 2440.4 saptanmıştır. Bu dayanıklı biber hattında 1, 5, 10 20 ve 50 yp Pi inokulasyon değerlerinde *M. incognita*'nın üreme oranı 1'in altında saptanmış, 20 ve 50 yp Pi inokulasyon yoğunluklarında üreme oranları en yüksek bulunmuş (0.1) ve aralarında istatistiksel açıdan fark görülmemiştir ( $P\leq 0.05$ ). K4

izolatı Carolina Wonder dayanıklı biber hattında avirürent reaksiyon göstermiştir (Çizelge 3). G7 izolatının Carolina Wonder dayanıklı biber hattında üreme oranı K4 izolatından daha yüksek tespit edilmiştir (Çizelge 2) (Çizelge 3).

CM334 (*Me7-Mech1*) dayanıklı biber hattında 1 yp ve 5 yp Pi inokulasyon değerlerinde K4 izolatu gal ve yumurta paketi oluşturamamış, 10 yp, 20 yp ve 50 yp inokulasyon değerlerinde ise gal ve yumurta paketi görülmüş ve inokulasyon yoğunluğu arttıkça değerlendirme parametrelerinde artış tespit edilmiştir. En yüksek parametreler 50 yp Pi inokulasyon değerinde görülmüş, gal indeksi 2.4, gal sayısı 6.4, yumurta paketi sayısı 8.2 ve yumurta sayısı 2468 olarak bulunmuştur.

Tüm Pi inokulasyon değerlerinde CM334 (*Me7-Mech1*) dayanıklı biber hattında K4 izolatının üreme oranı 1'in altında saptanmış ve avirürent reaksiyon göstermiştir. En yüksek üreme oranı 50 yp Pi inokulasyon değerinde 0.2 tespit edilmiştir. CM334 dayanıklı biber hattında 50 yp inokulasyon değerinde ele alınan değerlendirme parametreleri Carolina Wonder dayanıklı biber hattındaki aynı inokulasyon değeri ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca CM334 dayanıklı biber hattında G7 izolatu ile karşılaştırıldığında K4 izolatu daha fazla yumurta oluşturmuştur ve üreme oranları daha yüksek saptanmıştır. İzolatların aynı dayanıklı biber hattında aynı inokulum yoğunluğunda reaksiyonları oldukça farklıdır (Çizelge 2) (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** K4 izolatının Carolina Wonder, CM334 ve PM217 ile duyarlı Yolo Wonder hatlarındaki Pi değerlerine göre gal indeksi, gal sayısı, yumurta paketi ve yumurta sayıları ve üreme oranları

**Table 3.** Gal index, gal number, egg mass and egg counts and reproduction rates according to the values of Carolina Wonder, CM334 and PM217 and susceptible Yolo Wonder lines of K4 isolate.

Carolina Wonder (N)					
Pi değerleri	Gal indeksi	Gal sayısı	Yumurta paketi sayısı	Yumurta sayısı	Üreme oranı
1 YP	0.0+0.0 a*	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
5 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
10 YP	0.4+0.2 a	0.6+0.4 a	0.6+0.4 a	328+217 a	0.07+0.06 a
20 YP	1.0+0.0 b	1.4+0.2 a	1.4+0.2 a	887.2+183.6 a	0.1+0.03 a
50 YP	1.6+0.2 c	4.2+1.3 b	4.0+1.8 b	2440.4+1038.1 b	0.1+0.06 a
CM334 ( <i>Me7-Mech1</i> )					
1 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
5 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
10 YP	0.6+0.2 b	0.6+0.2 a	0.6+0.2 a	191.6+78.5 a	0.06+0.03 a
20 YP	1.4+0.2 c	1.8+0.5 a	2.0+0.6 a	610.8+138.4 a	0.08+0.03 ab
50 YP	2.4+0.2 d	6.4+2.1 b	8.2+2.9 b	2468+854.6 b	0.2+0.06 b
PM217 ( <i>Me1-Mech2</i> )					
1 YP	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a	0.0+0.0 a
5 YP	1.0+0.3 b	2.2+0.8 a	3.2+0.9 a	1429.6+193.7 a	0.8+0.1 ab
10 YP	2.4+0.2 c	10.4+1.3 a	14.8+3.2 a	5942+1376.5 ab	1.4+0.3 ab
20 YP	3.6+0.2 d	39.4+7.3 b	73.8+15.9 b	30048+6324.6 b	3.5+0.7 b
50 YP	4.6+0.2 e	103.4+5.8 c	204+35.9 c	90098+19238.6 c	4.4+2.3 c
Yolo Wonder (Duyarlı)					
1 YP	2.4+0.2 a	12.8+2.3 a	22.4+6.9 a	6942.8+2237.8 a	16.9+5.5 a
5 YP	3.4+0.2 b	35.6+4.9 b	65.0+10.3 a	24911+3969.7 a	13.1+2.1 a
10 YP	4.0+0.0 c	91.4+3.8 c	166.4+9.1 b	69212+4867 b	16.3+1.1 a
20 YP	5.0+0.0 d	141.0+5.3 d	259.6+11.4 c	112160+5074.4 c	13.2+0.6 a
50 YP	5.0+0.0 d	209.8+13.7 e	444.8+54.2 d	192550+25889.4 d	9.3+1.3 a

0-5 kök gal indeksi skalası, 0 kökte gellenme yok, 5: kökte 100'den fazla gellenme var (Hartman ve Sasser, 1985)

\* Aynı sütündeki harflendirme 0.05 önem seviyesinde Tukey testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

Üreme oranı: Pf/Pi

PM217 (*Me1-Mech2*) dayanıklı biber hattında 1 yp Pi inokulasyon yoğunluğunda tüm değerlendirme parametreleri 0 bulunmuş ancak 5 yp Pi inokulasyon yoğunluğuyla birlikte parametrelerde artışlar tespit edilmiştir. Gal indeksi en düşük 1.0 değeri ile 5 yp Pi inokulum yoğunluğunda, en yüksek ise 4.6 değeri ile 50 yp Pi inokulum yoğunluğunda bulunmuştur. 1 yp Pi inokulum yoğunluğu hariç diğer Pi inokulum yoğunluklarının hepsinde yumurta paketi ve yumurta sayısı elde edilmiştir. İnokulasyon yoğunluğu arttıkça değerlendirme parametreleri değerleri artmış ve en

yüksek 50 yp Pi inokulum yoğunluğunda saptanmıştır. PM217 dayanıklı biber hattında yumurta paketi sayısı 2.2-103.4, yumurta sayısı ise 1429.6-90098 arasında değişim göstermiştir. Üreme oranı ise 0.8-10.6 arasında değişmiş ve K4 izolatu 1 ve 5 yp Pi inokulum değerlerinde PM217 dayanıklı biber hattında avirürent reaksiyon gösterirken 10, 20 ve 50 yp Pi inokulasyon yoğunluklarında virürent reaksiyon göstermiştir (Çizelge 3). G7 izolatu PM217 dayanıklı biber hattında sadece 50 yp Pi inokulum değerinde virürent reaksiyon gösterirken, K4 izolatu 10, 20 ve 50 yp Pi

inokulum değerinde virüent reaksiyon gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2) (Çizelge 3).

*Meloidogyne incognita*'ya duyarlı Yolo Wonder biber hattında en düşük gal indeks değeri 2.4 ile 1 yp inokulasyon değerinde bulunmuş, en yüksek ise 5.0 değeri ile 20 ve 50 yp Pi inokulasyon yoğunluklarında tespit edilmiştir. Düşük yoğunlukta bile duyarlı Yolo Wonder biber hattında K4 izolatının G7 izolatı gibi iyi gelişim gösterdiği bulunmuştur (Çizelge 2) (Çizelge 3). Yolo Wonder biber hattında K4 izolatının farklı inokulasyon değerlerinde gal sayısının 12.8-209.8 arasında, yumurta paketi sayısının 22.4-444.8, yumurta sayısının ise 6942.8-192550 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 3). İnokulasyon değeri arttıkça gal sayısı, yumurta paketi ve yumurta sayısı da artış gösterdiği tespit edilmiştir. Değerlendirme parametreleri içerisinde en yüksek değerler 50 yp inokulasyon yoğunluğunda bulunmuştur. Üreme oranı en düşük 50 yp Pi inokulum yoğunluğunda 9.3 olarak bulunurken, en yüksek 16.9 ile 1 yp Pi inokulum yoğunluğunda bulunmuş aralarında istatistiksel açıdan fark görülmemiştir ( $P \leq 0.05$ ). İlginçtir ki K4 izolatının Yolo wonder biber hattında Pi inokulum yoğunluklarındaki artışa göre üreme oranının artmadığı aksine düştüğü saptanmıştır (Çizelge 3). Yolo Wonder biber hattında G7 izolatında ise Pi yoğunluğu ile üreme oranı artışı aynı olmuş ve üreme oranları daha yüksek bulunmuş, 10, 20 ve 50 yp Pi inokulasyon yoğunluklarında üreme oranlarında istatistiksel fark tespit edilmiştir (Çizelge 2). Bunun nedeni G7 izolatının Yolo Wonder biber hattında K4 izolatından daha yüksek yoğunluklarda yumurta paketi ve yumurta oluşturmasıdır (Çizelge 2) (Çizelge 3). K4 izolatı PM217 dayanıklı biber hattında bazı Pi inokulum yoğunluklarında virülenslik gösterip dayanıklılığı kırdığı için duyarlı Yolo Wonder biber hattında daha yüksek üreme oranları beklenirken, sonuçlar daha farklı çıkmıştır (Çizelge 3). Virülenslik ve patojenitede kültür bitkisi ve izolatın önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 2) (Çizelge 3). Thies (2011), Yolo Wonder B biber hattını *M. incognita* ile yaptığı çalışmada, hassas çeşit olarak testlemiş ve duyarlı konukçu reaksiyonu tespit etmiştir.

Yapılan birçok çalışmada, *N* genine sahip biber kültürlerinin *M. incognita*'ya karşı etkin bir şekilde dayanıklılık sağladığı bildirilmektedir (Hare 1956; Kokalis-Burelle et al. 2009; Thies et al. 1997, 1998). Djian-Caporalino et al. (1999), Lefebvre et al. (1993, 2001), CM334 biber hattında *M. incognita* ve *M. javanica*'ya karşı yüksek düzeyde dayanıklılığı rapor etmektedirler. Göze (2014), K4 *M. incognita* izolatının 15 yp (4800 yumurta) inokulasyon yoğunluğunda gal indeks değerlerini Carolina Wonder dayanıklı biber hattında 0.40, CM334 de 0 bulurken üreme oranları sırasıyla 0.003 ve 0 tespit edilmiştir. G7 izolatının ise yine aynı

yumurta paketi yoğunluğunda gal indeks değerleri Carolina Wonder dayanıklı biber hattında 0.40, CM334 de 0 bulunmuş, üreme oranları sırasıyla 0.015 ve 0 saptanmıştır. Aynı çalışmada 26 *M. incognita* izolatının Carolina Wonder ve CM334 biber hatlarında avirüent reaksiyon gösterdikleri bildirilmektedir. Çalışmamızda G7 ve K4 izolatları Carolina Wonder ve CM334 dayanıklı biber hatlarında farklı Pi inokulum yoğunluklarında avirüent reaksiyon göstermiş, yüksek inokulum yoğunluklarında bile dayanıklılığın kırılmadığı görülmüştür. Carolina Wonder ve CM334 biber hatlarının dayanıklılık islahı çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılacak hatlar olduğu düşünülmektedir. *Me1*, *Me3*, *Me7*, *Mech1* ve *Mech2* genlerinin birbiriyle bağlantılı olduğu ve 9. kromozom üzerinde grup halinde lokalize olduğu belirlenmiştir (Djian-Caporalino et al. 2001, 2007; Wang et al. 2009). Yapılan çalışmalarda, *Me3*-virüent popülasyonlar söz konusu iken *Me7*-virüent popülasyonlar bildirilmemiştir (Castagnone-Sereno et al. 1992, 1994).

*Me1-Mech2* genlerini taşıyan PM217 biber hattının Kök-ur nematodlarına yüksek düzeyde dayanıklılık sağladığı bilinmektedir (Hendy et al. 1985; Castagnone-Sereno et al. 2001; Djian-Caporalino et al. 2011). Castagnone-Sereno et al. (2001), *Me1* geni taşıyan HDA330 biber hattında 500 L2 inokulasyonunda 8 hafta sonunda 11 *M. incognita* izolatının üreme oranını  $0-8.10^{-5}$  arasında değiştiğini saptamıştır. Bu çalışmada PM217 (*Me1-Mech2*) dayanıklı biber hattında 50 yp Pi inokulum yoğunluğu hariç *M. incognita* G7 izolatı avirüent reaksiyon göstermiştir. K4 izolatının ise 1 ve 5 yp Pi inokulum değerlerinde PM217 dayanıklı biber hattında avirüent reaksiyon gösterirken 10, 20 ve 50 yp Pi inokulasyon yoğunluklarında virüent reaksiyon gösterdiği tespit edilmiştir. Hendy et al. (1985), PM217 biber hattında *M. incognita* ve bazı *M. arenaria* popülasyonlarının nadiren de olsa gelişebildiğini ve küçük dev hücreler meydana geldiğini bildirmektedirler. Devran ve Söğüt (2010), kök-ur nematoduna dayanıklı Alsancak ve hassas Tuezda domates çeşitlerinde yürüttükleri çalışmada G7 ve K4 izolatının nematod dayanımını kıramadığını ve Alsancak çeşidinde avirüent reaksiyon gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar G7 izolatının gal indeks değerleri Alsancak çeşidinde 1.3, Tuezda çeşidinde ise 4.3 olarak bulunmuştur. K4 izolatı ise Alsancak çeşidinde 0.5 gal indeks değerini alırken, Tuezda da 5.5 gal indeksi saptanmıştır. Göze (2014), PM217 dayanıklı biber hattında K4 izolatının gal indeksini 4.40 ve üreme oranını 5.68, G7 izolatının ise gal indeksi 1.2 ve üreme oranı 0.011 bulmuş, K4 izolatının PM217 dayanıklı biber hattında 15 yp (~4800 yumurta) inokulasyon yoğunluğunda dayanıklılığı kırdığı ve virüent reaksiyon gösterdiğini tespit etmiştir. Görüldüğü üzere dayanıklı

domates çeşidinde K4 izolatu virülenslik göstermezken, Göze (2014), PM217 de K4 izolatu virulent bulmuştur. Ayrıca yaptığımız çalışmada da K4 izolatu PM217 de 20 ve 50 yp inokulum yoğunluklarında virülenslik görülmektedir. Aynı izolatlarla birbirini takip eden çalışmalar gösteriyor ki virülenslik dayanıklılık sağlayan gene göre değişirken, aynı zamanda K4 izolatu virülensliğinin zamanla düşmediği görülmektedir. Virülenslik nematodun üreme gücüyle alakalı olup, virülenslik kazanımı nematod açısından bakılacak olursa yok olma tehdidinden ya da modifikasyondan dolayı olabilmektedir. Bitki açısından değerlendirilecek olursa üretilen antioksidan ya da hormon değişimi savunma tepkisini etkilemiş ve nematodun infeksiyon yapmasına izin vermiş olabilir (Williamson and Roberts, 2009). Ülkemizde ıslah çalışmalarında PM217 ile çalışırken dikkat edilmesi ve farklı bölgelerden elde edilen kök-ur nematodu popülasyonları ile reaksiyon çalışmalarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca Özarslandan ve ark. (2015), 1000 L2 *M. incognita* inokulasyon yoğunluğunda PM217 dayanıklı biber hattında ur skalasını 0 bulurken, Yolo Wonder B de 4.5 olarak tespit etmişlerdir. Castagnone-Sereno et al. (2001), *Me1* geni taşıyan HDA330 biber hattında 500 L2 inokulasyonunda 8 hafta sonunda 11 *M. incognita* izolatu üreme oranını  $0-8.10^{-5}$  arasında değiştiğini saptamıştır. Hendy et al. (1985), PM217 biber hattında *M. incognita* ve bazı *M. arenaria* popülasyonlarının nadiren de olsa gelişebildiğini ve küçük dev hücreler meydana geldiğini bildirmektedirler.

K4 izolatu PM217 dayanıklı biber hattında 10, 20 ve 50 yp Pi inokulum yoğunluklarında virülenslik gösterip dayanıklılığı kırmış ve Pi yoğunluğu ve üreme oranı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür. Aynı sonuç Yolo Wonder biber hattında da beklenirken, sonuçlar daha farklı çıkmıştır. Yolo Wonder biber hattında K4 izolatu üreme oranı Pi değeri arttıkça azalmıştır. Virülenslik ve patojenitede kültür bitkisi ve izolatu önemli olduğu görülmektedir. Chandra et al. (2010), *M. incognita*'nın dört kabak çeşidinde üreme oranı ile başlangıç inokulum yoğunluğu arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir. Yüksek popülasyon seviyesindeki nematod çoğalımında meydana gelen azalma, kök sisteminin bozulması ve kök sistemi içinde gelişmekte olan nematodlar arasında gıda ve beslenme rekabeti ve de gal dokularında büyüyen larvaların kısıtlanmasıyla yeni yerlere hareket edemediklerinden kaynaklanabilmektedir (Ogunfowora, 1977; Wallace, 1973; Khan et al. 2006).

## SONUÇ

Çalışmada dayanıklı bitki hattı, nematod inokulum yoğunluğu ve nematod izolatlarının farklılığının bitki-

nematod reaksiyonuna etkisi araştırılmıştır. G7 ve K4 *M. incognita* izolatlarının denemedeki farklı inokulum yoğunluklarında Carolina Wonder (N geni) ve CM334 (Me7) dayanıklı biber hatlarında üreme oranı çok düşük bulunmuş ve yüksek inokulum yoğunluklarında da stabil bir dayanıklılık görülmüştür. PM217 dayanıklı biber hattında dayanıklılığın sürekliliğinin sağlanmasında izolat ve Pi değerleri açısından sıkıntılar tespit edilmiştir. Konukçu bitki ve izolat farklılığının Pi inokulum reaksiyonunda etkisi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bu çalışmada, değişken nematod popülasyon seviyelerinin varlığında dayanıklı bitkilerde nematod direncinin nispi değerinin azaldığı açıkça ortaya konmuştur. Sonuçlarımız, konukçu bitki dayanıklılığı ve toleranslık gibi yönleri araştırırken mümkün olduğunca çok sayıda nematod parametresini düşünmenin önemli olduğunda göstermektedir.

Dayanıklılığın sürekliliğinde başlangıç popülasyon yoğunluğunun önemli olduğu görülmektedir. Yüksek inokulum yoğunluklarında dayanıklılığın yönetilmesi gereklidir. Fourie et al. (2010), yüksek inokulum yoğunluklarında tek başına dayanıklı çeşit kullanımının nematod mücadelesinde yeterli olmadığını bildirmektedir. Djian-Caporalino et al. (2014), nematodların yaşam döngüsünün yavaş olduğu Kasım-Aralık ayında araziye nematod dayanımı olmayan marul dikmiş ve hava sıcaklığı 7°C 'ye ulaşmadan Şubat ayında hasat etmiştir. Bu şekilde nematod yoğunluğu düşürülmüş ve marul hasadından sonra dayanıklı ve hassas biber dikimi yapılmış ve dayanıklı biberlerin gal indekslerinin 2'ye ulaşmadığı tespit edilmiştir. Bitki hasat edildikten sonra toprakta kalan bitki paraziti nematod yoğunluğunda tek başına konukçu bitki direncinin yeterli olmayabileceğini ve nematod yönetim sistemlerinin dikkatli bir şekilde yapılandırılmasının önemi bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır (Sikora et al. 2005; Fourie et al. 2010).

Kök-ur nematodlarına karşı mücadelede rotasyon sistemleri ve dayanıklı çeşit kullanımı için farklı başlangıç popülasyonu (Pi) yoğunluklarının araştırılması ve tolerans sınırlarının ortaya çıkarılması gerekmektedir. Dayanıklı çeşidin piyasaya sürülmeden önce nematologların yaptıkları screen programları da dayanıklılık yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Islahçılar ve nematologlar screen çalışmalarında saldırgan bir nematod izolatu ve yüksek inokulum yoğunlukları ile çalışarak yüksek düzeyde dayanıklılığa sahip genotipleri tespit etmelidir.

## TEŞEKKÜR

Çalışma materyalleri için Yüksel Tohumculuk Tarım San.ve Tic. Ltd. Şti. teşekkür ederiz.



## KAYNAKLAR

- Barker, K.R. and T.H.A. Olthof. 1976. Relationships between nematode population densities and crop responses. Annual review Phytopathology, 14: 327-353.
- Bommalinga, S., B.M.R. Reddy, N.G. Ravichandra, D.M. Preethi, P.S. Prasad and A.C. Kiran Kumar. 2013. Bio-Management of *Meloidogyne incognita* on bell pepper (*Capsicum annuum*) using different bio-agents. Indian Journals Bioinfolet, 10: 55-58.
- Castagnone-Sereno, P., M. Bongiovanni, and A. Dalmasso. 1992. Differential expression of root-knot resistance genes in tomato and pepper: evidence with virulent and avirulent near-isogenic lineages. The Annals of Applied Biology, 120, 487-492.
- Castagnone-Sereno, P., E. Wajnberg, M. Bongiovanni, F. Leroy, and A. Dalmasso. 1994. Genetic variation in *Meloidogyne incognita* virulence against the tomato *Mi* resistance gene: evidence from isofemale line selection studies. Theoretical and Applied Genetics, 88, 749-753.
- Castagnone-Sereno, P., M. Bongiovanni, and C. Djian-Caporalino. 2001. New data on the specificity of the root-knot nematode resistance genes *Me1* and *Me3* in pepper. Plant Breeding, 120, 429-433.
- Chandra, P., R. Sao, S.K. Gautam and A.N. Poddar. 2010. Initial population density and its effect on the pathogenic potential and population growth of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* in four species of cucurbits. Asian Journal of Plant Pathology, 4(1):1-15.
- Dalmasso, A., M.C. Cardin, E. Pochard and M.C. Daunay. 1985. Pouvoir pathogene des nematods *Meloidogyne* et genetique de la resistance chez quelques solanacees maraicheres. Comptes Rendus des Seances de l'Academie d' Agriculture de France, 71: 771-779.
- Devran, Z. and M.A. Söğüt. 2009. Distribution and Identification of Root-knot nematodes from Turkey. Journal of Nematology, 41(2): 128-133.
- Di Vito, M., N. Greco and A. Carella. 1985. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annuum* L. Journal of Nematology, 17:45-49.
- Di Vito, M., F. Saccardo and G. Zacheo. 1991. Response of lines of *Capsicum* spp. To Italian populations of four species of *Meloidogyne*. Nematologia Mediterranea, 19: 43-46.
- Di Vito, M., V. Cianciotta and G. Zacchea. 1992. Yield of susceptible and resistant pepper in microplots infested with *Meloidogyne incognita*. Nematotropa, 22: 1-6.
- Di Vito, M., N. Vovlas and P. Castillo. 2004. Host parasite relationships of *Meloidogyne incognita* on spinach. Plant pathology, 53:508-514.
- Djian-Caporalino, C., L. Pijarowski, A. Januel, V. Lefebvre, A. Daubeze, A. Palloix, A. Dalmasso and P. Abad. 1999. Spectrum of resistance to root knot nematodes and inheritance of heat-stable resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.). Theoretical and Applied Genetics, 99: 496-502.
- Djian-Caporalino, C., L. Pijarowski, A. Fazari, M. Samson, L. Gaveau, C. O'Byrne, V. Lefebvre, C. Caranta, A. Palloix, and P. Abad, 2001, High-resolution genetic mapping of the pepper (*Capsicum annuum* L.) resistance loci *Me3* and *Me4* conferring heat-stable resistance to root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Theoretical and Applied Genetics, 103, 592-600.
- Djian-Caporalino, C., A. Fazari, M.J. Arguel, T. Vernie, C. Vande Castele, I. Faure, G. Brunoud, L. Pijarowski, A. Palloix, V. Lefebvre, and P. Abad, 2007. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) *Me* resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. Theoretical and Applied Genetics, 114, 473-486.
- Djian-Caporalino, C., S. Molinari, A. Palloix, A. Ciancio, A. Fazari, N. Marteu, N. Ris and P. Castagnone-Sereno. 2011. The reproductive potential of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* is affected by selection for virulence against major resistance genes from tomato and pepper. European Journal Plant Pathology, 131: 431-440.
- Djian-Caporalino, C., A. Palloix, A. Fazari, N. Marteu, A. Barbary, P. Abad, A.M. Sage-Palloix, T. Mateille, S. Risso, R. Lanza, C. Taussig, and P. Castagnone-Sereno. 2014. Pyramiding, alternating or mixing comperative performances of deployment strategies of nematode resistance genes to promote plant resistance efficiency and durability. Biomedcentral Plant Biology, 14-53.
- Fazari, A., A. Palloix, L. Wang, M. Hua, A. Sage-Palloix, B. Zhang and C. Djian-Caporalino. 2012. The root-knot nematode resistance *N*-gene co-localizes in the *Me*- genes cluster on the pepper (*Capsicum annuum* L.) P9 chromosome. Plant Breeding, 131: 665-673.
- FAO, 2012. // http: www.fao.org. Erişim tarihi: Kasım, 2012.
- Fery, R.L., and P.D. Dukes. 1984. 'Carolina Cream' southernpea. HortScience, 19: 456-457.
- Fery, R. L., P.D. Dukes and J.A. Thies. 1998. 'Carolina Wonder' and 'Charleston Belle': Southern root-knot nematode resistant bell peppers. HortScience, 33: 900-902.
- Fourie, H., A.H. Mc Donald and D. De Waele. 2010. Relationships between initial population densities of *Meloidogyne incognita* race 2 and nematode population development in terms of variable soybean resistance. Journal of Nematology, 42(1):55-61.
- Gergon, E.B., S.A. Miller, J.M. Halbrend and R.G. Davide. 2002. Effect of rice root-knot nematode on growth and yield of Yellow Granex. Onion. Plant Disease, 86: 1339-1344.
- Giri Babu, P., R.V. Singh and A.D. Munshi. 2008. Pathogenicity of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* race 1) on Ridge gourd (*Luffa acutangub*) and sponge gourd (*Luffa cylindrica*). Indian Journal of Nematology, 38: 255-257.
- Göze, F.G., 2014. Nematoda Dayanımlı Bazı Biber Gen Kaynaklarında Kök-ur Nematodu (*Meloidogyne* spp.) Popülasyonlarının Reaksiyonlarının Belirlenmesi. S.D.Ü. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 112s, Isparta.
- Hare, W.W. 1956. Comparative resistance of seven pepper varieties to five root-knot nematodes. Phytopathology, 46:669-672.
- Hare, W.W. 1966. New pimiento is resistant to nematodes. Miss. Farm Res. 29(2): 1-8.
- Hartman, K.M. and J.N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. In: Barker, K.R., Carter, C.C., Sasser, J.N. (Eds.), An Advanced Treatise on Meloidogyne. Methodology, vol. II. North Carolina State University Graphics, North Carolina, pp. 69-77.
- Hendy, H., E. Porchard and A. Dalmasso. 1983. Identification de 2 nouvelle sources de resistance aux nematodes du genre *Meloidogyne* chezle pimenta *Capsicum annuum* L., CR Seances Acad Agric. Fraudes, 69: 817-822.
- Hendy, H., A. Dalmasso, and M.C. Cardin. 1985. Differences in resistant *Capsicum annuum* attacked by different *Meloidogyne* species. Nematologica, 31: 72-78.
- Jones, F.G.W. 1956. Soil population studies using microplots. Nematologica, 1: 109-110.
- Kepenekçi, İ., E. Evlice, A. Aşkın, M. Özakman and B. Tunalı. 2009. Burdur, Isparta ve Eskişehir illerindeki örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde sorun olan kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'nın fungal ve bakteriyel patojenlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni, 49 (1): 21-30.
- Khan, A.A. and M.W. Khan. 1991. Suitability of some cultivars of pepper as host for *Meloidogyne javanica* and races of *M. incognita*. Nematology Medirreanean, 19: 51-53.

- Khan, T.A., M.S. Ashraf and S. Hasan. 2006. Pathogenicity and life cycle of *Meloidogyne javanica* on Balsam (*Impatiens balsamina*). Arch. Phytopathology Plant Protection, 39:45-48.
- Kokalis –Burrelle, N., M.G. Bausher and E.N. Roskopf. 2009. Greenhouse evaluation of *Capsicum* rootstocks for management of *Meloidogyne incognita* on grafted bell pepper. Nematophica, 39: 121-132.
- Kumar, M. and K.N. Pathak. 2005. Influence of *Meloidogyne incognita* on germination, seedling emergence and plant growth of lettuce, *Lactuca sativa* Linn., Ann. Plant Protection Society, 13:224-229.
- Lefebvre, V., A. Palloix, and M. Rives, 1993. Nuclear RFLP between pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). Euphytica, 71, 189-199.
- Lefebvre, V., B. Goffinet, J.C. Chauvet, B. Caromel, P. Signoret, R. Brand, and A. Palloix. 2001. Evaluation of genetic distances between pepper inbred lines for cultivar protection purposes; comparison of FLP, RAPD and phenotypic data. Theoretical and Applied Genetics, 102, 741-750.
- Lindsey, D.L. and M.S. Clayshulte. 1982. Influence of initial population densities of *Meloidogyne incognita* on three chile cultivars. Journal of Nematology, 14: 353-358.
- Mekete, T., W. Mandefro and N. Greco. 2003. Relationship between initial population densities of *Meloidogyne javanica* and damage to pepper and tomato in Ethiopia. Nematology Mediterranean, 31:169-171.
- Morgan, G. D., W.R. Stevenson, A. E. MacGuidwin, K.A. Kelling, L.K. Binning and J. Zhu. 2002. Plant pathogen population dynamics in potato fields. Journal of Nematology, 34(3):189-193.
- Parveen, K., A. Haseeb and P.K.I. Shukla. 2006. Pathogenic potential of *Meloidogyne incognita* on *Mentha arvensis* cv. Gomti. Indian Journal of Nematology, 36:177-180.
- Ogunfowora, A.O. 1977. Effect of different population levels of *Meloidogyne incognita* on the yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) in the Southwestern. Nigera Plant Protection, 3:61-67.
- Oka, Y., R. Offenbach and S. Pivonia. 2004. Pepper rootstock graft compatibility and response to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. Journal of Nematology, 36(2):137-141.
- Olthof, T.H.A. and J.W. Potter. 1973. The relationship between population densities of *Pratylenchus penetrans* and crop losses in summer-maturing vegetables in Ontario. Phytopathology, 63:577-582.
- Özarslandan, A., H. Pınar, A. Ata, and D. Keleş. 2015. Resistance of pepper lines against *Meloidogyne incognita*. Türkiye Entomoloji Dergisi, 39 (2): 209-215.
- Sasser, J.N. and C.C. Carter. 1985. Overview of the International Meloidogyne Project, 1974-1984. J.N., Sasser, C.C., Carter (eds.). An Advanced Treatise on Meloidogyne: Volume 1, Biology and Control. North Carolina State University Graphics, 19-24.
- Sasser, J.N. and D.W. Freckman. 1987. A world prospective on nematology: the role of the society, pp. 7-14 in *Vistas on Nematology* edited by J.A. Veech and Dickson Society of Nematologists, Hyattsville, M.D.
- Seinhorst J.W. 1965. The relation between nematode densities and damage to plants. Nematologica, 11: 137-154.
- Shafiee, M.F. and W.R. Jenkins. 1963. Host parasite relationships of *Capsicum frutescens* and *Pratylenchus penetrans*, *Meloidogyne incognita* acrita and *M. hapla*. Phytopathology, 53: 325-328.
- Sikora, R.A. J. Bridge, and J.L. Starr. 2005. Management practices: an overview of integrated nematode management technologies. In Luc M, Sikora, R.A, Bridge J.(eds) Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI, 319-392.
- Sorribas, F. J., C. Ornat, S. Verdejo-Lucas, M. Galeano and J. Valero. 2005. Effectiveness and profitability of the *Mi* resistant tomatoes to control root-knot nematodes. European Journal of Plant Pathology, 111: 29-38.
- Söğüt, M.A. ve İ.H. Elekçioglu. 2000. Akdeniz Bölgesi'nde sebze alanlarında bulunan *Meloidogyne* Goeldi, 1892 (Nemata: Heteroderidae) türlerinin ırklarının belirlenmesi. Türkiye Entomoloji Dergisi, 24 (1): 33-40.
- Söğüt, M.A. ve İ.H. Elekçioglu. 2007. Methyl Bromide alternatives for controlling *Meloidogyne incognita* in pepper cultivars in the Eastern Mediterranean region of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32 (1): 31-40.
- Stirling, G.R. 1991. Biological control of plant-parasitic nematodes. Wallingford, UK, CAB International. 282.
- Swarup, G. and R.D. Sharma. 1965. Root-knot of vegetables. IV. Relation between population density of *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita* var. acrita, and root and shoot growth of tomato seedlings. Indian Journal of Experimental Biology, 3:197-198.
- Thomas, S.H. and M. Cardenas. 1985. Relationship between pre-season numbers of *Meloidogyne incognita* and yield losses in Chili pepper cultivar. Phytopathology, 75:1304.
- Thies, J.A., J.D. Mueller and R.L. Fery. 1997. Effectiveness of resistance to southern root knot nematode in Carolina Cayenne pepper in greenhouse, microplot, and field tests. Journal of American Society of Horticultural Science, 122:200-204.
- Thies, J.A., J.D. Mueller and R.L. Fery. 1998. Use of a resistant pepper as a rotational crop to manage southern root-knot nematode. HortScience, 33: 716-718.
- Thies, J.A. and R.L. Fery. 2000. Characterization of resistance conferred by *N* gene to *Meloidogyne arenaria* races 1 and 2, *M. hapla*, and *M. javanica*. Journal of American Society of Horticultural Science, 125:71-75.
- Thies, J.A. and R.L. Fery. 2002a. Heat stability of resistance to southern root-knot nematode in bell pepper genotypes homozygous and heterozygous for the *N* gene. Journal of American Society of Horticultural Science, 127:371-375.
- Thies, J.A. and R.L. Fery. 2002b. Evaluation of core of the U.S. Capsicum Germplasm collection for reaction to the Northern root knot nematode. HortScience, 37(5): 805-810.
- Thies, J. A., 2011. Virulence of *Meloidogyne incognita* to expression of *N* gene in pepper. Journal of Nematology, 43 (2), 90-94.
- Vovlas, N., G. Lycorelli, N. Sasonelli, A. Trocoli, I.C. Papajova, J.E. Palomares-Rius and P. Castillo. 2008. Pathogenicity and host-parasite relationships of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on Celery. Plant Pathology, 57:981-987.
- TÜİK, 2012. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim tarihi: Kasım, 2012.
- Wallace, H.R. 1973. Nematode ecology and Plant Disease. Edward Arnold publishers Ltd., London, ISBN:0844802719, pp:228.
- Wang, L.H., X.H. Gu, M.Y. Hua, S.L. Mao, Z.H. Zhang, D.L. Peng, X.F. Yun, and B.X. Zhang, 2009. A SCAR marker linked to the *N* gene for resistance to root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in pepper (*Capsicum annuum* L.). Scientia Horticulturae, 122, 318-322.
- Williamson, V.M and P.A. Roberts. 2009. Mechanisms and genetics of resistance. In Perry RN, Moens M. Starr J. Root knot nematodes. CABI Publishing, 301-325.