



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (3):335-344  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1474602>

Barış ÇİPLİ<sup>1</sup>

Galip KAŞKAVALCI<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Syngenta Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş  
Şenevler Mah. Ormanyolu Caddesi, 6108  
Sokak, Doğapark Evleri, A Blok, 19/13,  
63320, Karaköprü, Şanlıurfa, Türkiye

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki  
Koruma Bölümü, 35100, Bornova, İzmir,  
Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[galip.kaskavalci@ege.edu.tr](mailto:galip.kaskavalci@ege.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Bitki paraziti nematodlar,  
biyolojik mücadele, salisilik asit, sistemik  
kazanılmış dayanıklılık

**Keywords:** Plant parasitic nematodes,  
biological control, salicylic acid, systemic  
acquired resistance

# Hıyar (*Cucumis sativus*) bitkisinde Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) ile mücadelede salisilik asit ve *Paecilomyces lilacinus* strain PL1'un birlikte kullanımı

The synergic usage effectiveness of salicylic acid and *Paecilomyces lilacinus* strain PL1 in the control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in cucumber (*Cucumis sativus*) plant

\* Bu makale Birinci Yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 27.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 01.06.2024

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada hıyar bitkisinde salisilik asit ile birlikte, organik tarımda kullanımı yaygınlaşan Bio Nematon® (*Paecilomyces lilacinus*) SL ve WP formülasyonlarının *Meloidogyne incognita*'ya karşı kullanım olanakları araştırılmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarı'na ait iklim odasında 16:8 fotoperiyod süresi ve 27±3°C'de kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Denemenin karakterlerini *Paecilomyces lilacinus* PL1 (Bio Nematon®) biyopreparatının SL ve WP formülasyonlarının ayrı ayrı ve salisilik asit (Carl Roth) ile kombine edilmiş uygulamaları, salisilik asit (Carl Roth) uygulaması, pozitif ve negatif kontrol oluşturmuştur. Negatif kontrol hariç tüm karakterlere *Meloidogyne incognita* (1500 J2/saksı) verilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Salisilik asit uygulaması pozitif kontrol ile karşılaştırıldığında kökteki ur oluşumu üzerinde %53 oranında azaltıcı etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Salisilik asit + Bio Nematon® WP uygulamasında bu oran %51.3 iken, salisilik asit + Bio Nematon® SL uygulamasında ise %50.9 oranında azaltıcı etki saptanmıştır. Deneme sonunda topraktaki bulunan J2 sayıları pozitif kontrol ile kıyaslandığında salisilik asit uygulaması ve salisilik asit + Bio Nematon® SL uygulamasının topraktaki J2 sayısı üzerinde %34.1 azaltıcı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Sonuç:** Salisilik asit uygulamalarının bitki gelişimi üzerinde olumlu etkiye, kökteki ur oluşumu üzerinde de azaltıcı etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to investigate the opportunities of using Bio Nematon® (*Paecilomyces lilacinus*) SL and WP formulations, which are widely used in organic farming, together with salicylic acid against *Meloidogyne incognita* in cucumber plants.

**Material and Methods:** The study was conducted in the climate chamber of the Nematology Laboratory of Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection at 27±3°C with a controlled photoperiod of 16:8. The characters of the experiment consisted of SL and WP formulations of *Paecilomyces lilacinus* PL1 (Bio Nematon®) biopreparation individually and in combination with salicylic acid (Carl Roth), salicylic acid (Carl Roth) treatment, positive and negative control. All treatments except the negative control were infected with *Meloidogyne incognita* (1500 J2/pot).

**Results:** It was found that salicylic acid treatment had a 53% reduction effect on root knot infections when compared to the positive control. While this rate was 51.3% in salicylic acid + Bio Nematon® WP treatment, it was 50.9% in salicylic acid + Bio Nematon® SL treatment. When the number of J2 in the soil at the end of the experiment was analyzed compared to the positive control, it was determined that salicylic acid application and salicylic acid + Bio Nematon® SL application had a 34.1% reducing effect on the number of J2 in the soil.

**Conclusion:** It was found that salicylic acid applications had a positive effect on plant growth, but it decreases the effect on root knot infections.

## GİRİŞ

Hıyar tek yıllık bir bitki olup anavatanı Hindistan'dır. Yetiştiriciliği ılıman ve subtropikal iklim kuşağı arasındaki geniş bir bölgede yayılım gösterir. Hıyarın dünyada üretim ve tüketiminin oldukça yaygın olduğu bilinmektedir. İçerdiği çeşitli besin değerleri nedeni ile insan beslenmesi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Hıyar bitkisinin üretimini uzun yıllardan beri yapan Çin ile Türkiye, Rusya ve Ukrayna dünyada önemli üretici ülkelerdendir. Dünya genelinde 2021 yılında hıyar üretimi toplamı 1 890 160 ton olarak gerçekleşmiştir. En yüksek hıyar üretimi Çin'de yapılmakta olup, Türkiye onun ardından 2. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2021).

Buna karşın, çiftçilerin hıyar üretiminde arzu ettikleri verimi almalarını engelleyen önemli zararlılar ve hastalıklar ile mücadele etmeleri gerekmektedir. Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) bu zararlılar arasında önemli bir yere sahiptir. Kök-ur nematodlarının 2. dönem larvaları köklerde beslenmeleri sonucunda köklerde ur oluşumuna sebep olurlar. Oluşan bu urlar bitkinin topraktan su ve besin elementi alımını zorlaştırarak bitkinin bodurlaşmasına, büyüme ve gelişimin aksamasına ve meyve kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Echeverrigaray et al., 2010).

Kök-ur nematodları ile bulaşık sebze yetiştiriciliği yapılan tarım alanlarında, gerekli mücadele önlemleri alınmadığı takdirde ürün kayıpları, yetiştiriciliği yapılan bitki çeşidine, hassasiyetine ve zararlı yoğunluğuna göre değişiklik göstermekle birlikte genellikle %15-85'e kadar ulaşabilmektedir. Sera koşullarında yetiştirilen hıyar bitkilerinde ise %16-47 arasında ürün kaybına neden olabilmektedir (Netscher & Sikora, 1990).

Dünyada tropik ve subtropikal iklim bölgelerinde pek çok tür bulunmasına rağmen, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1919, *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 ve *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949 türleri en yaygın ve ekonomik olarak önemli dört kök-ur nematodu türüdür (Netscher & Sikora, 1990). Türkiye'de de İzmir İli Ödemiş ve Kiraz ilçeleri turşuluk hıyar üretimi yapılan alanlarda, *Meloidogyne incognita* (%74,13) ve *M. javanica* (%25,87) türleri saptanmıştır (Cafarlı Ayhan & Kaşkavalcı, 2015).

Tarımsal üretimde geleneksel tarımdan modern tarım tekniklerine doğru geçilmesi gerekmektedir. Bitki koruma uygulamaları içerisinde yer alan pestisit kullanımının önemi günümüzde kaçınılmazdır ve modern tarımın bir bileşeni olarak görünmektedir. Tarımsal üretim sisteminin vazgeçilmez bir parçası olan pestisit kullanımı verim ve kaliteyi arttırmak için başvurulan mücadele yöntemlerindedir. Pestisit kullanımının kolaylığı, diğer mücadele yöntemlerine göre hızlı etki göstermesi ve ucuz olmasından dolayı en çok tercih edilen tarımsal mücadele yöntemidir (Akar & Tiryaki, 2018). Fakat pestisit kullanımının insan sağlığı, hayvan sağlığı ve çevreye olan olumsuz etkileri birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bilinçsiz bir şekilde pestisit kullanımı, gıdalarda, toprakta ve suda kalıntı bırakıp, insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir. Tüm dünyada tarımsal mücadele yönteminin başında gelen kimyasal mücadele yöntemi tarımsal sistemin ayrılmaz bir parçası olsa da kalıntı riski ve çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı organik tarım uygulamalarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Turhan, 2005).

Bitki koruma sorunlarının çözümünde yoğun olarak tercih edilen kimyasal ürünlerin olumsuz etkileri sonucu alternatif mücadele yöntemleri üzerine yapılacak araştırmalar günümüzde büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda nematodlara karşı bitkilerde uyarılmış dayanıklılık (SAR) konusu göze çarpmaktadır. Uyarılmış bitki dayanıklılığı bitkinin herhangi bir hastalık veya zararlı tarafından saldırıya uğradığı zaman bitkinin savunma sistemini aktif eden mekanizmadır. Bitkinin savunma sistemi dış saldırılara karşı bitkinin bağışıklık (immune) sisteminin aktivasyonuna yol açan protein ve kimyasalların üretilmesi ile tepki vermektedir. Uyarılmış bitki dayanıklılığı içinde yer alan Sistemik Kazanılmış Dayanıklılık (SAR) konukçuda farklı yolları uyarmaktadır. SAR'ı uyardığı bildirilen ilk bitki endojen kimyasalları arasında yer alan Salisilik asit, Pathogenesis-related (PR) proteinlerinin sentezini kodlayan genlerin aktivasyonuna neden olur (Tosun & Onan, 2020). Bitki dokusunda salisilik asit seviyesi arttığında bitkinin dayanıklılığı da artmaktadır (Kamle et al., 2020).

Bununla birlikte bazı biyopreparatlarının kullanımı sonucunda başarı elde edilmektedir. Bunlar arasında *Paecilomyces lilacinus* Samson, 1974 (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) en yaygın kullanılanlardandır. *Paecilomyces lilacinus*'un sporları çimlenir ve nematodun kutikulasına doğru nüfuz eder. Fungusun hifleri nematodun vulva ve anüs gibi vücut açıklıklarından girebilmektedir. Nematoda nüfuz eden fungus, nematodun vücut içeriği ile beslenerek nematodu öldürmektedir (IPL Biologicals, 2020). Salisilik asit ve *Paecilomyces lilacinus* ile ilgili ayrı ayrı çalışmalar olsa da ikisinin birlikte kullanımı ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmadığı için böyle bir çalışma yapılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Nematod saf kültürünün oluşturulması

Denemede kullanılan kök-ur nematodu popülasyonu, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarı'na ait iklim odasında *Meloidogyne incognita* saf kültürünün çoğaltılması ile elde edilmiştir. Popülasyon çoğaltma işlemi için Beith alpha hıyar çeşidi kullanılmıştır. Fideler 3 yapraklı dönemde yarım litrelik saksılar içerisindeki 1:1 kum+torf karışımına aktarılmıştır. Bitkilerin kök boğazına yakın yerden açılan 5 cm derinlikteki deliklerden 1500 adet *M. incognita* larvası verilmiştir. Oluşturulan saf kültür iklim odası koşullarında 16:8 fotoperiyod süresi ve  $27\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de yetiştirilmiştir. Bitkiler, nematod inokülasyondan 2 ay sonra sökülüştür. Bitki kökleri topraktan narince arındırılarak köklerdeki yumurta kümeleri toplanmış, geliştirilmiş Baermann huni yöntemi ile yumurtadan çıkan 2. dönem larvalar elde edilmiştir. Elde edilen 2. dönem lavalarda denemelerde kullanılmak üzere  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmıştır.

### Nematod teşhis çalışması

Taylor & Netscher (1974) tarafından verilen ve Hartman & Sasser (1985) tarafından geliştirilen "Perineal Örneklerin Preparasyon Yönteminden" yararlanılarak elde edilen kök-ur nematodlarının tür teşhisi için en önemli morfolojik ayrımlardan biri olan dişi bireyin vulva-anüs kısımlarını içeren perineal bölgelerden anal kesit alınmıştır (Hooper, 1986; Jepson, 1987). Teşhis için urlu bitki köklerinden ergin dişiler elde edilip Cavaness & Jensen (1955)'in "Santrifüj" tekniğinden yararlanılarak Coolen & D'Herde (1972) tarafından geliştirilen "Blender-Elek-Santrifüj Metodu" kullanılmıştır. Elde edilen kök-ur nematodu dişilerinin saklanması için  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de içinde TAF [Triethanolamin 2 ml, Formalin (%40'lık Formaldehid) 7 ml, saf su 90ml] olan tüplere aktarılmıştır. Teşhis için 25-30 adet kök-ur nematodu dişisi alınmış ve daimî preparatları yapılmıştır. Bu preparatlardaki örneklerin teşhis işlemi ise Jepson (1987) esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

### İklim odası denemesinin kurulması

Hıyar yetiştiriciliğinde kök-ur nematodlarına karşı mücadelede biyopreparat ve Sistemik Kazanılmış Dayanıklılığı uyandırıp aktif eden salisilik asidin uygulanması ve yapılan uygulamaların nematoda karşı etkisini ve hıyar bitkisinin gelişimini incelemek amacıyla 3 Ekim 2021-3 Aralık 2021 tarihlerinde Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait Nematoloji iklim odasında deneme kurulmuş olup, deneme sonunda elde edilen veriler Nematoloji Laboratuvarı'nda değerlendirilmiştir.

Bu çalışma Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarı'na ait iklim odasında 16:8 fotoperiyod süresi ve  $27\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme 7 karakter ve 10 tekerrür olmak üzere toplam 70 adet saksı ile kurulmuştur. Denemede kullanılan yarım litrelik saksılar ve 1:1 oranında steril kum ve killi toprak karışımı ile doldurulmuştur

Denemede kullanılan Beith alpha hıyar çeşidi tohum ekimi yapılarak iklim odasında kontrollü ortamda yetiştirilmiştir. Hıyar fideleri 3 yapraklı döneme geldiğinde yarım litrelik saksılara şaşırılmıştır. Şaşırma işleminden 24 saat sonra nematod inokülasyonu, 48 saat sonra ise salisilik asit ve biyopreparat uygulamaları yapılmıştır.

### Deneme karakterleri ve yapılan uygulamalar

Denemenin karakterlerini *Paecilomyces lilacinus* PL1 (Bio Nematon®) biyopreparatının SL ve WP formülasyonlarının ayrı ayrı ve salisilik asit (Carl Roth) ile kombine edilmiş uygulamaları, salisilik asit (Carl

Roth) uygulaması, pozitif ve negatif kontrol oluşturmuştur. Negatif kontrol hariç tüm karakterlere bitki kök boğazı etrafına iki farklı yönden açılan 5 cm derinliğindeki deliklerden 3 Ekim 2021 tarihinde *Meloidogyne incognita* (1500 J2/saksı) inokülasyonu yapılmıştır.

Deneme karakterleri Çizelge 1'de gösterilmiş olup, biyopreparat ve salisilik asit uygulamaları 15 günde bir olmak üzere toplamda 4 kez bitkilerin kök bölgesine verilmiştir. İlk uygulama hıyar bitkileri 3 yapraklı dönemdeyken gerçekleştirilmiştir. Nematod inokülasyonundan sonra bitkiler 8 hafta boyunca iklim odası koşullarında bakımları ve gerekli ölçümleri yapıldıktan sonra 3 Aralık 2021 tarihinde deneme sonlandırılmıştır.

**Çizelge 1.** Deneme karakterleri ve uygulama dozları

**Table 1.** Trial characters and doses in applications

Kısaltmalar	Deneme Karakterleri	Doz
<b>BSL</b>	<i>Paecilomyces lilacinus</i> strain PL1 (Bio Nematon®) SL	5 ml Bio Nematon®/1 l su
<b>BWP</b>	<i>Paecilomyces lilacinus</i> strain PL1 (Bio Nematon®) WP	5 g Bio Nematon®/1 l su
<b>SA</b>	Salisilik Asit	1.38 g Salisilik Asit/1 l su
<b>SA+BSL</b>	Salisilik Asit+ <i>Paecilomyces lilacinus</i> strain PL1 (Bio Nematon®) SL	1.38 g Salisilik Asit/1 l su +5 ml Bio Nematon®/1 l su
<b>SA+BWP</b>	Salisilik Asit+ <i>Paecilomyces lilacinus</i> strain PL1 (Bio Nematon®) WP	1.38 g Salisilik Asit/1 l su +5 g Bio Nematon®/1 l su
<b>PK</b>	Pozitif Kontrol	-
<b>NK</b>	Negatif Kontrol	-

### Verilerin analizi

Deneme tamamlandıktan sonra elde edilen değerlerin varyans analizleri (ANOVA) için R istatistik yazılım programı kullanılmış olup, ortalamaların karşılaştırması LSD testine göre  $P \leq 0.05$  düzeyinde yapılmıştır.

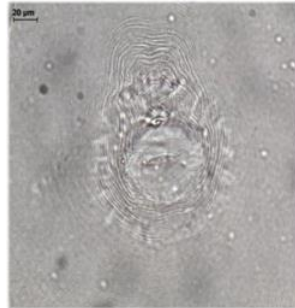
## ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma biyolojik kökenli bir biyopreparat olan *Paecilomyces lilacinus* ve Sistemik Kazanılmış Dayanıklılığı uyaran salisilik asitin birlikte kullanım olanaklarını ve nematodlara etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Yapılan uygulamaların nematodlar üzerindeki etkinliğini belirlemek için köklerdeki *Meloidogyne* spp.'a ait Zeck skala değerleri, topraktaki 2. dönem larva sayıları ve üreme oranları değerlendirilmiştir.

Uygulamaların hıyar bitkisine olan etkilerini değerlendirebilmek amacıyla bitkideki kök gelişim değerleri, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve bitki boyu da ölçülmüştür.

### Nematod tür teşhisi

Deneme sonunda urlu köklerden elde edilen dişi bireylerden anal kesitlerinin alınıp incelenmesi sonucunda *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) türlerine ait bireylerin olduğu saptanmıştır (Şekil 1).

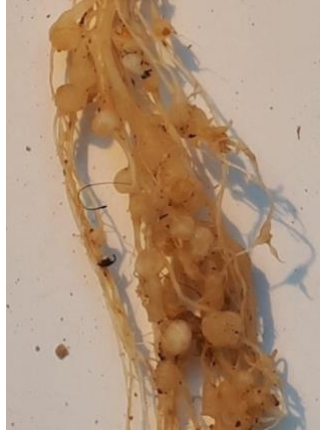


**Şekil 1.** Denemede kullanılan *Meloidogyne incognita* dışından hazırlanan perineal kesit.

**Figure 1.** Perineal pattern prepared from the female *Meloidogyne incognita* used in the experiment.

### Uygulamaların hıyar bitkisinde *Meloidogyne incognita* zararı üzerindeki etkileri

Yapılan uygulamaların kökteki ur miktarı üzerindeki etkinliğini belirlemek amacıyla, deneme sonunda bitki kökleri, Zeck (1971) skalasına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Pozitif kontrol karakterinde *Meloidogyne incognita*'nın beslenmesi sonucu köklerde oluşan urlar Şekil 2'de yer almaktadır.



Şekil 2. *Meloidogyne incognita*'nın beslenmesi sonucu köklerde oluşan urlar.

Figure 2. Galls formed on roots as a result of feeding by *Meloidogyne incognita*.

Deneme sonunda yapılan uygulamaların 2 farklı istatistiksel grup oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 2). Uygulama karakterlerinin kontrol deneme karakterine göre köklerdeki ur miktarında azaltıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Deneme sonucunda yapılan uygulamalar pozitif kontrol ile kıyaslandığında, köklerdeki ur oluşumu üzerinde en yüksek azaltıcı etkiyi %53 oranı ile SA uygulaması göstermiştir. Bu uygulamayı sırası ile SA+BWP (%51.3), SA+BSL (%50.9), BWP (%41.8) ve BSL (%34.5) uygulamaları takip etmiştir.

Çizelge 2. Uygulamaların *Meloidogyne incognita*'nın hıyar bitkilerinde oluşturduğu urların Zeck skala değerleri ve köklerdeki ur oluşumunun pozitif kontrole göre azaltıcı etki oranı (%).

Table 2. Zeck scale values of the treatments on the galls formed by *Meloidogyne incognita* on cucumber plants and the reducing the effect rate of the gall formation on the roots as compared to the positive control (%).

Karakterler	Zeck Skala Değeri (X±SH)*	Azaltıcı Etki (%)	F (df); p
K (+)	6.67 ± 0.44 <sup>a</sup>	-	
SA	3.11 ± 0.38 <sup>b</sup>	53.00	
BSL	4.33 ± 0.55 <sup>b</sup>	34.50	
BWP	3.89 ± 0.42 <sup>b</sup>	41.80	F (5,48) = 8,944; p <0.0001
SA+BSL	3.22 ± 0.46 <sup>b</sup>	50.90	
SA+BWP	3.22 ± 0.43 <sup>b</sup>	51.30	

\* Aynı harfi içeren ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklı değildir (P≤0.05).

Bu çalışmada tek başına uygulanan SA ve salisilik asit + Bio Nematon® biyopreparatının WP ve SL formülasyon kombinasyonlarının hıyar bitkisinde zararlı olan *Meloidogyne incognita*'nın oluşturduğu köklerdeki urlanma üzerine pozitif kontrole kıyasla etkili olduğu saptanmıştır.

### Uygulamaların topraktaki 2. dönem *Meloidogyne incognita* larva sayısına etkisi

Uygulama öncesi denemenin kurulacağı tüm saksılara 1500 adet 2. dönem larva verilmiştir. Çalışma sonunda topraktaki 2. dönem *Meloidogyne incognita* larvaları elde edilmiş, uygulamaların nematod popülasyonuna olan etkisini belirlemek amacıyla LSD testi yapılmıştır. LSD testinden elde edilen veriler Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 1.** Topraktaki *Meloidogyne incognita* bireylerinin 2. dönemdeki larva sayısı (adet/100 gr toprak)**Table 3.** Number of *Meloidogyne incognita* J2 in soil (individuals/100 g soil)

Karakterler	Topraktaki J2 sayısı (X±SH)*	F (df); p	Azaltıcı etki (%)	Ro=Pf/Pi
<b>K (+)</b>	377.77 ± 57.00 <sup>ab</sup>		-	1.25
<b>SA</b>	248.88 ± 17.35 <sup>c</sup>		34.10	0.82
<b>BSL</b>	297.77 ± 66.03 <sup>abc</sup>	F (5,48) = 2,405; p <0.05	21.10	0.99
<b>BWP</b>	395.55 ± 40.24 <sup>a</sup>		-4.60	1.31
<b>SA+BSL</b>	248.88 ± 28.10 <sup>c</sup>		34.10	0.82
<b>SA+BWP</b>	262.22 ± 22.22 <sup>bc</sup>		30.60	0.87

\* Aynı harfi içeren ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklı değildir (P≤0.05).

Elde edilen veriler doğrultusunda topraktaki 2. dönem *Meloidogyne incognita* yoğunluğu en fazla karakter BWP (395.55±40.24) karakteri oluşturmuştur. BWP karakterinin ardından en fazla yoğunluk pozitif kontrol (377.77±57.00) karakterinde görülmüştür. Uygulama sonrası 2. dönem nematod larva sayısı en düşük SA (248.88±17.35) ve SA+ BSL (248.88±66.03) karakterlerinde görülmüştür. Topraktaki 2. dönem larva sayısı üzerinde SA ve SA+BSL uygulamaları %34.10 oranında bir etki sağlayıp, en azaltıcı etkiye sahip karakterleri oluşturmuşlardır.

Yapılan uygulamaların topraktaki 2. dönem *Meloidogyne incognita* sonuç popülasyonları üzerindeki azaltıcı etkisine bakıldığında, en başarılı sonuç SA (0.82) ve SA+BSL (0.82) deneme karakterlerinde saptanmıştır. BWP formülasyonu (1.31) uygulama karakterleri içinde en yüksek üreme oranına sahiptir.

#### Uygulamaların hıyar bitkisinde bitki gelişimi üzerindeki etkileri

Deneme süresince haftalık olarak bitki boyu ve yaprak sayısı kaydedilmiştir. Deneme sonunda uygulamaların hıyar bitkisine olan etkilerini değerlendirebilmek amacıyla bitkideki kök gelişim değerleri, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve bitki boyu ölçülmüştür. Ancak yapılan analizler sonucunda uygulamaların hıyar bitkilerinin sadece kök gelişim değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### Uygulamaların kök gelişim değeri üzerindeki etkisi

Yapılan deneme sonuçlandırılırken bitkiler kök gelişim skalasına göre değerlendirilmiştir. BWP uygulaması dışında tüm uygulamaların kök gelişimi üzerinde arttırıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Çizelge 4'e bakıldığında en yüksek arttırıcı etki SA+BSL (%50.00) uygulamasında gözlemlenmiştir. Bu uygulamayı sırası ile SA+BWP (%43.75) ve SA (%31.25) uygulamaları izlemiştir. BWP uygulamasının kök gelişimi üzerinde herhangi bir olumlu etkisi bulunmamıştır.

**Çizelge 4.** Uygulamaların bitki kök gelişim skalası (Feldmesser & Feder, 1995) değeri ve pozitif kontrole göre % arttırıcı etkisi.**Table 4.** Plant root development scale (Feldmesser & Feder, 1995) value and % increasing effect of the treatments as compared to the positive control.

Karakterler	Kök gelişim skalası (X±SH)*	F (df); p	Arttırıcı etki (%)
<b>K (+)</b>	1.60 ± 0.34 <sup>b</sup>		-
<b>K (-)</b>	3.20 ± 0.38 <sup>a</sup>		100
<b>SA</b>	2.10 ± 0.37 <sup>b</sup>	F (6,56) = 2.448; p <0.05	31.25
<b>BSL</b>	1.90 ± 0.34 <sup>b</sup>		18.75
<b>BWP</b>	1.50 ± 0.34 <sup>b</sup>		-
<b>SA+BSL</b>	2.40 ± 0.42 <sup>ab</sup>		50.00
<b>SA+BWP</b>	2.30 ± 0.33 <sup>ab</sup>		43.75

\* Aynı harfi içeren ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklı değildir (P≤0.05).

## SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Sistemik Kazanılmış Dayanıklılığı uyaran salisilik asit ve piyasada ticari olarak bulunan *Paecilomyces lilacinus* PL1 etkili maddeli biyolojik fungusitin birlikte kullanım olanakları araştırılmıştır. Yapılan çalışmada kök-ur nematoduna karşı başarısının yanı sıra bazı bitki gelişim parametreleri de ele alınmıştır. Bu çalışmalarda salisilik asitin tek başına kullanımında kontrol uygulama karakterine kıyasla köklerdeki ur miktarını %53 azalttığı gözlemlenmiştir. Benzer olarak Chinnasri et al. (2006) yaptığı bir çalışmada sistemik kazanılmış dayanıklılığı uyarıp kök-ur nematodu üzerinde etkili olan Acibenzolar-S-Methyl uygulaması yapılmış olup kontrol parseline göre %59 başarı göstermiştir. Benzer bir başka çalışmada Ganguly et al. (1999), kök-ur nematodlarına karşı 25-50 µg/ml salisilik asitin yapraktan ve topraktan uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Rugby domates çeşidi kullanılarak kurulan denemede, topraktan 50 µg/ml salisilik asit uygulanan parselin kontrol parseline kıyasla kökteki ur miktarı üzerinde %50 oranında azaltıcı etki gösterdiği bildirilmiştir.

Uygulamaların topraktaki 2. dönem larva sayısı üzerindeki etkisi incelendiğinde salisilik asit uygulamasının kontrol karakterine göre %34 oranında azaltıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Dura ve ark. (2016) tarafından yapılan benzer bir çalışmada biber bitkisinde kök-ur nematodlarına karşı yapraktan ve topraktan 3 mM/bitki, 6 mM/bitki ve 9 mM/bitki salisilik asit uygulamaları yapılmıştır. Yapılan uygulamalar içinde en başarılı sonuçları topraktan yapılan uygulamalar göstermiştir. Topraktan verilen 9 mM/bitki salisilik asit uygulamasının 2. dönem larva sayısını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Yapılan çalışma içinde bitki gelişim parametreleri de karşılaştırılacak olursa bitki boyu ve yaprak sayısı bakımından 9 mM/bitki uygulama karakterinin kontrol uygulama karakterine göre arttırıcı etkisi olduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışmada ise uygulama karakterleri, kontrol karakteri ile karşılaştırıldığında uygulamaların bitki gelişimi üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı, sadece kök gelişimi üzerinde gelişimi arttırıcı etki sağladığı gözlemlenmiştir. Meher et al. (2011), sera denemesinde domates bitkisinde *Meloidogyne incognita*'ya karşı 5.0 ve 10.0 µg/mL<sup>-1</sup> olmak üzere iki farklı dozda püskürtme yöntemi ile yapraklara (1 mL/fide) salisilik asit uygulaması yapmışlardır. 120 günün sonunda domates bitkilerindeki kök-ur oranı 0-5 skalasına göre değerlendirilmiş, kontrol parselinde 3.0'lık yüksek bir kök ur oranı ile karşılaşılmış SA uygulamaları yapılan parsellerde ise bu oran 1.8-2.1 olarak bildirilmiştir. Uygulamaların topraktaki 2. dönem larva üreme oranları üzerinde %8.3-19.7 oranında azaltıcı etkisi olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Raddy & Korrat (2020), laboratuvar koşullarında salisilik asitin 2. dönem kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*) larvalarına LC50 değeri 150.43 ppm ile nematisidal aktivite gösterdiğini saptamışlardır. Ayrıca, sera koşullarında domates bitkilerinde uygulama yapılmayan kontrol bitkileri (113 ur/kök) ile karşılaştırıldığında, Oxamil ve 300, 200 ve 100 ppm salisilik asit uygulamalarında sırasıyla (6.33, 12.67, 18.67 ve 28.67 ur/kök) değerleri elde edilmiş olup, bitki paraziti nematodların kontrolünde kimyasal nematisitlerin kullanımına güvenli bir alternatif olabileceği de bildirilmiştir.

*Paecilomyces lilacinus* PL1 SL ve WP formülasyonlarının köklerdeki ırlanma miktarına üzerindeki etkisi incelendiğinde, kontrol karakterine göre başarılı sonuç verdiği saptanmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda *P. lilacinus* PL1 SL formülasyonunun kökteki ırlanma miktarını kontrol karakterine kıyasla %34.5 oranında, *P. licaninus* PL1 WP formülasyon uygulama karakterinin kontrol karakterine kıyasla köklerdeki ırlanma miktarını %41.8 oranında azalttığı saptanmıştır. Bu çalışmaya benzer olarak Ürdün'de Al-Raddad (1995), tarafından yapılan bir saksı denemesinde *Meloidogyne javanica*'ya karşı *P. lilacinus* ve *Glomus mosseae*'nin etkinlikleri araştırılmıştır. Tek başına uygulanan *P. lilacinus* izolatları kontrol bitkisine göre kökteki ırlanmayı %64 oranında azaltmıştır. Birlikte uygulanan *G. mosseae* ile *P. lilacinus* uygulamalarının ırlanma oranları arasında herhangi bir önemli farklılık bulunamamıştır. Ancak bitki boyu, bitkinin yaş ve kuru ağırlığı bakımından *G. mosseae* ve *P. lilacinus* kombinasyonu bitki gelişimi açısından iyi bir sonuç vermiştir. Benzer olarak Hindistan'da Khan & Saxena (1997), tarafından yapılan bir çalışmada *M. javanica*'ya karşı *P. lilacinus*'un etkinliği araştırılmıştır. *Paecilomyces lilacinus* verilen bitkilerde kontrol karakterine göre kökteki ırlanma oranı %26 azalmıştır. Benzer çalışma olarak İzmir'de Peçen vd. (2013)'in yürüttüğü çalışmada domateste *Meloidogyne* spp.'ye karşı organik ve mikrobiyal gübreler ile birlikte *P. lilacinus* strain 251 ayrı ayrı ve birlikte uygulanmıştır. Tek başına uygulanan

*P. lilacinus* strain 251 uygulama karakteri kontrol karakterine kıyasla köklerdeki urlanma üzerinde %17.42 oranında azaltıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir. Huang et al. (2016) tarafından Çin'de yapılan çalışmada benzer bir sonuç bildirilmiştir. Hıyar bitkisinde *M. incognita*'ya karşı *P. lilacinus* ve *Syncephalastrum racemosum* birlikte ve ayrı ayrı kullanılmıştır. *Paecilomyces lilacinus* verilen bitkilerde urlanma oranı %41,9 iken *S. racemosum* verilen bitkilerde urlanma %35,1 olarak saptanmıştır İkisinin birlikte kullanımı sonucu kökteki urlanma oranı %31,6 olarak saptanmıştır.

Mevcut çalışmada salisilik asit, *P. lilacinus* PL1 SL ve WP formülasyonlarının ayrı ayrı uygulandığı karakterlerde, uygulamaların kök gelişimi üzerinde kontrol grubuna kıyasla arttırıcı bir etkisi gözlenmemiş, fakat SL ve WP formülasyonlarının salisilik asit ile birlikte uygulandığı karakterlerde kök gelişimi üzerinde sırasıyla %50 ve %43.75 oranında arttırıcı etki sağladığı gözlemlenmiştir. Doğan ve ark. (2021) benzer olarak soya bitkisinde salisilik asitin çimlenme ve kök gelişim parametrelerini incelemek için gerçekleştirdikleri çalışmada kontrol karakterinde ortalama kök uzunluğu 11 cm iken, %100 mM salisilik asit verilen soya bitkilerinde 17 cm olarak saptanmıştır.

Bitkide Sistemik Kazanılmış Dayanıklılığı uyaran çeşitli uyarıcıların hem nematodun bitkide yaptığı zararı azaltıp hem de bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Sistemik Kazanılmış Dayanıklılığı aktif eden uyarıcılar ile ilgili arazi çalışmalarının artması gerekmektedir. *Paecilomyces lilacinus* PL1 ve salisilik asidin birlikte kullanımı ile ilgili sinerjik etkiyi elde etmek için farklı doz çalışmalarının da yapılması araştırılmaya değer görülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmamızın gerçekleştirmesi için ürün tedariki sağlayan Agrobest Grup Tarım İlaçları Tohumculuk İmalat İthalat İhracat San. ve Tic. A.Ş.'ye, nematod popülasyonu için yardımlarını esirgemeyen Zir. Yük. Müh. Esmeray Ayhan CAFARLI'ya, tez çalışmamın yürütülmesinde destek olan Zir. Yük. Müh. Deniz YAŞAR ve Zir. Yük. Müh. Esra PARTAL'a, verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde desteklerini esirgemeyen Ar. Gör. Dr. Utku ŞANVER'e teşekkür ederiz.

### Veri Kullanılabilirliği

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

### Yazar Katkıları

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: BÇ, GK; örnek toplama: BÇ, GK; verilerin analizi ve yorumlanması: BÇ, GK; istatistiksel analiz: BÇ, GK; görselleştirme: BÇ, GK; makalenin yazımı: BÇ, GK.

### Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Etik Beyan

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

### Makale Açıklaması

Bu makale Konu Editörü Doç. Dr. Arzu YAZGI tarafından düzenlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Al-Raddad, A. M., 1995. Interaction of *Glomus mosseae* and *Paecilomyces lilacinus* on *Meloidogyne javanica* of tomato. Mycorrhiza, 5 (3): 233-236.
- Akar, Ö. & O. Tiryaki, 2018. Antalya ilinde üreticilerin pestisit kullanımı konusunda bilgi düzeyi ve duyarlılıkların araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1): 60-70



- Cafarlı Ayhan, E. & G. Kaşkavalcı, 2015. Ödemiş ve Kiraz (İzmir) ilçelerinde turşuluk hıyar (*Cucumis sativus* L.) alanlarında Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'nın tanımlanması ve yaygınlıkları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 52 (2): 227-234. <https://doi.org/10.20289/euzfd.06338>
- Cavaness, F. R. & H. J. Jensen, 1955. Modification of the Centrifugal- flotation technique for isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 22 (2): 87-89.
- Chinnasri, B., B. S. Sipes & D. P. Schmit, 2006. Effect of inducers of systemic acquired resistance on reproduction of *Meloidogyne javanica* and *Rotylenchus reniformis* in pineapple. The Journal of Nematology, 38 (3): 319-325.
- Coolen, W. A. & C. J. D'Herde, 1972. Method for the Quantitative Extraction of Nematodes from Plant Tissue. Publication of the State Nematology and Entomology Research Station, 96, 9220, Merelbeke, Belgium, 77 pp.
- Doğan, M., A. Tura, C. Odabaşoğlu, Y. Sedeltun & M. İ. Odabaşoğlu, 2021. Salisilik asitin soya (*Glycine max* (L.) Merr) tohumlarının çimlenme ve gelişimine etkisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 33 (2): 115-124.
- Dura, O., İ. Sönmez & K. C. Yıldırım, 2016. Biberde (*Capsicum annum* L.) salisilik asit uygulamalarının kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*)'na ve bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri. Bahçe, 45 (1): 31-39.
- Echeverrigaray, S., J. Zacaria & R. Beltrão, 2010. Nematicidal activity of monoterpenoids against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Phytopathology, 100 (2): 199-203. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-2-0199>
- FAOSTAT, 2021. Value of agricultural production. (Web page: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>) (Date accessed: July 2023).
- Feldmesser, J. & W.A. Feder, 1995. Techniques involved in nematicide screening. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 68: 103-107.
- Ganguly, A., K. Sirohi, A. Pankaj & V. Singh, 1999. Salicylic acid induced resistance in tomato against *Meloidogyne incognita* racel. Indian Journal of Nematology, 29 (2): 182-184.
- Hartman, K. M. & J. N. Sasser, 1985. "Identification of *Meloidogyne* Species on the Basis of Differential Host Test and Perineal Pattern Morphology, 69-77". In: An Advanced Treatise on *Meloidogyne*, Vol. II. Methodology (Eds. K.R. Barker, C. C. Carter & J. N. Sasser). Printed by North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina, 223 pp.
- Hooper, D. J., 1986. "Handling, Fixing, Staining and Mounting Nematodes, 59-80". In: Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes (Ed. J.F. Southey), Her Majesty's Stationery Office, London, 402 pp.
- Huang, W. K., J. K. Cui, S. M. Liu, L. A. Kong, Q. S. Wu, H. Peng, W. T. He, J. H. Sun & D. L. Peng, 2016. Testing various biocontrol agents against the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in cucumber plants identifies a combination of *Syncephalastrum racemosum* and *Paecilomyces lilacinus* as being most effective. Biological Control, 92 (1): 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.09.008>
- IPL Biologicals, 2020. Effective control of nematodes. (Web sayfası: <https://www.iplbiologicals.com/>) (Erişim tarihi: 25 Mart 2023).
- Jepson, S. B., 1987. Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International Institute of Plant Parasitology, Wallingford, Oxon, UK, 265 pp.
- Khan, T. A. & S. K. Saxena, 1997. Integrated management of root knot nematode *Meloidogyne javanica* infecting tomato using organic materials and *Paecilomyces lilacinus*. Bioresearch Technology, 61 (3): 247-250. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00024-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00024-2)
- Kamle, M., R. Borah, H. Bora, A. K. Jaiswal, R. K. Singh & P. Kumar, 2020. "Systemic Acquired Resistance (SAR) and Induced Systemic Resistance (ISR): Role and Mechanism of Action Against Phytopathogens, 457-470". In: Fungal Biotechnology and Bioengineering (Eds. A. E.-L. Hesham, R. S. Upadhyay, G. D. Sharma, C. Manoharachary & V. K. Gupta). Springer International Publishing, Switzerland, 500 pp.
- Meher, H. C., V. T. Gajbhiy & G. Singh, 2011. Salicylic acid-induced glutathione status in tomato crop and resistance to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. Journal of Xenobiotics, 1 (1): 22-28. <https://doi.org/10.4081/xeno.2011.e>
- Netscher, C. & R. A. Sikora, 1990. "Nematode Parasites on Vegetables, 231-283". In: Plant Parasitic Nematodes in Suptropical and Tropical Agriculture (Eds. M. Luc, R. A. Sikora & J. Bridge) CAB International, 629 pp.
- Peçen, A., G. Kaşkavalcı & İ. Mıstanoglu, 2013. Organik domates yetiştiriciliğinde Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'na karşı bazı organik ve mikrobiyal gübrelere nematisidal etkinlikleri. Türkiye Entomoloji Dergisi, 37 (4): 513-522.
- Raddy, H. M. & E. E. E. Korrat, 2020. Nematicidal activity of acetylsalicylic acid comparing with oxamyl against root-knot nematode on tomato plants. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control, 12 (2): 241-247. <https://doi.org/10.21608/EAJBSF.2020.127980>

- Taylor, D. P. & C. Netscher, 1974. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica*, 20 (2): 268-269.
- Tosun, N. & E. Onan, 2020. Bitki hastalıklarının entegre yönetiminde bitki immunitesi uyarıcılarının potansiyel kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (1):145-156. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.526102>
- Turhan, Ş., 2005. Tarımda sürdürülebilirlik ve organik tarım. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11 (1): 13-24.
- Zeck, W. M., 1971. A rating scheme for field evaluation of Root-knot nematode infestation. *Pflanzenschutz Nachrichten, Bayer*. Published by Farbenfabriken Ag. Leverkusen, 24 (1): 141-144.