



## Kontrollü koşullar altında *Aspergillus niger* kültür filtratının kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita*'ya karşı nematisidal etkisinin belirlenmesi

Determination of the nematocidal effect of culture filtrate of *Aspergillus niger* against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* under controlled conditions

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR<sup>1</sup>, Şerife Evrim ARICI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Turkey.

### MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

#### Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.1115422](https://doi.org/10.37908/mkutbd.1115422)

Geliş tarihi / Received: 11.05.2022

Kabul tarihi / Accepted: 21.06.2022

#### Keywords:

Biological control, culture filtrate, nematisidal effect, nematophagus fungi, root knot nematode.

Corresponding author: Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

✉: [fatmagoze@isparta.edu.tr](mailto:fatmagoze@isparta.edu.tr)

### Ö Z E T / A B S T R A C T

**Aims:** In this study, the effects of four different concentrations (25, 50, 75 and 100%) of culture filtrate of *Aspergillus niger* on the infection of *Meloidogyne incognita* in tomato and pepper roots under controlled conditions (24 ± 1 °C, 60 ± 5% humidity) were investigated.

**Methods and Results:** In the study, 500 II. Juvenile larvae (J2) were used and two days after inoculation, 10 ml of each concentration of *A. niger* culture filtrate was applied to each potting soil. The number of gall and egg masses in the roots and the J2 density in the soil were determined and the percentages control effects of the concentrations on these parameters were calculated 8 weeks after the application. The most effective concentrations on *M. incognita* in tomato and pepper roots were found at 100% and 75%, and there was no significant difference between these concentrations in their effects on gall, egg mass number and J2 density in soil (P>0.05). It was determined that the nematocidal effect of *A. niger* culture filtrate decreased to 30% when it was below 50% dilution. The percentage control effect on gall, egg mass number and soil J2 density at 100% concentration of the culture filtrate in tomato were 86.3, 86.2 and 82.0%, respectively, while in pepper roots it was 89.1, 88.6 and 87.2%. At 75% concentration of *A. niger*, the control effect on gall, egg mass number and soil J2 density was determined as 79.9, 79.2 and 73.0% in tomato, 82.9, 82.0 and 79.4% in pepper.

**Conclusions:** It was determined that the local *A. niger* isolate showed high nematocidal activity against *M. incognita*.

**Significance and Impact of the Study:** *A. niger* culture filtrate was determined as a new source of biological nematocides for the control of *M. incognita* in tomato and pepper.

**Atıf / Citation:** Göze Özdemir FG, Arıcı ŞE (2022) Kontrollü koşullar altında *Aspergillus niger* kültür filtratının kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita*'ya karşı nematisidal etkisinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3) : 477-484. DOI: 10.37908/mkutbd.1115422

### GİRİŞ

Türkiye'de domates ekim alanı 1 652 035 da, üretim miktarı 13 095 258 ton olup biber ekim alanı ise 501 293 da, üretim miktarı 1 866 193 ton'dur (Anonim, 2022). Domates ve biber yetiştirilen alanlarda ürün kayıplarına

neden olan çok sayıda hastalık etmeni ve zararlı bulunmaktadır. Kök ur nematodları da domates ve biberde önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Singh ve Mathur, 2010; Sikandar ve ark., 2020). Kök ur nematodlarının bitkiye doğrudan verdiği zarar; besinine ortak olması ve köklerde ur oluşturmak suretiyle bitkinin

iletim dokularını bozmasıdır (Siddiqui ve Akhtar, 2009). Bitkinin vaskular dokularının bozulması sonucunda bitkilerin topraktan su ve besin alışverişi kısıtlanır, gelişim yavaşlar, bodurlaşma, yapraklarda sararmasolma, çiçek ve meyve dökümleri görülür. Ağır enfeksiyonlu topraklarda ise bitkiler tamamen kuruyabilir (Palomares-Rius ve ark., 2017). Dolaylı olarak ise beslenme suretiyle köklerde açılan yaralar bitkiyi sekonder mikroorganizmalara karşı duyarlı hale getirmektedirler (Wagner ve ark., 2022). Ayrıca ur alanları fungus kolonizasyonu için uygun substrattır (Göze Özdemir ve Arıcı, 2022). Kök ur nematodlarının bugüne kadar tanılanmış 105 türü bulunmasına rağmen (Ghaderi ve Karssen, 2020; Maleita ve ark., 2021), dünya genelinde sebze yetiştirilen alanlarda en yaygın kök ur nematodu türleri *Meloidogyne incognita* (Kofoid ve White, 1919) Chitwood, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 ve *Meloidogyne hapla* (Chitwood, 1949)'dır (Adam ve ark., 2007; Coyne ve ark., 2018). *M. incognita* saldırganlığı, geniş konukçu spektrumu ve dünyadaki yüksek yaygınlığı nedeniyle en önemli kök-ur nematodu türü olarak kabul edilmektedir (Sikora ve Fernández, 2005; Karabörklü ve ark., 2022). Ülkemizde sebze üretim alanlarında *M. incognita* yaygın olarak bulunmaktadır (Cetintaş ve Cakmak, 2016; Özarslandan, 2016; Uysal ve ark., 2017; Aydınli ve ark., 2017; Gürkan ve ark., 2019). Kök ur nematodlarının sabit endoparazit beslenmesi, yüksek üreme potansiyelleri ve geniş konukçu dizileri mücadeleyi oldukça zorlaştırmaktadır (Saad ve ark., 2022). Domates ve biberde bitki fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerinin yanısıra kök-ur nematodları ile mücadelede yaygın olarak kimyasal nematisitlerin yanısıra, farklı türlere ait endofit ve epifit bakteriyel, fungal biyokontrol ajanlar ve dayanıklı çeşitlerin kullanıldığı bildirilmiştir (Sülü ve ark., 2016; Hajihassani ve ark., 2022; Nnamdi ve ark., 2022). Dayanıklı çeşit kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber birçok ülkede dayanımı kıran *Mi* virulent kök ur nematodu popülasyonları rapor edilmiştir (Devran ve Söğüt, 2010; Aydınli ve Mennan, 2019; Hajihassani ve ark., 2022). Nematisitlerin etkilerinin zamanla azalması ve dayanıklı popülasyonların meydana gelmesiyle biyolojik mücadele teknikleri ön plana çıkmıştır (da Silva ve ark., 2019). Bitki paraziti nematodlara karşı farklı biyolojik mücadele etmenleri üzerine yapılan araştırmaların çoğu, nematofag funguslara odaklanmıştır (Bilgrami, 2008). *Dactylella*, *Arthrobotrys*, *Nematoclonus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Pochonia*, *Paecilomyces*, *Metarhizium* ve *Verticillium* cinslerine ait bazı türlerin yüksek nematisidal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Peiris ve ark., 2020; Naz ve ark., 2021). Bu

fungusların çoğu fakültatif saprofittir, yani nematodların yokluğunda çürüyen organik maddelerle beslenirler ve bu nedenle daha çok organik madde bakımından zengin topraklarda bulunmaktadır (Lopez-Llorca ve ark., 2007). Nematofag fungusların nematod popülasyonları üzerinde farklı mekanizmalar kullandıkları bilinmektedir. Avcı funguslar halat veya yüzük şeklinde tuzaklar ile nematodları yakalayıp sindirirken, endoparazitik funguslar nematodların yüzeilerine yapışarak veya doğrudan yutma, ardından çimlenme, büyüme ve sonuçta nematodun ölümüne neden olan obligat parazitlerdir (Zhang ve ark., 2020; Tapia Vázquez ve ark., 2022). Yumurta ve dişileri parazitleyen funguslar ise nematodun hareketsiz olan bu dönemlerinde üzerinde fakültatif parazit olarak gelişmektedir (Sun ve ark., 2006). Bazı funguslar ise nematod kütikülünden hipal penetrasyondan önce nematodları hareketsizleştiren toksinler üreterek nematisidal aktivite göstermektedir (Li ve Zhang, 2014; Degenkolb ve Vilcinskas, 2016a,b). *Aspergillus* cinsine ait önemli türler toksin üreten funguslar içerisinde yer almaktadır (Erazo Sandoval ve ark., 2020). Araştırmacılar farklı *Aspergillus* türlerinin kök ur nematodları üzerinde nematisidal etkisinin olduğunu bildirmektedir (Siddiqui ve ark., 2001; Ansari ve ark., 2002; Siddiqui ve Futai, 2009; Siddiqui ve Akhtar, 2009; Bhat ve Wani, 2012; Devi ve Bora, 2018; He ve ark., 2020; Xiang ve ark., 2020; Naz ve ark., 2021). Göze Özdemir ve ark. (2022), *in vitro* koşullarda *Aspergillus niger*'in kültür filtratının %100 konsantrasyonunda *M. incognita*'nın yumurta paketinden 2. Dönem larva (J2) çıkışını %81 oranında baskıladığını bulurken, J2 üzerinde ölüm yüzdesini 85.3 olarak saptamışlardır. Ancak Türkiye'de *A. niger*'in herhangi bir üründe kök ur nematodu mücadelesinde kullanımı ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada yerel *A. niger* izolatının kültür filtratı konsantrasyonlarının kontrollü koşullar altında domates ve biber köklerinde *M. incognita*'nın gal ve yumurta sayısı ile topraktaki J2 yoğunluğuna etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### *Fungus ve nematod materyali*

Bu çalışmada kullanılan *A. niger* kültürü Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBU) Ziraat Fakültesi Biyoteknoloji ve Doku Kültürü Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir (Arıcı ve Tuncel, 2020). Çalışmada kök ur nematodu materyali olarak ISUBÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde iklim odası koşullarında (24±1°C, %60±%5 nem) kitle üretimi devam eden *M. incognita* DR17 izolatu kullanılmıştır. DR17 popülasyonu Isparta ili

Deregümü patlıcan serasından toplanmış daha önce yapılan çalışmada morfolojik ve moleküler olarak tanımlanmıştır (Uysal ve ark., 2017). Kök-ur nematodları obligat olduğundan canlı bitkiler üzerinde kitle üretimine devam edilmekte ve Tuezta F1 domates çeşidinde her 2-3 ayda bir yenilenmektedir.

#### **Kültür filtratının hazırlanması**

Altı cm çaplı petri içinde Patates Dekstroz Agar ortamında kültüre alınan *A. niger* izolatu, 7 gün süreyle 27°C'de inkübe edilmiştir. Aktif olarak büyüyen bu kültürden 0.5 cm çapında 3 disk, 50 mL Patates Dekstroz suyu içeren 250 mL'lik erlenmeyer şişesine aktarılmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere bu şekilde 5 adet erlenmeyer şişesi hazırlanmıştır. Bu şişeler 27±1°C'de 15 gün süreyle inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda elde edilen kültür Whatman filtre kağıdından 2 kez süzölmüştür. Bu şekilde elde edilen süzöntüler standart saf çözelti (%100) olarak belirlenmiştir. Daha sonra steril distile su eklenerek %25, 50, 75 ve 100 konsantrasyonlarda hazırlanmıştır (Naz ve ark., 2021).

#### **Meloidogyne incognita inokulumunun hazırlanması**

İklim odası koşullarında kitle üretiminin yapıldığı urlu domates köklerinden stereo mikroskop altında yumurta paketleri pens yardımıyla içinde küçük elek bulunan 6 cm lik petriye alınmıştır. Daha sonra %0.5 sodyum hipoklorit içinde 3 dakika yüzey sterilizasyonu gerçekleştirilmiş ve 3 kez steril su ile yıkanmıştır. Yumurta paketleri distile su içinde 28°C'de 5 gün inkübe edilmiştir (Misiha ve ark., 2013). Yumurtadan çıkan J2'ler mikropipet kullanılarak toplanmış ve çalışmada kullanılmak üzere 1.5 ml lik efendorf tüpleri içerisine 1 ml saf su ile birlikte 500 J2 gelecek şekilde ayarlanmış ve 4°C'de saklanmıştır (Liu ve ark., 2008).

#### **Aspergillus niger'in kültür filtratı konsantrasyonlarının domates ve biber köklerinde M. incognita enfeksiyonuna etkisinin araştırılması**

Çalışma *A. niger* izolatlarının %100, 75, 50 ve 25 kültür filtratı konsantrasyonları ile kontrollü koşullar altında (24±1°C, 60±5% nem) yürütölmüş ve tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Çalışma üç haftalık Alberty F1 domates ve Esen F1 (üçburun) biber çeşitlerinde yürütölmüştür. Domates ve biber fidelerinin her biri 6 cm çapında yaklaşık 300 g steril toprak (%68 kum, %21 Silt ve %11 kil) içeren plastik saksılara şaşırtılmıştır. Ertesi gün distile su içinde 500 *M. incognita* J2 her bir fidenin etrafına açılmış 3 deliğe eşit olarak dağıtılmıştır (Liu ve ark., 2008). Nematod inokülasyonundan iki gün sonra her saksı toprağına fide etrafına açılan deliklere taze hazırlanmış

*A. niger* kültür filtratının her konsantrasyonundan 10 ml uygulama yapılmıştır (Liu ve ark., 2008; Zakaria ve ark., 2013). Kültür filtratı uygulamasından sonra her saksı 40 ml çeşme suyu ile sulanmıştır. Negatif kontrol olarak 50 ml/saksı steril saf su uygulaması yapılmıştır (Naz ve ark., 2021).

Uygulamadan 8 hafta sonra deneme sonlandırılmıştır. Topraktan nazikçe ayrılan kökler çeşme suyu altında yıkanarak stereo mikroskop altında köklerdeki gal sayısı ve yumurta paketi sayıları tespit edilmiştir. Ek olarak topraktaki *M. incognita* J2 yoğunluğu Baerman huni yöntemi kullanılarak elde edilmiş (Hooper, 1985) ve ışık mikroskopunda 40X'de sayılmıştır. Gal, yumurta paketi ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki yüzdeleri ise (Negatif kontrol–*A. niger* konsantrasyon uygulaması/Negatif kontrol) X100 formülüyle hesaplanmıştır (Karabörklü ve ark., 2022).

#### **İstatistiksel analizler**

Deneme sonucu elde edilen verilerin istatistiksel analizi için SPSS (versiyon 20.0) programı kullanılmış ve ortalamalar arasındaki farkları test etmek için varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Ortalamalar, P≤ 0.05'te Tukey HSD testi ile karşılaştırılmıştır.

#### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Domates köklerinde en yüksek gallenme, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu ortalaması negatif kontrol uygulamasında bulunmuştur. Kültür filtratı konsantrasyonlarının gal sayısı, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu ortalaması negatif kontrolden önemli oranda düşük saptanmıştır (P≤0.05). *A. niger*'in %100 ve %75 konsantrasyonlarının gal, yumurta paketi ve topraktaki J2 yoğunluğu ortalamaları %50 ve %25 konsantrasyonlarından önemli oranda düşük belirlenmiştir. *A. niger*'in %25 (2057.8) konsantrasyon uygulamasında topraktaki J2 yoğunluğu ortalaması %50 (1572.0) konsantrasyonundan yüksek belirlenmesine rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (P≥0.05). Ancak gal ve yumurta paketi sayısı ortalamalarında %25 ve %50 konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli saptanmıştır (P≤0.05). Konsantrasyonlar seyreltikçe gal, yumurta paketi ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol yüzdesinin azaldığı belirlenmiştir. Gal, yumurta paketi ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerinde en yüksek kontrol etki *A. niger*'in %100 ve %75 konsantrasyonlarında belirlenmiş ve bu parametrelerde aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P≥0.05).

*A. niger*'in %100 konsantrasyonunda gallenme, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki yüzde

kontrol etki sırasıyla %86.3, 86.2 ve 82.0 olarak saptanırken, %75 konsantrasyonunda bu değerler sırasıyla %79.9, 79.2 ve 73.0 olduğu tespit edilmiştir. En düşük kontrol etki ise *A. niger*'in %25 konsantrasyon uygulamasında belirlenmiş ve kontrol etki gal ve yumurta paketinde sırasıyla %30.2 ve 31.4 bulunurken,

topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki %29 saptanmıştır. *Aspergillus niger*'in %50 konsantrasyonunda ise gal ve yumurta paketi üzerindeki kontrol etkinin %55'den yüksek olduğu bulunurken, topraktaki J2 yoğunluğu % 45.7 oranında baskılanabilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Domates köklerinde *Aspergillus niger*'in kültür filtratı konsantrasyonlarının *Meloidogyne incognita* enfeksiyonuna etkisi

Table 1. Effect of culture filtrate concentrations of *Aspergillus niger* on *Meloidogyne incognita* infection in tomato roots

Konsantrasyon	Gal sayısı ortalaması	Gallenme üzerindeki kontrol etki (%)	Yumurta paketi sayısı ortalaması	Yumurta paketi üzerindeki kontrol etki (%)	Topraktaki 2. Dönem J2 yoğunluğu ortalaması	Topraktaki 2. Dönem J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki (%)
Ortalama±Standart Hata						
%100	27.2±2.9 d	86.3±1.4 a	28.0±2.9 d	86.2±1.4 a	518.0±47.7 c	82.0±1.6 a
%75	40.8±4.1 d	79.9±2.5 a	42.2±4.5 d	79.2±2.2 a	780.0±47.2 c	73.0±1.6 a
%50	84.0±5.2 c	57.7±2.6 b	85.2±5.7 c	58.1±2.8 b	1572.0±168.9 b	45.7±5.8 b
%25	138.8±4.5 b	30.2±2.2 c	139.8±4.7 b	31.4±2.3 c	2057.8±42.4 b	29.0±1.4 c
Negatif kontrol	198.8±6.2 a		204.4±6.2 a		2902.8±210.1 a	

Her bir sütundaki farklı harfler örneklerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ).

Biber köklerinde *A. niger* kültür filtratı konsantrasyonlarının gal, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu ortalaması negatif kontrol uygulamasından önemli oranda düşük bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Gal, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu ortalamalarında *A. niger*'in %100 ve %75 konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $P \geq 0.05$ ). *A. niger*'in %50 konsantrasyon uygulamasında biber köklerinde gal ve yumurta paketi sayısı %25 konsantrasyon uygulamasından daha düşük bulunmuş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $P \leq 0.05$ ). Ancak topraktaki J2 yoğunluğunda %50 ve %25 konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $P \geq 0.05$ ). *A. niger*'in %100 ve %75 konsantrasyonlarında gal, yumurta paketi ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki %50 ve %25 konsantrasyon uygulamalarından önemli oranda yüksek belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Ancak bu parametrelerde %100 ve %75 arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P \geq 0.05$ ). *A. niger*'in %100 konsantrasyonunda gallenme, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki yüzde kontrol etki sırasıyla %89.1, 88.6 ve 87.2 olarak saptanırken, %75 konsantrasyonunda bu değerlerin sırasıyla %82.9, 82.0 ve 79.4 olduğu tespit edilmiştir. En düşük kontrol etki ise *A. niger*'in %25 konsantrasyon uygulamasında

belirlenmiş ve kontrol etki gal ve yumurta paketinde sırasıyla %34.9 ve 35.0 bulunurken, topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki %31.7 saptanmıştır. *A. niger*'in %50 konsantrasyonunda ise gal ve yumurta paketi üzerindeki kontrol etki sırasıyla %61.2 ve 64.6 olarak bulunurken, topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki %46.6 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Çalışmada *A. niger* kültür filtratı uygulamaları kontrolle karşılaştırıldığında domates ve biber köklerinde gallenme ve *M. incognita* popülasyonunun önemli oranda baskılandığı belirlenmiştir. Domates ve biber köklerinde *M. incognita* üzerinde kontrol etkisi en yüksek olan konsantrasyonlar %100 ve %75 saptanmıştır. Daha önce *in vitro*'da yürütülen çalışmada da *A. niger*'in kültür filtratlarının %100 konsantrasyonunun yumurtadan J2 çıkışını %81 oranında baskıladığı bulunurken, J2 üzerinde ölüm yüzdesi 85.3 saptanmış ve en yüksek nematisidal aktivite belirlenmiştir (Göze Özdemir ve ark., 2022). Ayrıca domates ve biberde *A. niger* %100 ve %75 konsantrasyon uygulamalarında gal, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu parametreleri arasında önemli bir fark bulunmamış, nematisidal etkileri birbirine yakın saptanmıştır. *In vitro* çalışmada ise *A. niger*'in kültür filtratının %100 ve %75 konsantrasyonlarının yumurta paketinden çıkışı baskılama yüzdeleri benzer bulunurken, J2 üzerindeki ölüm etkisinde aralarında fark bulunmuştur (Göze Özdemir ve ark., 2022).

Çizelge 2. Biber köklerinde *Aspergillus niger*'in kültür filtratı konsantrasyonlarının *Meloidogyne incognita* enfeksiyonuna etkisiTable 2. Effect of culture filtrate concentrations of *Aspergillus niger* on *M. incognita* infection in pepper roots

Konsantrasyon	Gal sayısı ortalaması	Gallenme üzerindeki kontrol etki (%)	Yumurta paketi sayısı ortalaması	Yumurta paketi üzerindeki kontrol etki (%)	Topraktaki 2. Dönem J2 yoğunluğu ortalaması	Topraktaki 2. Dönem J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki (%)
Ortalama±Standart Hata						
%100	21.6±2.4 d	89.1±1.2 a	22.6±2.6 d	88.6±1.3 a	370.0±77.3 c	87.2±2.6 a
%75	34.8±2.5 d	82.9±1.6 a	36.6±2.2 d	82.0±1.3 b	696.0±49.0 c	79.4±4.8 a
%50	77.0±4.2 c	61.2±2.1 b	78.8±4.2 c	64.6±1.9 c	1547.6±161.6 b	46.6±5.5 b
%25	131.2±3.7 b	34.9±1.9 c	132.4±3.7 b	35.0±1.8 d	1981.0±54.0 b	31.7±1.8 b
Negatif kontrol	198.8±6.2 a		204.4±6.2 a		2902.8±210.1 a	

Domateste kültür filtratının %100 konsantrasyonunda gallenme, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki yüzde kontrol etki sırasıyla %86.3, 86.2 ve 82.0 olarak saptanırken, %75 konsantrasyonunda bu değerlerin sırasıyla %79.9, 79.2 ve 73.0 olduğu tespit edilmiştir. Biber köklerinde ise %100 konsantrasyonunda gallenme, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki yüzde kontrol etki sırasıyla %89.1, 88.6 ve 87.2 olarak bulunurken, %75 konsantrasyonunda bu değerlerin sırasıyla %82.9, 82.0 ve 79.4 olduğu saptanmıştır. Biber köklerinde *M. incognita* üzerindeki kontrol etkinin domatesle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu görülmüştür. Domates ve biber köklerinde %50 konsantrasyonunda *M. incognita* üzerindeki kontrol etkinin %50'nin üzerinde olduğu belirlenirken, %25 konsantrasyonunda %30'un altına düştüğü belirlenmiştir. Bu sonuç %50 seyreltmenin altında nematisidal etkinin düştüğünü göstermektedir. Ancak domates ve biber köklerinde *A. niger* kültür filtratının %100 ve %75 konsantrasyon uygulamalarının baskılayıcı etkisinin %70'in üzerinde olması *M. incognita*'ya karşı yüksek nematisidal aktivitesini göstermektedir. Bu *A. niger*'in sekonder metabolitleri yoluyla gerçekleşmiş olabilir (Siddiqui ve ark., 2004). Li ve ark. (2011), *A. niger*'in domates bitkisinde savunma enzimlerinin aktivitelerini artırarak nematod popülasyonlarını azaltabileceğini ve domates bitkisinin büyümesini teşvik edebileceğini bildirmiştir. Eapen ve ark. (2005) ise *Aspergillus* türlerinin nematodun yumurta kabuğunun vitellin ve kitin tabakalarının enzimlerle parçalanması sonucu çıkışın baskılandığını ve misel penetrasyonunu arttırarak yumurta içeriğinin tamamen parçalanmasına neden olduğunu belirtmektedirler. Birçok araştırmacı *Aspergillus* türlerinin kök ur nematodları üzerinde nematisidal etkisinin olduğunu bildirmiştir (Siddiqui ve ark., 2001; Ansari ve ark., 2002; Siddiqui ve Futai, 2009;

Siddiqui ve Akhtar, 2009; Bhat ve Wani, 2012; Devi ve Bora, 2018; He ve ark., 2020; Xiang ve ark., 2020; Naz ve ark., 2021). *A. niger* ve *Aspergillus candidus*'un bitki paraziti nematodlara karşı kullanılabilecek potansiyel fungus etmenleri olduğu belirtilmiştir (Khan ve Anwe, 2008; Shemshura ve ark., 2016; Jang ve ark., 2016). Jin ve ark. (2019) ise *A. niger* NBC001 izolatının kültür filtratı uygulamasının soya fasulyesi fidelerindeki *Heterodera glycines* kist nematodunu hem saksı hem de tarla koşullarında kontrol edebildiğini bildirmektedirler. *A. niger* ile *Burkholderia cepacia*'nın beraber uygulanmasının domates üzerinde *M. incognita*'yı önemli ölçüde baskıladığı belirtilmektedir (Siddiqui ve ark., 2009). *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum* ve *Pochonia chlamydsporia*'nın, *M. incognita* için etkili bir strateji olarak entegre zararlı yönetiminde tek başına veya farklı kombinasyonlarda kullanılabileceği saptanmıştır (Naz et al., 2021).

Sonuç olarak, bu çalışma *A. niger* kültür filtratının domates ve biberde *M. incognita* kontrolünde değerlendirilmesine yönelik olarak Türkiye'de yürütülen ilk çalışmadır. Elde edilen sonuçlara göre, *A. niger* kültür filtratının %100 ve %75 konsantrasyonlarının domates ve biberde *M. incognita*'nın kontrolü için potansiyel, yeni bir biyolojik nematisit kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda kültür filtratındaki nematisidal metabolitlerin araştırılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma sterilize edilmiş toprak içeren saksılarda yapıldığı için fungusun tarla koşullarındaki etkinliğinde araştırılması yapılacaktır. Tarlaya uygulaması yapıldığında diğer toprak mikroorganizmaları ile etkileşimi ve rekabet gücü bilinmemektedir. Biyokontrol etmeni olarak etkinliğini etkileyecek çevresel koşullarda da araştırmaların yapılması gerekmektedir.

**ÖZET**

**Amaç:** Bu çalışmada *Aspergillus niger*'in kültür filtratının 4 farklı (25, 50, 75 ve 100%) konsantrasyonunun kontrollü koşullar altında ( $24\pm 1$  ° C,  $60\pm 5\%$  nem) domates ve biber köklerinde *Meloidogyne incognita* gelişimine etkisi araştırılmıştır.

**Yöntem ve Bulgular:** Çalışmada nematod inokulumu olarak 500 II. Dönem larva (J2) kullanılmış ve inokülasyonundan iki gün sonra her saksı toprağına *A. niger* kültür filtratının her konsantrasyonundan 10 ml uygulama yapılmıştır. Uygulamadan 8 hafta sonra köklerdeki gal ve yumurta paketi sayıları ile topraktaki J2 yoğunluğu tespit edilmiş ve konsantrasyonların bu parametrelerdeki kontrol etki yüzdeleri hesaplanmıştır. Domates ve biber köklerinde *M. incognita* üzerinde en etkili konsantrasyonların %100 ve %75 olduğu saptanmış ve gal, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki etkileri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ( $P\geq 0.05$ ). *A. niger* kültür filtratının %50 seyreltmenin altına düştüğünde, nematisidal etkisinin %30'lara kadar düştüğü belirlenmiştir. Domateste kültür filtratının %100 konsantrasyonunda gal, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki yüzde kontrol etki sırasıyla %86.3, 86.2 ve 82.0 olarak saptanırken, biber köklerinde %89.1, 88.6 ve 87.2 olduğu bulunmuştur. *A. niger*'in %75 konsantrasyonunda ise gal, yumurta paketi sayısı ve topraktaki J2 yoğunluğu üzerindeki kontrol etki domateste sırasıyla %79.9, 79.2 ve 73.0 olarak belirlenirken, biberde %82.9, %82.0 ve %79.4 olduğu tespit edilmiştir.

**Genel Yorum:** Yerel *A. niger* izolatının *M. incognita*'ya karşı yüksek nematisidal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

**Çalışmanın Önemi ve Etkisi:** *A. niger* kültür filtratı domates ve biberde *M. incognita* kontrolünde yeni bir biyolojik nematisit kaynağı olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyolojik mücadele, kültür filtratı, nematisidal etki, nematofagus fungus, kök ur nematodu.

**ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI**

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

**KAYNAKLAR**

- Adam MAM, Phillips MS, Blok VC (2007) Molecular diagnostic key for identification of single juveniles of seven common and economically important species of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). Plant Pathol. 56(1): 190-197.
- Anonim (2022) TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim Tarihi (9 Mayıs 2022).
- Ansari MA, Rupela OP, Douaik A, Gopalakrishnan S, Sharma SB (2002) Effect of culture filtrates of *Pseudomonas striata*, *Trichoderma harzianum*, *T. viride* and *Aspergillus awamori* on egg hatch of *Meloidogyne javanica*. Int. J. Nematol. 12(2): 131-136.
- ARICI ŞE, Tuncel ZT (2020) Antifungal activity of useful microorganisms against the phytopathogenic fungus on maize. Emer. Mat. Research. 9:743-749.
- Aydınlı G, İnce E, Mennan S (2017) Bazı hıyar çeşitlerinin kök-ur nematodları *Meloidogyne arenaria* ve *M. incognita*'ya konukçu reaksiyonu. Bitki Koruma Bül. 57(4) : 401-413.
- Aydınlı G, Mennan S (2019) Reproduction of root-knot nematode isolates from the middle Black Sea Region of Turkey on tomato with Mi-1.2 resistance gene. Turk. J. Entomol. 43(4): 417-427.
- Bhat MY, Wani AH (2012) Bio-activity of fungal culture filtrates against root-knot nematode egg hatch and juvenile motility and their effects on growth of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) infected with the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Arc. Phytopathol and Plant Protec. 45(9): 1059-1069.
- Bilgrami AL (2008) Biological control potentials of predatory nematodes. Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes (pp. 3-28). Springer, Dordrecht.
- Coyne DL, Cortada L, Dalzell JJ, Claudius-Cole AO, Haukeland S, Luambano N, Talwana H (2018) Plant-parasitic nematodes and food security in Sub-Saharan Africa. Ann. Rev. Phytopathol. 56: 381-403.
- Çetintas R, Cakmak B (2016) *Meloidogyne* species infesting tomatoes, cucumbers and eggplants grown in Kahramanmaraş Province, Turkey. Turk. J. Entomol. 40(4): 355-364.
- da Silva JCP, Campos VP, Barros AF, Pedroso LA, de Freitas Silva M, de Souza JT, de Medeiros FHV (2019) Performance of volatiles emitted from different plant species against juveniles and eggs of *Meloidogyne incognita*. Crop Protect. 116: 196-203.

- Degenkolb T, Vilcinskis A (2016a) Metabolites from nematophagous fungi and nematocidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *App. Mic. Biotech.* 100(9): 3799-3812.
- Degenkolb T, Vilcinskis A (2016b) Metabolites from nematophagous fungi and nematocidal natural products from fungi as alternatives for biological control. Part II: metabolites from nematophagous basidiomycetes and non-nematophagous fungi. *App. Mic. Biotech.* 100(9): 3813-3824.
- Denning D W, Anderson MJ, Turner G, Latgé JP, Bennett JW (2002) Sequencing the *Aspergillus fumigatus* genome. *Lancet Infect. Disease* 2(4): 251-253.
- Devi G, Bora LC (2018) Effect of some biocontrol agents against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* race2). *Int. J. Environ. Agric. Biotech.* 3(5): 265260.
- Devran Z, Söğüt MA (2010) Occurrence of virulent root-knot nematode populations on tomatoes bearing the Mi gene in protected vegetable-growing areas of Turkey. *Phytoparasitica* 38(3): 245-251.
- Eapen SJ, Beena B, Ramana KV (2005) Tropical soil microflora of spice-based cropping systems as potential antagonists of root-knot nematodes. *J. Inver. Pathol.* 88(3): 218-225.
- Ghaderi R, Karssen G (2020) An updated checklist of *Meloidogyne* Göldi, 1887 species, with a diagnostic compendium for second-stage juveniles and males. *J. Crop. Protect.* 9(2): 183-193.
- Göze Özdemir FGG, Arıcı ŞE, Özer, E (2022). The Inhibitory efficacy of culture filtrates of some fungi against *Meloidogyne incognita*. 5th International Health Sciences and Life Congress, March 10-12, Burdur, Turkey. pp. 344-353.
- Göze Özdemir, FG, Arıcı ŞE (2021). Effect of culture filtrate concentration of *Rhizoctonia solani* Kühn against *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla* *in vitro*. *Int. J. Agric. For. Sci.* 5(1): 74-79.
- Gürkan B, Çetintaş R, Gürkan T (2019) Gaziantep ve Osmaniye sebze alanlarında bulunan kök-ur nematodu türleri (*Meloidogyne* spp.)'nin teşhisi ile bazı nematod popülasyon ırklarının belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 22: 113-124.
- Hajihassani A, Marquez J, Woldemeskel M, Hamidi N (2022) Identification of Four Populations of *Meloidogyne incognita* in Georgia, United States, Capable of Parasitizing Tomato-Bearing Mi-1.2 Gene. *Plant Dis.* 106(1): 137-143.
- He Q, Wang,D, Li B, Maqsood A, Wu H (2020) Nematicidal evaluation and active compounds isolation of *Aspergillus japonicus* ZW1 against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*. *Agronomy* 10(9): 1222.
- Jang JY, Choi YH, Shin TS, Kim TH, Shin KS, Park HW, Kim JC (2016) Biological control of *Meloidogyne incognita* by *Aspergillus niger* F22 producing oxalic acid. *PLoS One* 11(6): e0156230.
- Jin N, Liu SM, Peng H, Huang WK, Kong LA, Wu YH, Peng DL (2019) Isolation and characterization of *Aspergillus niger* NBC001 underlying suppression against *Heterodera glycines*. *Sci. Rep.* 9(1): 1-13.
- Karabörklü S, Aydın V, Dura O (2022) The potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in controlling the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato and cucumber. *J. Asia-Pacific Ent.* 25(1): 101846.
- Khan MR, Anwer MA (2008) DNA and some laboratory tests of nematode suppressing efficient soil isolates of *Aspergillus niger*. *Indian Phytopathol.* 61(2): 212-225.
- Li G H, Zhang KQ (2014) Nematode-toxic fungi and their nematocidal metabolites. In *Nematode-trapping fungi* (pp. 313-375). Springer, Dordrecht.
- Li S, Duan Y, Zhu X, Chen L, Wang Y, Pan L (2011) Effects of adding secondary metabolites of *Aspergillus niger* on resistance to tomato root-knot nematode. *China Veg.* 4: 44-49.
- Liu T, Wang L, Duan YX, Wang X (2008) Nematicidal activity of culture filtrate of *Beauveria bassiana* against *Meloidogyne hapla*. *W. J. Mic. Bio.* 24(1): 113-118.
- Lopez-Llorca LV, Maciá-Vicente JG, Jansson HB (2007) Mode of action and interactions of nematophagous fungi. In: Ciancio A, Mukerji KG (eds) *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. Integrated management of plant pests and diseases, vol 2.* Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-1-4020-6063-2\_3
- Maleita C, Cardoso J, Rusinque L, Esteves I, Abrantes I (2021) Species-specific molecular detection of the root knot nematode *Meloidogyne luci*. *Biology* 10(8): 775.
- Misiha PK, Aly AZ, Mahrous ME, Tohamy MRA (2013) Effect of culture filterates of three *Trichoderma* species, *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* on egg hatching and juvenile mortality of *Meloidogyne incognita* *in vitro*. *Zagazig J. Agric. Res.* 40(3).
- Naz I, Khan RAA, Masood T, Baig A, Siddique I, Haq S (2021) Biological control of root knot nematode, *Meloidogyne incognita*, *in vitro*, greenhouse and field in cucumber. *Biol. Control* 152:104429.
- Nnamdi C, Grey TL, Hajihassani A (2022) Root-knot nematode management for pepper and squash rotations using plasticulture systems with fumigants

- and non-fumigant nematicides. *Crop Prot.* 152: 105844.
- Özarslandan A (2016). Soil disinfection against root knot nematodes on grown tomatoes in greenhouses. *Plant Prot. Bull.* 56(4): 407-416.
- Palomares-Rius JE, Escobar C, Cabrera J, Vovlas A, Castillo P (2017) Anatomical alterations in plant tissues induced by plant-parasitic nematodes. *Front. Plant Sci.* 8: 1987.
- Peiris PUS, Li Y, Brown P, Xu C (2020) Fungal biocontrol against *Meloidogyne* spp. in agricultural crops: A systematic review and meta-analysis. *Biol. Control* 144: 104235.
- Saad AM, Salem HM, El-Tahan AM, El-Saadony MT, Alotaibi SS, El-Shehawi AM, Swelum AA (2022) Biological control: an effective approach against nematodes using black pepper plants (*Piper nigrum* L.). *Saudi J. Bio. Sci.* 29(4): 2047-2055.
- Sandoval NE, Ocaña JM, Castillo BP (2020). Caracterización Molecular de la Diversidad Fúngica de los Bosques Lluçud y Palictahua: Potencialidades en Control Biológico/Molecular Characterization of Diversity Fungic of the Lluçud and Palictahua Forests: Potential in Biological Control. *KnE Eng.* 313-328.
- Shemshura ON, Bekmakhanova NE, Mazunina MN, Meyer SL, Rice CP, Masler EP (2016) Isolation and identification of nematode-antagonistic compounds from the fungus *Aspergillus candidus*. *FEMS Mic. Lett.* 363(5): fnw026.
- Siddiqui IA, Ali NI, Zaki MJ, Shaikat SS (2001) Evaluation of *Aspergillus* species for the biocontrol of *Meloidogyne javanica* in mungbean. *Nematol. Mediter.* 29(2): 115-121.
- Siddiqui ZA, Futai K (2009) Biocontrol of *Meloidogyne incognita* on tomato using antagonistic fungi, plant-growth-promoting rhizobacteria and cattle manure. *Pest Manag. Sci.* 65(9): 943-948.
- Siddiqui ZA, Sayeed Akhtar M (2009) Effects of antagonistic fungi, plant growth-promoting rhizobacteria, and arbuscular mycorrhizal fungi alone and in combination on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. *J. Gen. Plant Pathol.* 75(2): 144-153.
- Sikandar A, Zhang M, Wang Y, Zhu X, Liu X, Fan H, Duan Y (2020) *In vitro* evaluation of *Penicillium chrysogenum* Snef1216 against *Meloidogyne incognita* (root-knot nematode). *Sci. Reports* 10(1): 1-9.
- Sikora RA, Fernandez E (2005). Nematode Parasites of Vegetables. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* 319.
- Singh S, Mathur N (2010) Biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infesting tomato. *Bio. Sci. Tech.* 20(8): 865-874.
- Sun MH, Gao L, Shi YX, Li BJ, Liu XZ (2006) Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their biocontrol potential. *J. Invert. Pathol.* 93(1): 22-28.
- Sülü SM, Bozkurt İA, Soylu S (2016) Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler. *MKÜ Zir. Fak. Derg.* 21: 103-111.
- Tapia-Vázquez I, Montoya-Martínez AC, los Santos-Villalobos D, Ek-Ramos MJ, Montesinos-Matías R, Martínez-Anaya C (2022) Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) a threat to agriculture in Mexico: biology, current control strategies, and perspectives. *W. J. Mic. Biotech.* 38(2): 1-18.
- Uysal G, Söğüt MA, Elekçioğlu İH (2017). Identification and distribution of root-knot nematode species (*Meloidogyne* spp.) in vegetable growing areas of Lakes Region in Turkey. *Turk. J. Entomol.* 41(1): 105-122.
- Wagner T, Duke SE, Davie SM, Magill C, Liu J (2022) Interaction of *Fusarium* wilt race 4 with root-knot nematode increases disease severity in cotton. *Plant Dis.* (inpress).
- Xiang C, Liu Y, Liu SM, Huang YF, Kong LA, Peng H, Huang WK (2020)  $\alpha\beta$ -Dehydrocurvularin isolated from the fungus *Aspergillus welwitschiae* effectively inhibited the behaviour and development of the root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* in rice roots. *BMC Mic.* 20(1): 1-10.
- Zakaria HM, Kassab AS, Shamseldean MM, Oraby MM, El-Mourshedy MMF (2013) Controlling the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in cucumber plants using some soil bioagents and some amendments under simulated field conditions. *Ann. Agri. Sci.* 58(1): 77-82.
- Zhang Y, Li S, Li H, Wang R, Zhang KQ, Xu J (2020) Fungi-nematode interactions: Diversity, ecology, and biocontrol prospects in agriculture. *J. Fungi* 6: 1-24.