

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR<sup>1\*</sup>, Hacer ÇEVİK<sup>1</sup>, Jean Claude NDAYIRAGIJE<sup>1</sup>,  
Tuğçe ÖZEK<sup>2</sup>, İsmail KARACA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 3200, Isparta, Türkiye  
<sup>2</sup>100/2000 YÖK Doktora Bursiyeri

Geliş Tarihi (Received): 03.02.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 03.05.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author\*): fatmagoze@isparta.edu.tr

☎ +90 246 2146285 📠 +90 246 2146399

### ÖZ

Bu çalışmada domateste toprağa kitosan ile ticari kekik, susam, sarımsak, rezene, greyfurt, nar ve hardal esansiyel yağlarının tek başına ve kombinasyon uygulamalarının köklerde *Meloidogyne incognita* gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma 17 uygulamadan oluşmuş, her uygulama 5 tekerrürlü tesadüf parselleri deneme deseninde kurulmuştur. Nematod inokulasyonlarında her bir fide için 1000 *M. incognita* ikinci dönem larva/1ml kullanılmış ve bir gün sonra uygulamalar yapılmıştır. Uygulamaya göre her saksı için toprağa uçucu yağ 1000 ppm dozunda uygulanırken, kitosan hazırlanan %1'lik sıvı süspansiyonundan 5 ml kullanılmıştır. Çalışma 60 gün sonra sonlandırılmış ve değerlendirme 1-9 gal ve yumurta paketi indeksine göre yapılmıştır. Köklerde nematod gelişimi, kitosan ve tüm uçucu yağ uygulamalarında negatif kontrole göre daha düşük bulunmuştur. Uçucu yağların kitosanla birlikte toprağa uygulanması tekli uygulamaları ile karşılaştırıldığında domates köklerinde gal ve yumurta paketi indeks değerleri %50 oranında azalmıştır. Kitosanın kekik, nar ve hardal uçucu yağ ile kombinasyonu nematisit ile benzer etkide bulunmuştur. Bu sonuçlar kitosanın nematisidal etkisinin artırılmasında esansiyel yağların iyi birer alternatif olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hardal, kekik, kitosan, *Meloidogyne incognita*, uçucu yağ

## Efficacy of Chitosan and Some Essential Oil Combinations in Tomato on Root knot Nematode

### ABSTRACT

In this study, the effects of single and combination applications of chitosan and commercial thyme, sesame, garlic, fennel, grapefruit, pomegranate and mustard essential oils to the soil on *Meloidogyne incognita* in tomato roots were investigated. The study consisted of 17 applications, each application was set up in a randomized plot design with 5 replications. A thousand *M. incognita* second-stage larva/1ml was used for each seedling and applications were made one day later. While the essential oil was applied to the soil at 1000 ppm for each pot, 5 ml of the 1% liquid suspension prepared from chitosan was used. The study was terminated after 60 days and evaluation was made according to the 1-9 gal and egg masses index. Root nematode reproduction was found to be lower in chitosan and all essential oil applications compared to the negative control. When essential oils to the soil together with chitosan is compared with their single application, the gall and egg mass index values in tomato roots decreased by 50%. Combination of chitosan with essential oil of thyme, pomegranate and mustard had a similar effect with nematicide. These results show that essential oils are good alternatives to increase the nematicidal effect of chitosan.

**Keywords:** Mustard, thyme, chitosan, *Meloidogyne incognita*, essential oil

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR, <https://orcid.org/0000-0003-1969-4041>

Hacer ÇEVİK, <https://orcid.org/0000-0002-9948-1179>

Jean Claude NDAYIRAGIJE, <https://orcid.org/0000-0003-0013-9590>

Tuğçe ÖZEK, <https://orcid.org/0000-0001-6529-2591>

İsmail KARACA, <https://orcid.org/0000-0002-0975-789X>

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

## GİRİŞ

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) geniş bir konukçu yelpazesine sahip, sabit endoparazit beslenme özelliğinde olan ve birçok ürün üzerinde olumsuz bir etki sergileyerek gıda üretiminin miktarında ve kalitesinde önemli bir azalmaya neden olan bitki paraziti nematod grubudur (Kiewnik ve Sikora, 2006). Aynı zamanda kök ur nematodu ile enfekteli ürünler bakteriyel ve fungal hastalıklara daha yatkın hale gelmektedir (Ashraf ve Khan, 2010). *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne hapla* ve *Meloidogyne javanica* en önemli kök ur nematodu türleridir (Chen ve Song, 2021). Kök ur nematodlarının mücadelesinde; dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi (Tariq-Khan ve ark., 2017), yetiştirme ortamının kontrolü ve iyileştirilmesi (toprak iyileştirme ve solarizasyon) (Kim ve Han, 1988), kimyasal nematisitler (Park ve ark., 2023) ve mikroorganizmalar veya bitki ekstraktları ile biyolojik kontrol (Benit ve ark., 2022) kullanılmaktadır. Bunlar arasında nematisit kullanımı; dayanıklı çeşitlerin kullanılmasından ve yetiştirme ortamının kontrolünden daha etkili olması nedeniyle kök ur nematodlarıyla mücadelede en yaygın yöntem olarak bilinmektedir. Fosfiazate, ethoprophos ve terbufos içeren ürünler, kök ur nematodlarını kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan nematisitlerdir. Bu kimyasalları içeren ürünlerin, topraktaki yararlı mikroorganizmaların dağılımında azalma, kimyasallara dirençli zararlılarda artış, kalıntı toksisitesi nedeniyle çevre kirliliği ve insan vücudu için kanserojenik etkileri bildirilmiştir (Nico ve ark., 2004; Kiewnick ve Sikora, 2006). Bu nedenlerden dolayı tarımsal faaliyetleri, çiftçileri, tüketicileri veya çevreyi etkilemeyen etkin bir kök-ur nematodu mücadelesi için yeni alternatiflerin geliştirilmesine yönelik ilgi artmaktadır (Forghani ve Hajihassani, 2020).

Kitin, N-asetilglukozamin  $\beta$  bağlantısı ile polimerize olan yapısal bir homopolisakkarittir ve doğadaki yaygınlığı sadece selülozdan daha düşüktür. Crustacea ve böceklerin kabuklarında, mantarların, fungusların ve bazı yeşil alg türlerinin hücre duvarlarında kitin bulunur. Kitinin kimyasal ve biyolojik yollarla deasetilasyonu sonucu kitosan oligosakkaritlerine (COS) dönüştürülen kitosan oluşmaktadır. Her ikisi de suda/asit çözümlülükleri ve serbest amino gruplarının varlığı nedeniyle değiştirilebilir yapıları açısından dikkat çeken ürünlerdir. Kitin, kitosan ve COS biyouyumlulukları, parçalanabilirlikleri ve üstün biyoaktiviteleri (antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser aktivite, bağışıklığı güçlendirici etki vb.) nedeniyle gıda, tıp, su arıtma, kozmetik, tarım ve yetiştirme endüstrilerinde büyük ilgi görmüştür (Mukhtar ve ark., 2020). Kitin ve kitosan ile toprak iyileştirme, nematod enfeksiyonlarının semptomlarının azaltılmasında kullanılabilir (Mota ve

dos Santos, 2016). Mouniga ve ark. (2022) %1'lik kitosan nano partiküllerinin fenol içeriğini, peroksidaz ve polifenol oksidaz aktivitesini artırarak bitkileri kök ur nematod enfeksiyonundan koruduğunu ve nematodlara karşı sistemik direnç oluşturduğunu ortaya koymuştur. Kitin ve kitosanın toprak uygulamalarının kök ur nematodlarının gal, yumurta paketi ve topraktaki 2. dönem larva (L2) yoğunluğunu azalttığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Ladner ve ark., 2008; El-Sayed ve Mahdi 2015; Asif ve ark., 2017).

Birçok doğal nematisidal aktif bileşik, bitkilerden izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Regaieg ve ark., 2017). Bunlardan birçok terpenoid, aldehit, keton, asit, ester ve alkaloidlerin bitki paraziti nematodlara karşı nematisit aktivite gösterdiği belirlenmiştir (D'Addabbo ve ark., 2020; Chen ve Song, 2021). Nematisidal olarak incelenen bitki sekonder metabolitleri arasında, bitki uçucu yağları (EO'lar) önemli bir rol oynamaktadır (Suteu ve ark., 2020). Uçucu yağ bileşenleri nematod sinir sistemine etki ettiği gibi nematodun hücre zarını bozabilmekte ve geçirgenliğini değiştirebilmektedir (Oka ve ark., 2000; Echeverrigaray ve ark., 2010). Uçucu yağların hedef alınmayan organizmalara düşük toksisiteye sahip olmalarının yanı sıra uygulandıkları ortamdan çabuk kaybolma özellikleri ile çevrede birikimleri ve kalıntı miktarları çok düşüktür (Figueiredo ve ark., 2008).

Kitosan ve uçucu yağlar ile ilgili biyoteknolojik çalışmaların gittikçe artması ve birçok alanda kimyasal, fiziksel özellikleri gereği kolayca kullanılabilmesi, geleceğe umut verici bir uygulama alanı sunmaktadır. Kök ur nematodu mücadelesinde kitosanın veya uçucu yağların tek başına kullanımının faydası, kombinasyonları ile arttırılabilir. Bu nedenle bu çalışmada domateste toprağa kitosan ve farklı uçucu yağların tekli ve kombinasyonlarının uygulanmasının *M. incognita* gal ve yumurta paketi üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

## Materyal

Bu çalışmada kök-ur nematodu materyali olarak morfolojik ve moleküler olarak tanımlanan ve iklim odası koşullarında ( $24 \pm 1$  °C, %60  $\pm$  %5 nem) seri üretimi devam eden *M. incognita* ISP izolatu kullanılmıştır (Göze ve ark., 2022a). Çalışma, kök ur nematoduna duyarlı olduğu bilinen Gulizar F1 domates çeşidi üzerinde yapılmıştır. Çalışmada 7 farklı uçucu yağ (kekik, susam, sarımsak, rezene, greylift, nar, hardal) kullanılmış ve Botalife Doğal ve Aromatik Ürünler Ltd. Şti.'den (<http://www.botalife.com.tr>) ticari olarak temin edilmiştir. Pozitif kontrol olarak kullanılan nematisit (Velum®,

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

Fluopyram) Bayer Crop Science'dan satın alınmıştır. Çalışmada kullanılan kitosan, Kitinsan Tarım Ürünleri San. Tic. Aş. Firmasından (<https://kitinsan.com/>) temin edilmiştir. Toz kitosan %1 oranında sulandırılmış vesivı kitosan polimeri şeklinde uygulanmıştır.

## Yöntem

### Nematod inokulumunun hazırlanması

Nematod inokulasyonunda 1000 L2 kullanılmıştır. Kitle üretimin yapıldığı Gülizar F1 domates çeşidinin kökleri musluk suyunda yıkandıktan sonra stereo mikroskop altında köklerden yumurta paketleri alınarak bir petri kabında  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki suda üç gün inkübe edilmiştir. Üç gün sonra yumurtalardan çıkan L2'ler ışık mikroskobu altında sayılmış ve denemelerde kullanılacak sayıya ayarlanarak 1 ml'lik tüplere yerleştirilmiştir (Göze Özdemir, 2022a).

### Kitosan ve uçucu yağların tek ve kombinasyon uygulanmalarının *Meloidogyne incognita* üzerindeki etkisi

Çalışma iklim odasında kontrollü koşullar altında ( $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\%60 \pm 5$  nem) plastik saksılarda ve her bir uygulama için tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde tek bir domates bitkisi kullanılmıştır. Çalışma 17 uygulamadan oluşmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Kitosan ve uçucu yağ uygulamaları

1	Sadece susam yağı
2	Sadece sarımsak yağı
3	Sadece kekik yağı
4	Sadece rezene yağı
5	Sadece greyfurt yağı
6	Sadece nar yağı
7	Sadece hardal yağı
8	Sadece kitosan
9	Kitosan+susam yağı
10	Kitosan+sarımsak yağı
11	Kitosan+kekik yağı
12	Kitosan+rezene ya
13	Kitosan+nar yağı
14	Kitosan+hardal yağı
15	Kitosan+ greyfurt yağı
16	Negatif kontrol (Sadece nematod)
17	Pozitif kontrol (Nematisit)

Üç haftalık Gülizar F1 domates fideleri, yaklaşık 1500 g steril toprak (%68 kum, %21 silt ve %11 kil) içeren

14 cm çapında plastik saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtmadan bir hafta sonra saksı başına 1000 *M. incognita* L2/1ml inokulasyon gerçekleştirilmiştir. Nematod inokulasyonundan bir gün sonra uygulamalar toprağa yapılmıştır. Her bir uçucu yağ için 1000 ppm/saksı uygulama gerçekleştirilmiştir (Göze Özdemir, 2022a). Kitosan ise her saksı toprağına %1 'lik sıvı süspansiyonundan 5 ml uygulanmıştır (Göze Özdemir ve ark., 2022b). Pozitif kontrol nematisit (Velum®) uygulamasında ise arazide tavsiye edilen doz kullanılmış ve saksı başına 0.16 ml/L eklenmiştir. Negatif kontrol olarak sadece nematod inokulasyonu yapılan bitkiler kullanılmıştır. Çalışma süresince 3 gün aralıklarla bitkilere su verilmiştir.

Çalışma nematod inokulasyonundan 60 gün sonra sonlandırılmıştır. Her uygulamaya ait domates bitkileri topraktan dikkatlice çıkarılmış ve musluk suyu ile yıkanmıştır. Değerlendirmede 1-9 gal (1: gal yok, 2: 5% kök gallenmesi, 3: 6-10%, 4: 11-18%, 5:19-25%, 6: 26-50%, 7: 51-65%, 8: 66-75%, 9: 76-100%) ve 1-9 yumurta paketi skalası (1: yumurta paketi yok, 2: 1-2 yumurta paketi, 3: 3-6 yumurta paketi, 4: 7-10 yumurta paketi, 5: 11-20 yumurta paketi, 6: 21-30 yumurta paketi, 7: 31-60 yumurta paketi, 8: 61-100 yumurta paketi, 9:100'den fazla yumurta paketi) kullanılmıştır (Mullin ve ark., 1991).

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,  $p \leq 0.05$ 'te Tukey HSD testi ile karşılaştırılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Bulgular

Sadece nematod uygulanan kontrol bitkilerinde gal ve yumurta paketi indeksi sırasıyla 8.6 ve 8.2 bulunmuştur. En düşük gal (1.2) ve yumurta paketi (1.0) indeksi değeri nematisit uygulanan pozitif kontrol bitkilerinde tespit edilmiştir. Negatif kontrol ile karşılaştırıldığında çalışmadaki tüm uygulamaların domates köklerinde gal ve yumurta paketi üzerinde baskılayıcı etkisi olduğu belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Sadece uçucu yağ uygulamalarında gal ve yumurta paketi indeksi değerleri 2.0-4.5 arasında saptanmıştır. Kitosan uygulamasında ise gal ve yumurta paketi indeksi sırasıyla 4.2 ve 3.8 tespit edilmiştir. Çalışmaya göre domates köklerine tek başına uçucu yağ uygulaması nematod gelişimi üzerinde tek başına kitosan uygulamasından daha etkili bulun-

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

muştur. Ancak kitosan ve uçucu yağların beraber olduğu kombinasyonlarda gal ve yumurta paketi indeks değerleri 1.4-2.8 arasında saptanmıştır (Tablo 2).

Tekli uygulamalarda gal ve yumurta paketi üzerindeki en yüksek etki kekik ve nar uçucu yağlarında bulunurken, en düşük etki greyfurt ve rezene uçucu yağlarında belirlenmiştir. Uçucu yağların kitosanla birlikte toprağa uygulanması tekli uygulamaları ile karşılaştırıldığında

domates köklerinde gal ve yumurta paketi indeks değerlerini neredeyse yarı yarıya azaltmıştır. Kitosanın kekik, nar ve hardal uçucu yağ ile kombinasyonu nematisit ile benzer etkide bulunmuştur ( $P \geq 0.05$ ). Kitosanın susam, sarımsak, greyfurt ve rezene ile olan kombinasyonu kekik, nar ve hardal uçucu yağ kombinasyonlarından daha yüksek gal ve indeks değeri almıştır (Tablo 2).

**Tablo 2.** Kitosan ve bazı uçucu yağların tek ve kombinasyon uygulamalarının domateste *Meloidogyne incognita* gelişimi üzerindeki etkisi

Uygulama	Gal İndeksi Ort.+Standart Hata*	Yumurta paketi İndeksi Ort.+Standart Hata
Kitosan	4.2±0.3 fg	3.8±0.3 fg
Susam	4.0±0.3 efg	3.6±0.2 efg
Sarımsak	4.2±0.3 fg	3.8±0.2 fg
Kekik	2.4±0.2 ad	2.0±0.0 ad
Greyfurt	4.4±0.2 g	4.2±0.2 g
Nar	2.4±0.2 ad	2.4±0.2 bcd
Hardal	3.0±0.0 def	3.0±0.0 def
Rezene	4.6±0.2 g	3.8±0.2 fg
Kitosan + Susam	2.4±0.2 ad	2.0±0.0 ad
Kitosan + Sarımsak	2.8±0.2 cde	2.8±0.2 cf
Kitosan + Kekik	1.6±0.2 ac	1.2±0.2 cf
Kitosan + Greyfurt	2.6±0.2 bd	2.6±0.2 cde
Kitosan + Nar	1.4±0.2 ab	1.4±0.2 ab
Kitosan + Hardal	1.8±0.3 ad	1.8±0.3 ac
Kitosan + Rezene	2.6±0.2 bd	2.4±0.2 bd
Negatif kontrol (N+)	8.6±0.2 h	8.2±0.2 h
Pozitif kontrol (Ve-lum®)	1.2±0.2 a	1.0±0.0 a

\* Aynı sütunda gösterilen küçük harfler uçucu yağ uygulamaları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ( $P \leq 0.05$ )

## Tartışma

Çalışmada susam, sarımsak, kekik, greyfurt, nar, hardal ve rezene uçucu yağlarının kitosan ile birlikte toprağa uygulanmalarının domates köklerinde nematod gelişimini baskıladığı belirlenmiştir. Ancak uçucu yağlar arasında en etkili nar, kekik ve hardal bulunmuştur. Narlarda bulunan sterol, terpenoidler, alkaloidler, yağ asitleri, trigliseritler, basit gallyol türevleri, organik asitler, flavonoller, antosiyaninler, antosiyanidinler, kateşin ve prosiyanidinler nematodlara karşı potansiyel fitokimyasallar olarak rapor edilmiştir (Seeram ve ark. 2006; Holland ve ark., 2009). Ayrıca nar ekstraktlarının bitki paraziti nematodlara karşı toksisitesi dünyada birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Youssef ve ark., 2014; Emam ve ark., 2015; Meyer ve ark., 2016). Citrus bitkisinde bulunan çoğu monotermen (limonen, linalool, citronellal ve citral bileşikleri) asetilkolinesteraz aktivitesini inhibe ederek nematod sinir sistemini bloke etmektedir (Saad ve ark., 2018; Liu ve ark., 2022). Citrus bitkilerinden elde edilen ekstraktların bitki

paraziti nematodlar üzerinde nematisidal etkileri ortaya konmuştur (Abolusoro ve ark., 2010). Greyfurt meyve kabuğunun kurutulmasından sonra un haline getirilen halinden hazırlanan sulu ekstraktlarının L2 üzerindeki öldürücü etkisi uygulamadan 48 saat sonra %99.0 saptanmıştır (Göze Özdemir, 2022b).

Thymol, kekik gibi birçok bitkide bulunabilen ve kök ur nematodlarına karşı oldukça toksik olan nematod öldürücü bir bileşiktir (Deng ve ark. 2022). Kekik uçucu yağının köklerde kök ur nematodlarının gal ve yumurta sayılarını baskıladığı bildirilmektedir (El-Gındı ve ark. 2005; Çetintaş ve Yarba 2010; Göze ve ark. 2014; Özdemir ve Gözel 2018; Tosun ve ark. 2018). Hardalgiller (Brassicaceae) bitkileri ile bitki paraziti nematod popülasyonlarını baskılabilmektedir (Randhawa ve Sharma, 2007; Henderson ve ark., 2009; Oliveira ve ark., 2011; Kago ve ark., 2013; Youssef ve Lashein, 2013; Ghasemi ve Fatemy, 2014). Brassica türlerinin bir izotiyosiyanat kaynağı olarak kullanılması tekniği,

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

bitkilerin yetiştirilmesini, mahsulün ezilmesini, artıklarının ve uçucu yağlarının toprağa dahil edilmesini içermektedir (Matthiessen ve Kirkegaard, 2006; Schlaeppi ve ark., 2010; Göze Özdemir, 2022). İzotiyosiyanatlar hücrede biyosidal etki göstermektedir (Zasada ve Ferris, 2004). Göze Özdemir (2022) kök ur nematodu ve Fusarium hastalık komplekslerinde kekik, sarımsak ve hardal uçucu yağlarının hastalık şiddetini önemli ölçüde düşürdüğünü bulmuştur.

Kitosan ve türevlerinin biyokontrol amaçlı kullanımı son yıllarda hızla artış göstermiştir. Kitosanın hem patojenik mikroorganizmaları kontrol ederek hem de bitkilerin savunma mekanizmalarını artırarak iki yönlü pozitif etkisi bulunmaktadır (İmamoğlu, 2011). Kitosanın toprakta bitki paraziti nematodlar üzerindeki kontrol etkisi, kısmen nematofag mikroorganizmaların parazitliğini uyularak, nematisit maddelerin salınımını artırarak ve konağın direncini artırarak elde edilir (Berini ve ark., 2018). Bu nedenle, kitosan bitki paraziti nematodların mücadelesinde biyokontrol maddesi olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, etkinlik, fitotoksisite ve dozaj arasındaki çelişki, bir nematisit olarak ticari uygulamanın önündeki en büyük engeldir. Kitosanın gübre ve biyokontrol ajanlarıyla kombinasyon uygulamaları kök ur nematodlarının baskılanmasında etkinliği artırmıştır (Fan ve ark., 2023). Mittal ve ark. (1995), *Paecilomyces lilacinus* ve kitin kombinasyonunun, *M. incognita*'nın baskılanmasını tekli uygulamadan daha fazla artırdığını göstermiştir. Kalaiarasan ve ark. (2006), kitin ve kitinolitik biyokontrol ajanlarının (*Pseudomonas fluorescens* ve *Tirichoderma viride*) eşzamanlı uygulanmasının, kök ur nematodlarında etkinliğini yüksek bulmuşlardır.

## SONUÇ

Bu çalışma kök ur nematodu mücadelesinde kitosanın veya uçucu yağların tek başına kullanımının faydasının, kombinasyonları ile artırılabilirliğini göstermiştir. Kitosanın nematod üzerindeki baskılayıcı etkisinin uçucu yağ kombinasyonları ile artırılabilirliği ortaya çıkarılmıştır. Mevcut sonuçlar, sağlıklı ve başarılı bir alternatif metod olarak kitosanın uçucu yağlarla özellikle nar, kekik ve hardal ile kullanımının kök ur nematodları ile mücadelede umut verici olduğunu göstermektedir. Çalışma sonuçları arazide yürütülecek denemelerle desteklenmelidir.

## KAYNAKLAR

Abolusoro, S. A., Oyedunmade, E. A., Olabiyi, T.I. (2010). Evaluation of sweet orange peel aqueous extract (Citrus

sinensis) as root-knot nematode suppressant. *Agro-Science*, 9(3):170-175.

- Ashraf, M.S., Khan, T.A. (2010). Integrated approach for the management of *Meloidogyne javanica* on eggplant using oil cakes and biocontrol agents. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(6): 609-614.
- Asif, M., Ahmad, F., Tariq, M., Khan, A., Ansari, T., Khan, F., Siddiqui, A.M. (2017). Potential of chitosan alone and in combination with agricultural wastes against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infesting eggplant. *Journal of Plant Protection Research*, 57(3): 288-295.
- Benit, N., Kumar, T.S.J., Almaary, K.S., Elshikh, M.S., Rasheed, R.A., Antonisamy, P. (2022). Phytopathogenic bacterial and nematicidal activity of extracts and powder of *Adhatoda vasica* on *Meloidogyne incognita*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 119: 101816; DOI: 10.1016/j.pmpp.2022.101816
- Berini, F., Katz, C., Gruzdev, N., Casartelli, M., Tettamanti, G., Marinelli, F. (2018). Microbial and viral chitinases: Attractive biopesticides for integrated pest management. *Bio-otechnology Advances*, 36(3): 818–838.
- Cetintas, R., Yarba, M.M. (2010). Nematicidal effect of five plant essential oils on the Root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* race 2. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(2): 222-225.
- Chen, J. X., Song, B. A. (2021). Natural nematicidal active compounds: Recent research progress and outlook. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(8): 2015-2031.
- D'Addabbo, T., Tava, A., Argentieri, M.P., Biazzi, E., Candido, V., Avato, P. (2022). Nematicidal Potential of Sulla (*Hedysarum coronarium*, L.) against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Plants*, 11: 2550; DOI: 10.3390/plants11192550
- Deng, X., Wang, X., Li, G. (2022). Nematicidal effects of volatile organic compounds from microorganisms and plants on plant-parasitic nematodes. *Microorganisms*, 10(6): 1201; DOI: 10.3390/microorganisms10061201
- Echeverrigaray, S., Zacaria, J., Beltrão, R. (2010). Nematicidal activity of monoterpenoids against the Root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology*, 100(2): 199-203.
- El-Gindi, A. Y., Hamida, A. O., Youseff, M. M., Ameen, H. A., Asmahan, M. L. (2005). Evaluation of the nematicidal effects of aqueous and volatile oil extracts of some plants on the Root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Pakistan Journal of Nematology*, 23(2): 233-239.
- El-Sayed, S.M., Mahdy, M.E. (2015). Effect of chitosan on root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* on tomato plants. *International Journal of ChemTech Research*, 7(4): 1985-1992.
- Emam, A.M., Ahmed, M.A.M., Tammam, M.A.A., Hala, A.M., El-Dakar, Z.S. (2015). Isolation and structural identification of compounds with antioxidant, nematicidal and fungicidal activities from *Punica granatum* L. var. nana. *International Journal of Science Engineering Research*, 6: 1023–1040.
- Fan, Z., Wang, L., Qin, Y., Li, P. (2023). Activity of chitin/chitosan/chitosan oligosaccharide against plant pathogenic

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

- nematodes and potential modes of application in agriculture: A review. *Carbohydrate Polymers*, 120592; DOI: 10.1016/j.carbpol.2023.120592
- Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Scheffer J.J.C. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4):213-226.
- Forghani, F., Hajihassani, A. (2020). Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1125; DOI: 10.3389/fpls.2020.01125
- Ghasemi, H., Fatemy, S. (2014). In vitro examination of mustard and tarragon extracts on the activity of *Globodera rostochiensis*. *Aspects of Applied Biology*, 126: 139-143.
- Göze Özdemir, F.G., Tosun, B., Şanlı, A., Karadoğan, T. (2022a). Bazı Apiaceae uçucu yağlarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Nematoda: Meloidogynidae)'ya karşı nematoksik etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3): 529-539.
- Göze Özdemir, F.G., Çevik, H., Ndayiragije, J. C., Özek, T., Karaca, İ. (2022b). Nematicidal effect of chitosan on *Meloidogyne incognita* in vitro and on tomato in a pot experiment. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(3): 410-416.
- Göze Özdemir, F.G. (2022a). Management of disease complex of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum f. sp. radialis lycopersici* on tomato using some essential oils. *Plant Protection Bulletin*, 62(4): 27-36.
- Göze Özdemir, F.G. (2022b). Limon, portakal, greyturt ve nar meyvelerinin kabuklarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949'ya karşı kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2): 221-228.
- Göze, F.G., Kara, A., Söğüt, M.A., Uysal, G. (2014). Bazı bitkisel yağların *Meloidogyne incognita*'ya karşı nematoidal etkinliklerinin belirlenmesi. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, 2014, Eskişehir, 505.
- Henderson, D. R., Riga, E., Ramirez, R. A., Wilson, J., Snyder, W. E. (2009). Mustard biofumigation disrupts biological control by *Steinernema* spp. Nematodes in the soil. *Biological control*, 48(3): 316-322.
- Holland, D., Hatib, K., Bar-Ya'akov, I. (2009). Pomegranate: Botany, horticulture, breeding. In: *Horticultural reviews*. Janick, J. and Hoboken, N.J. (eds.), New York, USA, 127-191.
- İmamoğlu, Ö. (2011). Biyokontrolde doğal ürünlerin kullanılması; Kitosan. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 68(4): 215-222.
- Kago, E. K., Kinyua, Z. M., Okemo, P. O., Maingi, J. M. (2013). Efficacy of brassica tissue and chalm TM on control of plant parasitic nematodes. *Journal of Biology*, 1(1): 25-32.
- Kalaiarasan, P., Lakshmanan, P., Rajendran, G., Samiyappan, R. (2006). Chitin and chitinolytic biocontrol agents for the management of root knot nematode, *Meloidogyne arenaria* in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. Co3. *Indian Journal of Nematology*, 36(2): 181-186.
- Kiewnick, S., Sikora, R. A. (2006). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biological control*, 38(2): 179-187.
- Kim, J.I., Han, S.C. (1988). Effect of solarization for control of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in vinyl house. *Korean Journal of Applied Entomology*, 27: 1-5.
- Ladner, D.C., Tchounwou, P.B., Lawrence, G.W. (2008). Evaluation of the effect of Ecologic on root knot nematode, *Meloidogyne incognita*, and tomato plant, *Lycopersicon esculentum*. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 5(2): 104-110.
- Liu, Z., Li, Q. X., Song, B. (2022). Pesticidal activity and mode of action of monoterpenes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(15): 4556-4571
- Matthiessen, J.N., Kirkegaard, J.A. (2006). Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical reviews in plant sciences*, 25(3): 235-265.
- Meyer, S.I., K.R. Chauhan, MacDonald, M.H. (2016). Evaluation of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) leaf and pomegranate (*Punica granatum*) fruit rind for activity against *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 46: 85-96.
- Mittal, N., Saxena, G., Mukerji, K. G. (1995). Integrated control of root-knot disease in three crop plants using chitin and *Paecilomyces lilacinus*. *Crop Protection*, 14(8): 647-651.
- Mota, L. C. B. M., dos Santos, M. A. (2016). Chitin and chitosan on *Meloidogyne javanica* management and on chitinase activity in tomato plants. *Tropical Plant Pathology*, 41(2): 84-90.
- Mouniga, R., Anita, B., Shanthy, A., Lakshmanan, A., Karthikeyan, G. (2022). Phenol and antioxidant enzymatic activity in root knot nematode, *Meloidogyne incognita* infected tomato plants treated with chitosan nanoparticles. *The Pharma Innovation Journal*, 11(4): 241-245
- Mukhtar Ahmed, K. B., Khan, M. M. A., Siddiqui, H., Jahan, A. (2020). Chitosan and its oligosaccharides, a promising option for sustainable crop production - A review. *Carbohydrate Polymers*, 227: 115331; DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115331
- Mullin, B. A., Abawi, G. S., Pastor-Corrales, M. A. (1991). Modification of resistance expression of *Phaseolus vulgaris* to *Meloidogyne incognita* by elevated soil temperatures. *Journal of Nematology*, 23(2): 182-187.
- Nico, A.I., Rafael, R.M., Jimenez-Diaz, M., Castillo P. (2004). Control of root-knot nematodes by composted agro-industrial wastes in potting mixtures. *Crop Protection*, 23: 581-587.
- Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Yaniv, Z., Spiegel, Y. (2000). Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology*, 90(7): 710-715.
- Oliveira, R. D., Dhingra, O. D., Lima, A. O., Jham, G. N., Berhow, M. A., Holloway, R. K., Vaughn, S. F. (2011). Glucosinolate content and nematicidal activity of Brazilian wild mustard tissues against *Meloidogyne incognita* in tomato. *Plant and Soil*, 341(1): 155-164.
- Ozdemir, E., Gozel, U. (2018). Nematicidal activities of essential oils against *Meloidogyne incognita* on tomato plant. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6): 4511-4517.
- Park, E. J., Jang, H. J., Park, J. Y., Yang, Y. K., Kim, M. J., Park, C. S., Rho, M. C. (2023). Efficacy evaluation of

## Domateste Kitosan ve Bazı Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Kök Ur Nematodu Üzerindeki Etkinliği

- Streptomyces nigrescens* KA-1 against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 105150; DOI: 10.1016/j.biocontrol.2023.105150
- Randhawa, N., Sharma S.K. (2007). Control of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in nursery beds of tomato by soil amendment with *Brassica rapa*, *Brassica juncea*, *Brassica napus* and *Eruca sativa* plants. *Pakistan Journal of Nematology*, 26(1): 91-95.
- Regaieg, H., Bouajila, M., Hajji, L., Larayadh, A., Chiheni, N., Guessmi-Mzoughi, I., Horrigue-Raouani, N. (2017). Evaluation of pomegranate (*Punica granatum* L. var. Gabsi) peel extract for control of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 50(17-18): 839-849.
- Saad, M. M. G., Abou-Taleb, H. K., Abdelgaleil, S. A. M. (2018). Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. *Applied Entomology and Zoology*, 53(2): 173-181.
- Schlaeppli, K., Abou-Mansour, E., Buchala, A., Mauch F. (2010). Disease resistance of *Arabidopsis* to *Phytophthora brassicae* is established by the equential action of indole glucosinolates and camalexin. *Plant Journal*, 62: 840-851.
- Seeram, N.P., Schulman, R.N., Heber, D. (2006). *Pomegranates: ancient roots to modern medicine*. Boca Raton (FL): CRC Press Taylor & Francis Group, 262 pp.
- Suteu, D., Rusu, L., Zaharia, C., Badeanu, M., Daraban, G.M. (2020). Challenge of utilization vegetal extracts as natural plant protection products. *Applied Sciences*, 10: 1-21.
- Tariq-Khan, M., Munir, A., Mukhtar, T., Hallmann, J., Heuer, H. (2017). Distribution of root-knot nematode species and their virulence on vegetables in northern temperate agroecosystems of the Pakistani-administered territories of Azad Jammu and Kashmir. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124: 201-212.
- Tosun, B., Göze özdemir, F.G., Şanlı, A., Karadoğan, T., Cirit, Y. (2018). Determination of nematicidal activity of some essential oils against Root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sugarbeet (*Beta vulgaris saccharifera* L.). 6<sup>th</sup> ASM International Congress of Agriculture and Environment, Antalya, Turkey, 127-135.
- Youssef, M. M. A., Lashein, A. M. S. (2013). Effect of cabbage (*Brassica oleracea*) leaf residue as a biofumigant, on root knot nematode, *Meloidogyne incognita* infecting tomato. *Journal of Plant Protection Research*, 53(3): 271-274.
- Youssef, M.M.A., El-Nagdi, W.M.A., Eissa, M.F.M. (2014). Population density of root knot nematode, *Meloidogyne incognita* infecting date palm under stress of aqueous extracts of some botanicals and a commercial bacterial by product. *Middle East Journal of Applied Science*, 4(4): 802-805.
- Zasada, I. A., Ferris, H. (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(7): 1017-1024.