

Domateste Kök ur nematodu Kontrolünde Ticari Biyonematisit ve Kitosan Kombinasyonları

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR*¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 3200, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 17.04.2023, Kabul / Accepted: 15.11.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 27.04.2024)

Anahtar Kelimeler

Biyokontrol,
Biyonematisit,
Kitosan,
Kök ur nematodu

Öz: Bu çalışmada *Burkholderia rinojensis* A396 suşu (Majestene®), *Paecilomyces lilacinus* 251 suşu (Bio nematon®) ve *Quillaja saponaria* (QL-Agri®)'dan oluşan üç ticari biyonematisitin kitosan ile kombinasyonlarının kontrollü koşullar altında domateste kök ur nematodu *Meloidogyne incognita*'nın oluşturduğu gal ve yumurta paketi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma plastik saksılarda biyonematisitlerin tekli ve kitosan ile birlikte olacak şekilde 9 uygulaması ile yürütülmüştür. Nematod inokulumu olarak 1000 *M. incognita* L2/1ml kullanılmış ve nematod inokulasyonu ile birlikte biyonematisit uygulamalarının araziye tavsiye edilen dozları saksı toprağına (Majestene® 0.4 ml/l, Bio nematon® 5 ml/l, Velum Prime® 0.16 ml/L, QL-Agri® 0.8 ml/L) uygulanmıştır. Kitosan uygulaması ise her saksı toprağına %1 'lik sıvı süspansiyonundan 5 ml gelecek şekilde yapılmıştır. Altmış gün sonra köklerde 1-9 gal ve yumurta paketi indeks değerine göre değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Sadece kitosan uygulamasında gal ve yumurta paketi indeksi sırasıyla 4.2 ve 3.8 saptanmıştır. Sadece biyonematisit uygulamalarında ise gal indeks değeri 3.0-4.8 arasında değişirken, kitosan ile kombinasyonlarında 2.6-3.8 arasında değişim göstermiştir. Sonuçta biyonematisitlerin kitosan ile birlikte uygulamalarının köklerde gallenme ve yumurta paketi sayısını önemli oranda azalttığı ve kök ur nematodu ile mücadelede başarıyı artırabileceği saptanmıştır.

Combinations of Commercial Bionematicides and Chitosans for Root Knot nematode Control on Tomato

Keywords

Biocontrol,
Bionematicide,
Chitosan,
Root knot nematode

Abstract: In this study, the effect of combination of three commercial bionematicides, *Burkholderia rinojensis* A396 strain (Majestene®), *Paecilomyces lilacinus* 251 strain (Bio nematon®) and *Quillaja saponaria* (QL-Agri®), with chitosan on gall and egg masses formed by root knot nematode *Meloidogyne incognita* was investigated on tomato under controlled conditions. The study was carried out in plastic pots with 9 applications of bionematicides alone and together with chitosan. A thousand *Meloidogyne incognita* second stage juvenile (L2)/1ml was used as nematode inoculum and the recommended doses of bionematicide applications to the field (Majestene® 0.4 ml/l, Bio nematon® 5 ml/l, Velum Prime® 0.16 ml/L, QL-Agri® 0.8 ml/L) with nematode inoculation were applied to the potting soil. Chitosan application was made 5 ml of 1% liquid suspension required for each potting soil. After sixty days, the roots were evaluated according to the index value of 1-9 gall and egg mass. The gall and egg mass index were found to be 4.2 and 3.8, respectively in only chitosan application. While the gall index changed between 3.0-4.8 in only bionematicide applications, it changed between 2.6-3.8 in combination with chitosan. As a result, the application of bionematicides together with chitosan significantly reduced the number of galls and egg masses in the roots of tomato and increased the success in the control against *M. incognita*.

1. Giriş

Kök-ur nematodları 98'den fazla türü olan *Meloidogyne* cinsine aittir [1]. Bunlar arasında

Meloidogyne incognita, *M. javanica*, *M. arenaria* ve *M. hapla*, tüm kök ur nematodu türlerinin popülasyonlarının %95'ini temsil etmektedir [2].

Zarar oluşturdıkları bitkilerin köklerinde açmış oldukları yaralar nedeniyle bitkileri diğer patojenlere ve stres faktörlerine karşı duyarlı hale getirmektedirler [3]. Sabit endoparazitik yapıları, geniş konukçu dizisi, yüksek üreme oranları ve kısa yaşam döngüleri nedeniyle kök- ur nematodları ile mücadele diğer bitki patojenlerinden daha zordur [4]. Kök ur nematodu mücadelesinde ilk akla gelen fumigant ve nematisit kullanımıdır. Ancak bunların yanlış ve yoğun kullanımı, toprakta ve yeraltı sularında uzun süre kalıcı olmaları nedeniyle tüm besin zincirlerini olumsuz etkileyebilecek şekilde hem çevre hem de insan sağlığı için ciddi bir risk oluşturmaktadır [5]. Son yıllarda yapılan çalışmalar hedeflenmeyen organizmalara zarar vermeden kök- ur nematodu mücadelesine yardımcı olabilecek çevre dostu alternatif araçlara odaklanmaktadır [6]. Biyolojik mücadele kök- ur nematodunun kontrolünde etkili alternatif mücadele yöntemlerindedir [7]. Biyolojik kontrol ajanları konakçıya özgüdür ve entegre zararlı yönetimi için potansiyel oluşturmaktadırlar [8]. *Burkholderia rinojensis* A396 suşu ve *Purpureocillium lilacinum* 251 suşu (syn: *Paecilomyces lilacinus*) gibi antagonistik mikroorganizmalardan oluşturulan biyolojik nematisitler, bitki paraziti nematodları ekolojik olarak sürdürülebilir bir şekilde baskılayabilmektedir [9].

Paecilomyces lilacinus önemli bitki paraziti nematod türlerine karşı geniş bir aktivite yelpazesine sahip, toprakta yaşayan ve yumurta aşamasında doğrudan enfeksiyon yapan bir fungustur [10,11]. Bunun yanında *P. lilacinus*'un enfeksiyonu teşvik etmek için lösinotoksinler, kitinazlar, proteazlar ve asetik asit ürettiği de gözlemlenmiştir [12, 13]. Bu enzimlerin sentezini düzenleyen genlerin aşırı ekspresyonu, *P. lilacinus*'un virülansını ve *M. incognita*, *Panagrellus redivivus* ve *Caenorhabditis elegans*'a karşı parazitlenme yeteneğini artırmaktadır [14]. *Paecilomyces lilacinus* uygulamasından sonra *M. arenaria* yumurta kabuklarının vitellin membranlarının ayrışması sonucu kitin ve lipit tabakasının parçalandığı gözlemlenmiştir [15]. Bazı *Burkholderia* bakteri türlerinin toprak kaynaklı, yaprak ve hasat sonrası bitki patojenlerine karşı biyokontrol ürünleri olma potansiyeline sahip olduğu veya kirli toprak veya yeraltı sularını arıtmak için biyoremediasyonda etkili bir şekilde kullanıldığı bildirilmiştir [16]. Bununla birlikte, bazı *Burkholderia* türlerinin de proteolitik, lipolitik ve hemolitik aktivitelere sahip çeşitli hücre dışı enzimlerin yanı sıra toksinler, antibiyotikler ve sideroforlar salgıladığı bulunmuştur [17]. Bununla birlikte, çoğu *Burkholderia* türü, sistemik kazanılmış dayanıklılık gibi konukçu savunmalarıyla ilişkili olduğundan, sınırlı nematisit mekanizmalarına sahiptir. Ayrıca diğer mekanizmaları henüz tanımlanmamıştır. Liu ve ark. [18], *B. vietnamiensis* B418'in, toprak bakterisi

topluluğunun bileşimindeki değişikliklere dayanarak rizosfer mikrobiyal topluluğunu modüle ederek kök ur nematodlarını önemli ölçüde baskıladığını belirtmişlerdir. Kim ve ark. [19], in vitroda *Burkholderia* sp. JB-2'nin filtratları ile uygulama yapıldıktan sonra *M. incognita* L2'leri üzerinde 24 saat boyunca oksidatif strese karşı savunma tepkilerinin aktivasyonunun gerçekleştiğini göstermektedir. Ayrıca, bazı biyonematisitlerin bitkilerin yaprak, tohum gibi kısımlarından ekstrakte edildiği ve bitki paraziti nematodların kontrolü için yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir [20]. Şili'deki And Dağları bölgesinin yerli bir ağacı olan *Quillaja saponaria*'dan elde edilen bitkisel ekstraktların saponinler, polifenoller, tuzlar ve şekerler içerdiği bulunmuştur [21]. *Quillaja saponaria*'dan elde edilen triterpen saponinler böcek ve nematodları kontrol etmek için kullanılmaktadır [20, 21]. *Quillaja saponaria*'nın farklı ekstraktlarının serada nematod popülasyonunu 15-31 l/ha oranında azaltmanın yanı sıra domates verimini de önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir [22].

Kitosan, karides, kabuklu deniz ürünleri, istakoz veya yengeçlerin dış kabuğunda ve mantarların hücre duvarlarında bulunan kitin deasetilasyonu ile oluşan doğal bir biyopolimerdir [23]. Kitosan parçacıklarının, hücre zarlarındaki veya hücrelerdeki spesifik reseptörler tarafından tanındığında, antinematod enzimlerinin salgılanması, antinematod bileşiklerinin üretimi, hücre duvarı takviyesi ve aşırı duyarlı yanıt (HR) aracılı hücre ölümü dahil olmak üzere bir dizi fizyolojik yanıt sağlayan çoklu sinyal yollarını aktive ettiği bildirilmiştir [24, 25]. Bu durum nematodun beslenmesini engelleyerek ölümüne neden olmaktadır [26]. Kitin ve kitosanın toprak uygulamalarının kök ur nematodlarının gal, yumurta paketi ve topraktaki 2. Dönem larva (L2) yoğunluğunu azalttığına dair çalışmalar bulunmaktadır [27, 28, 29].

Kitosan ile ilgili biyoteknolojik çalışmaların gittikçe artması ve birçok alanda kimyasal, fiziksel özellikleri gereği kolayca kullanılabilmesi, gelecek için umut verici bir uygulama alanı sunmaktadır. Biyonematisitlerin etkinliklerinin artırılması yada muhafaza süresi gibi bazı şartların değiştirilmesinde kitosanın etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle ilk aşamada bu çalışmada kitosan ve biyonematisitlerin beraber kullanımının kök ur nematodu üzerindeki etkisinin araştırılması yapılmıştır. Bu amaçla biyokontrol ajanı (*Burkholderia rinojensis* A396 suşu ve *Paecilomyces lilacinus* 251 suşu) ve bitkisel ekstraktan (*Quillaja saponaria*) oluşan üç ticari biyonematisitin kitosan ile kombinasyonlarının domateste *Meloidogyne incognita*'nın oluşturduğu gal ve yumurta paketi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada kök-ur nematodu olarak morfolojik ve moleküler olarak tanımlanan ve iklim odası koşullarında (24 ± 1 °C, $\%60 \pm 5$ nem) kitle üretimi devam eden *M. incognita* ISP izolatu kullanılmıştır [30]. Çalışma, kök ur nematoduna duyarlı olduğu bilinen Gülizar F1 domates çeşidi üzerinde yapılmıştır. Ticari biyonematisit Bio nematon® (% 1,5 *P. lilacinus* strain PL1, 5 ml/l, Agrobest), Majestene® (954.05 g/L *B. rinojensis* strain A396, 1 l/da, AMC-TR), QL Agri® (350 g/l *Q. saponaria* ekstraktı, 2000 ml/da, BASF) ve kimyasal nematisit Velum Prime® (Fluopyram, 60 ml/da, Bayer) satın alınmıştır. Çalışmada kullanılan kitosan, Kitinsan Tarım Ürünleri SAN. TİC. A.Ş firmasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Nematod inokulumu'nun hazırlanması

Nematod inokulasyonunda 1000 ikinci dönem larva (L2) kullanılmıştır. Kitle üretimin yapıldığı Tueza F1 domates çeşidinin kökleri musluk suyunda yıkandıktan sonra stereo mikroskop altında köklerden yumurta paketleri alınarak bir petri kabında 25 ± 2 °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 [31].

2.2.2. Biyonematisitlerin Kitosan ile kombinasyon uygulamalarının domates kökünde *Meloidogyne incognita* gelişimine etkisi

Çalışma 2022 yılının Eylül-Aralık ayları arasında kontrollü koşullar altında (24 ± 1 °C, $\%60 \pm 5$ nem) plastik saksılarda ve her bir uygulama için tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 1 domates bitkisi bulunmaktadır. Pozitif kontrol olarak Velum Prime®, negatif kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Çalışma 9 uygulamadan oluşmaktadır; 1: Majestene®, 2: Bio nematon®, 3: QL-Agri®, 4: Kitosan, 5: Majestene®+Kitosan, 6: Bio nematon®+Kitosan, 7: QL-Agri®+Kitosan, 8: Saf su (Negatif kontrol), 9: Velum Prime® (Pozitif kontrol).

Üç haftalık 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 inokulasyonu ile birlikte biyonematisit uygulamaları toprağa yapılmıştır [32]. Biyonematisitlerin

uygulamalarında araziye tavsiye edilen dozları kullanılmıştır. Saksı başına Majestene® 0.4 ml/l, Bio nematon® 5 ml/l, Velum Prime® 0.16 ml/L, QL-Agri® 0.8 ml/L uygulanmıştır. Kitosan ise her saksı toprağına $\%1$ 'lik sıvı süspansiyonundan 5 ml uygulanmıştır [33].

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 yada 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 [31, 34].

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.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada en yüksek gal ve yumurta paketi indeks değeri negatif kontrolde tespit edilmiştir. Uygulamaların gal ve yumurta paketi indeks değerlerinin 1.6-4.8 arasında değiştiği ve negatif kontrole göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Sadece biyonematisit uygulamalarında gal ve yumurta paketi indeks değerleri 3.0-4.8 arasında değişirken, kitosan ile kombinasyonlarında 2.2-3.8 arasında değişim olduğu bulunmuştur. Biyonematisitler içerisinde en yüksek gal (4.8) ve yumurta paketi (4.4) indeksinin QL-Agri®'de olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kitosan ve QL-Agri®'nin gal ve yumurta paketi indeks değerleri benzer görülmüş ve aralarında istatistiki olarak fark bulunamamıştır ($P \geq 0.05$). Sadece biyonematisit uygulamalarında Majestene® uygulanan bitkilerde gal ve yumurta paketi indeks değerinin Bio nematon® uygulamasına göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Ancak kitosan+Majestene® ve kitosan+Bio nematon® uygulamalarının gal ve yumurta paketi indeks değerleri birbirine yakın bulunmuş ve aralarında istatistiki olarak fark görülmemiştir ($P \geq 0.05$). Biyonematisitlerin kitosan ile uygulamalarında gal ve yumurta paketi indeks değerlerinin tek başına uygulamalarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada en düşük gal ve yumurta paketi indeks değeri pozitif kontrolde belirlenmesine rağmen kitosan+Majestene® ve kitosan+Bio nematon® uygulamaları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($P \geq 0.05$) (Tablo 1).

Tablo 1. Biyonefektislerin kitosan ile kombinasyon uygulamalarının domates kökünde *Meloidogyne incognita*'nın oluşturduğu gal ve yumurta paketine etkisi

Uygulama	Gal indeks ortalaması± Standart hata*	Yumurta paketi indeks ortalaması± Standart hata
Majestene®	3.2±0.3 abc	3.0±0.3 abc
Bio nematon®	4.0±0.4 bc	3.6±0.5 bc
QL-Agri®	4.8±0.3 c	4.4±0.5 c
Kitosan	4.2±0.3 bc	3.8±0.2 bc
Kitosan+Majestene®	2.6±0.2 ab	2.2±0.3 ab
Kitosan+Bio nematon®	2.8±0.3 ab	2.6±0.2 ab
Kitosan+OL-Agri®	3.8±0.3 bc	3.8±0.3 bc
Negatif kontrol (Saf su)	7.4±0.4 d	6.6±0.2 d
Pozitif kontrol (Velum Prime®)	2.0±0.3 a	1.6±0.2 a

* Aynı sütunda gösterilen küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (P≤0.05).

Bu çalışmada biyonefektislerin kitosan ile birlikte uygulamalarının kök ur nematodu ile mücadelede başarıyı artırdığı saptanmıştır. Kitosan ile olan kombinasyonlarında Majestene® ve Bionematon'un nematisidal etkileri benzer bulunurken, OL-Agri'nin etkisi 2 kombinasyondan düşük saptanmıştır. Bu sonuçlar biyolojik kontrol ajanlarının nematisidal etkinliğinin bitkisel ekstraktan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nematod üzerindeki kontrol mekanizmalarının farklılığından kaynaklanabilir [11, 17, 20]. Birçok araştırmacı da kök ur nematodunun biyolojik kontrolü için en etkili fungusu *P. lilacinus* olarak bildirmiştir [11, 34, 35, 36, 37]. Hem sera hem de tarla deneylerinde *B. rinojensis* A396 suşu içeren Majestene® biyonefektisinin bitki paraziti nematod popülasyonlarını azalttığı daha önce yürütülen çalışmalarda bulunmuştur [14, 38]. Tütün rizosfer topraklarından izole edilen *B. arboris* J211'in kültür filtratının *M. incognita* ile mücadelede kullanılabilirliği rapor edilmiştir [39]. Kim et al. [19], in vitroda *Burkholderia* sp. JB-2 suşunun filtratının uygulamasından 2 gün sonra, *M. incognita*'nın L2'lerinde %87,5 ölüm oranı tespit etmiştir.

Argentieri ve ark. [38] *Q. saponaria*'nın nematisidal aktivitesinin saponinler ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Giannakou [20], Kök ur nematodu ile bulaşık hıyar yetiştirme alanında *Q. saponaria*'nın kimyasal Cadusafos (Rugby®) ve Oksamyl (Vydate®) ile benzer etki gösterdiğini tespit etmiştir. Bu çalışmada *Q. saponaria* ekstraktı QL-Agri®'nin nematisidal etkisi kimyasal Velum Prime®'dan daha düşük bulunmuş, kitosanla birlikte uygulandığında nematisidal aktivite artmasına rağmen yine benzer etki belirlenmemiştir. Ayrıca kimyasal nematisit Velum Prime® ile Kitosan+Majestene® ve Kitosan+Bio Nematon® uygulamalarının gal ve yumurta paketi indeks değerlerinin benzer bulunması çalışmanın önemli sonuçlarından birisidir. Bu çalışma biyonefektislerin etkinliğinin

artırılmasında kitosanın kullanılabilirliğini göstermiştir. Entegre mücadelede pestisitlerin karıştırılması yada beraber uygulanması yaygın bir kontrol stratejisidir. Birbiri ile karışabilir pestisitlerin beraber uygulanması, kontrol etkisini artırma, dozajı azaltma, ilaç direncinin ortaya çıkmasını geciktirme, farklı hastalık ve böcekleri aynı anda tedavi etme, zamandan ve emekten tasarruf etme gibi faydalar sağlamaktadır [39]. Pestisitlerle kombinasyon, kitosanın antibakteriyel, antifungal ve antiinsektisidal potansiyelini artırmıştır [40]. Benzer şekilde, nematofag organizmalarla birlikte kitosan kullanılması, nematodlara karşı biyokontrol etkisini geliştirmektedir [41, 42]. Kokalis-Burelle ve ark. [43] ise benzaldehit ile kitini kombinasyon halinde kullandığında domateste enfeksiyonunun baskılandığını bildirmiştir. Kalaiarasan ve ark. [27], kitin ve kitinolitik biyokontrol ajanlarının (*Pseudomonas fluorescens* ve *Tirichoderma viride*) eşzamanlı uygulanmasının, kök ur nematodlarında etkinliğini yüksek bulmuşlardır. Mittal ve ark. [44], *P. lilacinus* ve kitin kombinasyonunun, *M. incognita*'nın baskılanmasını tekli uygulamasından daha fazla artırdığını göstermiştir. Bir toprak ıslahı veya bitki düzenleyicisi olarak kitosan, zararlıların ve hastalıkların neden olduğu hasarı azaltabilir, ancak etkinliği tarımsal yönetim ihtiyaçlarını karşılamak için tek başına yetersizdir. Bu nedenle, kitosanın nematisitlerle kullanımının daha akılcı ve pratik bir çözüm olabileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada kök ur nematodu mücadelesinde *B. rinojensis* A396 suşu (Majestene®) ve *P. lilacinum* 251 suşu (Bio nematon®)'nın bitkisel ekstrakt *Q. saponaria* (QL-Agri®,BASF)'dan daha başarılı olduğu bulunmuştur. Kitosan ile kombinasyon uygulamalarda gal ve yumurta paketi sayısının daha da azaldığı belirlenmiştir. Biyokontrol ajanlarını veya ürünlerini içeren biyonefektislerin etkinliklerinin artırılmasında kitosanın potansiyel teşkil ettiği görülmüştür.

Teşekkür

Çalışma materyalleri biyolojik ve kimyasal nematisitleri sağlayan Ziraat Müh. Hasan ILGAR (AMC Tarım, Türkiye) ve Ziraat Yük. Müh. Harun Burak GÖZE (Beylerbeyi Tarım, Antalya, Türkiye)'ye teşekkür ederim. Nematod kitle üretimi ve denemede kullanılan domates materyallerinin teminini sağlayan Ziraat Müh. Tuğçe OKUMUŞ EROL (Olympos fide, Kumluca/Antalya, Türkiye)'a teşekkür ederim.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine

Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederim.

Kaynakça

- [1] Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Perry, R. N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 14(9), 946-961.
- [2] Dong, L., Huang, C., Huang, L., Li, X., Zuo, Y. 2012. Screening plants resistant against *Meloidogyne incognita* and integrated management of plant resources for nematode control. *Crop Protection*, 33, 34-39.
- [3] Kyndt, T., Vieira, P., Gheysen, G., de Almeida-Engler, J. 2013. Nematode feeding sites: unique organs in plant roots. *Planta*, 238, 807-818.
- [4] Quentin, M., Abad, P., Favery, B. 2013. Plant parasitic nematode effectors target host defense and nuclear functions to establish feeding cells. *Frontiers in plant science*, 4:53.
- [5] Azlay, L., El Boukhari, M. E. M., Mayad, E. H., Barakate, M. 2022. Biological management of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): a review. *Organic Agriculture*, 1-19.
- [6] Degenkolb, T., Vilcinskas, A. 2016. Metabolites from nematophagous fungi and nematicidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *Applied microbiology and biotechnology*, 100, 3799-3812.
- [7] Kumar, K. K., Arthurs, S. 2021. Recent advances in the biological control of citrus nematodes: a review. *Biological Control*, 157, 104593.
- [8] Arora, R., Battu, G. S., Ramakrishnan, N. 2000. *Microbial pesticides: current status and future outlook*. Pesticides and Environment. Commonwealth Publishers, New Delhi, 344-395.
- [9] Ruiu, L. 2018. Microbial biopesticides in agroecosystems. *Agronomy*, 8(11), 235.
- [10] Brand, D., Soccol, C. R., Sabu, A., Roussos, S. 2010. Production of fungal biological control agents through solid state fermentation: a case study on *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematodes. *Micologia Aplicada International*, 22(1), 31-48.
- [11] Sivakumar, T., Renganathan, P. B. P., Sanjeevkumar, K. 2020. Bio efficacy of bio-nematode (*Paecilomyces lilacinus* 1.15% wp) against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in cucumber crop. *Plant Arch*, 20(2), 3805-3810.
- [12] Khan, A., Williams, K. L., Nevalainen, H. K. 2004. Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. *Biological control*, 31(3), 346-352.
- [13] Park, J. O., Hargreaves, J. R., McConville, E. J., Stirling, G. R., Ghisalberti, E. L., Sivasithamparam, K. 2004. Production of leucinostatins and nematicidal activity of Australian isolates of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Letters in Applied Microbiology*, 38(4), 271-276.
- [14] Yang, J., Zhao, X., Liang, L., Xia, Z., Lei, L., Niu, X., Zhang, K. Q. 2011. Overexpression of a cuticle-degrading protease Ver112 increases the nematicidal activity of *Paecilomyces lilacinus*. *Applied microbiology and biotechnology*, 89, 1895-1903.
- [15] Morgan-Jones, G., White, J. F., Rodriguez-Kabana, R. 1984. Phytonematode pathology: Ultrastructural studies. II. Parasitism of *Meloidogyne arenaria* eggs and larvae by *Paecilomyces lilacinus*. *Nematropica*, 57-71.
- [16] Cordova-Kreylos, A. L., Fernandez, L. E., Koivunen, M., Yang, A., Flor-Weiler, L., Marrone, P. G. 2013. Isolation and characterization of *Burkholderia rinojensis* sp. nov., a non-*Burkholderia cepacia* complex soil bacterium with insecticidal and mitocidal activities. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(24), 7669-7678.
- [17] Vial, L., Groleau, M. C., Dekimpe, V. and Deziel, E. 2007. *Burkholderia* diversity and versatility: an inventory of the extracellular products. *Journal of microbiology and biotechnology*, 17(9), 1407-1429.
- [18] Liu, M., Philp, J., Wang, Y., Hu, J., Wei, Y., Li, J., Yang, H. 2022. Plant growth-promoting rhizobacteria *Burkholderia vietnamiensis* B418 inhibits root-knot nematode on watermelon by modifying the rhizosphere microbial community. *Scientific Reports*, 12(1), 8381.
- [19] Kim, J. H., Lee, B. M., Kang, M. K., Park, D. J., Choi, I. S., Park, H. Y., Son, K. H. 2023. Assessment of nematicidal and plant growth-promoting effects of *Burkholderia* sp. JB-2 in root-knot nematode-infested soil. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- [20] Giannakou, I. O. 2011. Efficacy of a formulated product containing *Quillaja saponaria* plant extracts for the control of root-knot nematodes. *European Journal of Plant Pathology*, 130, 587-596.
- [21] San Martín, R., Magunacelaya, J. C. 2005. Control of plant-parasitic nematodes with extracts of *Quillaja saponaria*. *Nematology*, 7(4), 577-585.

- [22] D'Addabbo, T., Curto, G., Greco, P., DiSilvestro, D., Coiro, M. I., Lamberti, F. 2005. Prove preliminari di Lotta contro nematodi galligeni mediante estradi *Quillaja saponaria* Molina. *Nematologia Mediterranea*, 33, 29-34.
- [23] Chakraborty, M., Hasanuzzaman, M., Rahman, M., Khan, M. A. R., Bhowmik, P., Mahmud, N. U., Islam, T. 2020. Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer. *Agriculture*, 10(12), 624.
- [24] Hirano, S., Nakahira, T.; Nakagawa, M., Kim, S.K. 1999. The preparation and applications of functional fibres from crab shell chitin. *Journal of Biotechnology*, 70, 373-377.
- [25] Mouniga, R., Anita, B., Shanthi, 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.
- [26] Kulikov, S.N., Chirkov, S.N., Il'ina, A.V., Lopatin, S.A., Varlamov, V.P. 2006. Effect of the molecular weight of chitosan on its antiviral activity in plants. *Prik. Biokhim. Mikrobiology*, 42 (2), 224-228.
- [27] 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.
- [28] 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 esculenum*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 5(2), 104-110.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] Göze Özdemir, F. G. 2022. Management of disease complex of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* on tomato using some essential oils. *Plant Protection Bulletin*, 62(4), 27-36.
- [32] Kepenekci, I., Oksal, E. 2015. Evaluation of entomopathogenic fungi, *Purpureocillium lilacinum* TR1 for the control of the root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*, *M. incognita* and *M. arenaria*). *Turkish Journal of Entomology*, 39(3), 311-318.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] Anastasiadis, I. A., Giannakou, I. O., Prophetou-Athanasiadou, D. A., Gowen, S. R. 2008. The combined effect of the application of a biocontrol agent *Paecilomyces lilacinus*, with various practices for the control of root-knot nematodes. *Crop Protection*, 27(3-5), 352-361.
- [36] Isaac, G. S., El-Deriny, M. M. and Taha, R. G. 2021. Efficacy of *Purpureocillium lilacinum* AUMC 10149 as biocontrol agent against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato plant. *Brazilian Journal of Biology*, 84.
- [37] Santos B.M. 2017. Performance of the bionematicide Majestene™ against parasitic nematodes in tomato and strawberries in Florida. *Journal of Nematology*, 49 (4), 477-541.
- [38] Argentieri, M. P., D'Addabbo, T., Tava, A., Agostinelli, A., Jurzysta, M., Avato, P. 2008. Evaluation of nematicidal properties of saponins from *Medicago* spp. *European Journal of Plant Pathology*, 120, 189-197.
- [39] Fan, Z., Wang, L., Qin, Y., Li, P. 2023. Activity of chitin/chitosan/chitosan oligosaccharide against plant pathogenic nematodes and potential modes of application in agriculture: A review. *Carbohydrate Polymers*, 120592.
- [40] Palazzini, J., Reynoso, A., Yerkovich, N., Zachetti, V., Ramirez, M., Chulze, S. 2022. Combination of *Bacillus velezensis* RC218 and chitosan to control fusarium head blight on bread and durum wheat under greenhouse and field conditions. *Toxins (Basel)*, 14(7), 499.
- [41] Escudero, N., Ferreira, S. R., Lopez-Moya, F., Naranjo-Ortiz, M. A., Marin-Ortiz, A. I., Thornton, C. R., Lopez-Llorca, L. V. 2016. Chitosan enhances parasitism of *Meloidogyne javanica* eggs by the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. *Fungal Biology*, 120(4), 572-585.
- [42] Zhan, J., Qin, Y., Gao, K., Fan, Z., Wang, L., Xing, R., Li, P. 2021. Efficacy of a chitinbased water-soluble derivative in inducing *Purpureocillium lilacinum* against nematode disease (*Meloidogyne incognita*). *International Journal of Molecular Sciences*, 22(13), 6870.

- [43] Kokalis-Burelle, N., Martinez-Ochoa, N., Rodríguez-Ka'bana, R., Kloepper, J. W. 2002. Development of multi-component transplant mixes for suppression of *Meloidogyne incognita* on tomato (*Lycopersicon esculentum*). Journal of Nematology, 34(2), 362-369.
- [44] 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.