



Tuzak Bitkilerin Kök-ur Nematodları ile Mücadelede Kullanım Potansiyelleri^A

Gökhan AYDINLI¹, Esra ÇALTEPE², Sevilhan MENNAN^{2*}

Öz: Nematolojik açıdan tuzak bitki uygulamaları, topraktaki nematod popülasyonunu baskılamak amacıyla uygulanabilecek bitki temelli stratejilerden biridir. Tuzak bitkilerin temel felsefesi, nematodu kendine çekerek, belli bir alanda toplaması ve toplu olarak kolayca imha edilmesine imkan vermesidir. Böylece tuzak bitkiler, hedef ana ürün bitkisini nematod saldırısından korumak, zararlının bu bitkilere ulaşmasını önlemek veya zararlıyı kendine çekerek ekonomik olarak yok edilebilecekleri şekilde yoğunlaştırmak amacıyla yetiştirilirler. Tuzak bitkilerin, zararlıyı belli bir alanda toplama etkisinin yanında, zararlıya olumsuz etkiler göstermesi durumunda; bu tip bitkiler ingilizcede “dead-end” yani “çıkılmaz sokak” olarak nitelendirilirler. Her ne kadar, nematodlar için tuzak bitki olarak bilinen bitki sayısı sınırlı olsa da, nematodun konukçusu ile olan beslenme davranışı da dikkate alındığında, hassas bitkilerin bile tuzaklama amacıyla kullanılabilir potansiyelde olması, bu uygulamanın bir mücadele stratejisi olarak kullanılabilme potansiyelini artırmaktadır. Tuzak bitkilerin ana ürün bitkileri arasında kısa süreli yetiştirilmesiyle, üretim yapılan alandaki nematod popülasyonunun etkili bir şekilde azaldığı ve kendinden sonra yetiştirilen bitkide, belirgin verim artışı sağlandığı bilinmektedir. Ayrıca, kimyasal kullanımının da azalmasına katkı sağlayan bu yaklaşımlar, hem ekonomik olarak daha karlı hem de çevre ve insan sağlığı için güvenli ve sürdürülebilir bir üretimin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, kök-ur nematodları ile mücadelede tuzak bitkilerin kullanımının ele alındığı çalışmada, tuzaklama

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Sevilhan MENNAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye, smennan@omu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-4346-8100](https://orcid.org/0000-0002-4346-8100)

¹ Gökhan AYDINLI, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bafra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Samsun, Türkiye, gokhanay@omu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-3280-0411](https://orcid.org/0000-0002-3280-0411)

² Esra ÇALTEPE, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye, esra.caltepe55@gmail.com, [OrcID 0000-0001-7739-0551](https://orcid.org/0000-0001-7739-0551)

stratejileri açıklanmaya çalışılarak, tuzaklama uygulamasını destekleyici stratejiler, günümüze değin yapılan örneklerle derlenerek özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki paraziti nematodlar, entegre mücadele, kök-ur nematodları, tuzak bitkiler.

The Potentials of Trap Crops for the Control of Root-Knot Nematodes

Abstract: Trap plant strategies are one of the plant-based strategies that can be applied to suppress the nematode population in the soil from a nematological point of view. The basic philosophy of trap plants is to attract the pest to itself, to collect it in a certain area, and to allow it to be destroyed easily. Thus, trap plants are grown to protect the target main crop plant from nematode attack, to prevent the pest from reaching these plants, or to intensify the pest so that it can be economically destroyed by attracting them. When trap plants have negative effects on the nematode in addition to collecting the pest in a specific area, these plants are referred to as "dead-end" in English. Although the number of plants known as nematode trap plants is limited, considering the nematode's feeding behavior with its host, the ability to trap even susceptible plants increases the potential of this application as a control strategy. It is known, in particular, that short-term cultivation of trap plants among cash crop plants effectively reduces the nematode population in the production area and results in a significant increase in yield in the plant grown after it. Furthermore, these approaches that contribute to chemical reduction ensure both economically more profitable production as well as safe and sustainable production for the environment and human health. As a result, in the study that discusses the use of trap plants against root-knot nematodes, the trapping strategies are attempted to be explained, and the strategies that support the trapping application are summarized by collecting the examples provided so far.

Keywords: Plant-parasitic nematodes, Root-knot nematodes, integrated management, trap crops.

Giriş

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), tüm dünyada yaygın olarak bulunan obligat türler olup ekonomik önem bakımından bitki paraziti nematodlar içinde ilk sıradadırlar (Jones ve ark., 2013). *Meloidogyne* cinsinde, yaklaşık 105 tür tespit edilmiş olup (Ghaderi ve Karssen, 2020); *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood ve *Meloidogyne hapla* Chitwood en yaygın görülenlerdir (Elling, 2013). Kök-ur nematodlarının konukçu aralığı çok geniş olup 3.000'den fazla bitki türünde zarar yapmaktadır (Abad ve ark., 2003). Bitkilerde neden oldukları zararın boyutu; nematodun türü, popülasyon yoğunluğu, bitkinin çeşidi, toprak yapısı, sıcaklığı ve nemine bağlı olarak değişiklik gösterse de; dünya genelinde, kök-ur nematodlarından kaynaklanan ürün kaybının ortalama %5-15 arasında

olduğu (Collange ve ark., 2011) ve mücadele yapılmaması durumunda %100'e kadar ulaşabildiği bilinmektedir (Wesemael ve ark., 2011).

Kök-ur nematodu ile mücadele yöntemlerinin başında kültürel önlemler ve nematisit uygulamaları gelmektedir. Kültürel önlemler içinde en etkili olanı dayanıklı çeşitlerin kullanımı olsa da; dayanıklı ticari çeşitlerin domates ve biber ile sınırlı kalması, kök-ur nematodlarının geniş konukçu dizisine sahip olmaları ve bir ekim alanında birden fazla türden oluşan karışık populasyonların varlığı (Xiang ve ark., 2018) bu uygulamayı sınırlandırmaktadır. Kimyasalların da pahalı olmaları, çevre ve insan sağlığı açısından riskler oluşturmaları gibi dezavantajları mevcuttur (Ploeg, 2002; Zasada ve ark., 2010; Desaegeer ve ark., 2017; Xiang ve ark., 2018; Mıstanoğlu ve ark., 2021). Bu nedenlerle kök-ur nematodları ile alternatif mücadele yöntemleri ve bu yöntemlerin etkinliği üzerinde özellikle son yıllarda artan oranlarda çalışılmaktadır (Hajihassani ve ark., 2019a; Hajihassani ve ark., 2019b; Forghani ve Hajihassani, 2020). Bu alternatifler içinden biyolojik mücadele ve bitki dayanıklılığı çalışmaları ön plana çıkmaktadır. Biyolojik preparatlar günümüzde ticari olarak mevcut olmasına rağmen, başta fungus ve bakterilerden oluşan biyolojik mücadele ajanlarının etki oranları, pek çok değişkene bağlıdır (Zhou ve ark., 2016; Xiang ve ark., 2018; Poveda ve ark., 2020). Örneğin, bitki eksudatları bile rhizosferdeki şeker, organik ve aminoasitlerin oranlarını değiştirdiğinden, biyolojik mücadele etmeni fungus ve bakterileri de etkilemektedir. Böylece, nematodların arazi şartlarındaki biyolojik kontrolü, genellikle deneysel sonuçlardaki kadar yüksek başarılarla ulaşamamaktadır (Poveda ve ark., 2020). Bu nedenlerle, diğer mücadele uygulamaları ile birlikte kullanılacak en başarılı seçeneklerin başında bitki dayanıklılığı gelmektedir (Lopez-Gomez ve ark., 2016). Ancak yetiştirilen her bitki türünün ticari olarak kullanımına uygun dayanıklı çeşidi bulunmaması yanında; aynı dayanıklı bitkinin devamlı yetiştirilmesiyle oluşan seleksiyon baskısı sonucunda, dayanıklılığı kıran nematod popülasyonları da saptanmıştır (Castagnone-Sereno, 2002; Abad ve ark., 2003; Karajeh ve ark., 2005; Xiang ve ark., 2018; Hajihassani ve ark., 2019b). Böylece farklı dayanıklılık kaynaklarının kullanıldığı, konukçu olmayan veya zayıf konukçu olan bitkilerin ve tuzak bitkilerin kullanıldığı farklı üretim modelleri, dayanıklılık kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önemli ve faydalıdır. Sentetik kimyasalların keşfinden önce, mücadelede önemli bir yere sahip olan tuzak bitkiler, kimyasalların çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin artmasıyla birlikte, yeniden önem kazanmış olup, entegre mücadelenin önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Xu ve ark., 2006; Haque ve ark., 2008; Dias ve ark., 2012; Vestergard, 2019; Sacchi ve ark., 2021).

Hem organik hem de konvansiyonel tarım alanlarında uygulanabilecek kapasitedeki tuzak bitkilerin kullanımı, ana ürünü hastalık etmeni, böcek ve nematod zararından korumak için, onları cezbederek kendinde toplayan bitkilerin yetiştirilmesi olarak özetlenebilir (Hokkanen, 1991). Bir alanda tuzak bitkilerin kullanım şekli, tuzak bitki olarak kullanılan bitkinin özelliği ve bu bitkinin imha edilme zamanına bağlı olarak değişmekle beraber; genellikle ana ürün ile aynı zamanda tekli sıralar, çoklu sıralar veya düzensiz dağılım şeklinde ya da ana üründen önce yetiştirilme şeklinde olabilir (Shelton ve Badenes-Perez, 2006). Tuzak bitkiler bir mücadele tekniği olarak değerlendirildiğinde, en fazla böceklerle ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. Tuzak bitkilerin temel felsefesi, zararlıyı kendine çekerek, belli bir alanda toplaması ve toplu olarak kolayca imha edilmesine imkan vermesidir. Böylece tuzak bitkiler, hedef ana ürün bitkisini zararlı saldırısından korumak, zararlıının bu bitkilere

ulaşmasını önlemek veya onları ekonomik olarak yok edilebilecekleri tarım alanının belirli bir bölümünde yoğunlaştırmak için zararlıyı çekmek amacıyla yetiştirilen bitkilerdir (Shelton ve Badenes-Perez, 2006). Bu tanımın temel ilkesi, zararlıın tuzak bitki işlevi gören bitkiler ve korunacak bitkiler arasındaki tercihidir. Tuzak bitkilerin, zararlıyı belli bir alanda toplama etkisinin yanında, zararlıya olumsuz etkiler göstermesi durumunda; bu tip bitkiler İngilizcede “dead-end” yani “çıkılmaz sokak” olarak nitelendirilirler. Tuzak bitkilerin nematod mücadelesinde kullanımı uygulamalarına ise 1800’lü yılların sonlarından itibaren rastlanmaktadır (Djian-Caporalino ve ark., 2005; Sikora ve ark., 2005). Böcek tuzaklarındaki mantıkla, ilk tuzak bitki uygulamaları, nematodu kendine çeken hassas konukçuların kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu tip tuzak bitkiler sadece iyi birer konukçu olmaları sebebiyle, nematodu toplu olarak kendi dokularında hapsedme felsefesiyle çalışırken; bir diğer grup tuzak bitki ise, nematodu cezbederek girişinin gerçekleşebildiği ancak genellikle hayat döngüsünü tamamlayamadığı bitkilerdir (Gardner ve Caswell-Chen, 1994; Melakeberhan ve ark., 2008; Vestergard, 2019). Sadece hassas olduğu için, nematodu kendine çeken bitkilerin tuzak bitki olarak kullanıldığı durumlarda, uygun bir zamanda bu bitkilerin alandan uzaklaştırılması ya da imhaları gerekli iken; diğer grupta ise, nematod üremesi gerçekleşmediğinden buna gerek yoktur. Başka bir ifadeyle, bu tuzak bitkiler, nematodun köke girişine izin veren ancak genellikle ürettikleri toksik sekonder metabolitleri ile gerçekleştirilen savunma mekanizmalarıyla, bitkideki nematodun gelişmesi ve/veya üremesini önleyen bitkilerdir (Torto ve ark., 2018). Doğal olarak özellikle sadece hassas olup çok sayıda nematodu dokularına çekerek toplayan tuzak bitkiler, kök-ur ve kist nematodları gibi bitkide kalıcı endoparazit nematodların mücadelesinde başarılı bir şekilde kullanılabilir (Hancock, 1996; Halford ve ark., 1999; Timmermans, 2005; Xu ve ark., 2006; Haque ve ark., 2008; Dias ve ark., 2012; Vestergard, 2019; Scholte, 2000a;b;c; Westerdahl, 2020; Sacchi ve ark., 2021). Kök-ur nematodularının kalıcı endoparazit türler olarak, yumurta açılımlarını takiben ikinci dönem larvaların hassas konukçuya giriş yapıp, ilerleyen diğer dönemlerde de beslenmeyen ergin erkekler hariç buldukları bitkiyi terk etmemeleri, hassas tuzak bitkilerin kullanım ve başarı şansını artırmaktadır. Hassas bitkilerin tuzak olarak kullanıldığı durumlarda; nematodun biyolojisini tamamlamasına izin vermeden, başka bir ifadeyle dişilerin yumurta vermesinden önce, hassas tuzak bitkiler yok edilirse yeni bulaşmalar ve dolayısıyla topraktaki nematod popülasyonu da azaltılmış olmaktadır (Shelton ve Badenes-Perez, 2006).

Nematolojik açıdan tuzak bitki uygulamaları, topraktaki nematod popülasyonunu baskılamak amacıyla uygulanabilecek bitki temelli stratejilerden biridir. Her ne kadar, nematodlar için köke girişlerini teşvik edip, gelişim ve üremelerini azaltan tuzak bitki sayısı sınırlı olsa da, nematodun konukçusu ile olan beslenme davranışı da dikkate alındığında, sadece köke girişlerin cezbedildiği hassas bitkilerin tuzaklama amacıyla kullanılabilir potansiyelde olması, bu uygulamaların bir mücadele stratejisi olarak kullanılabilir potansiyelini artırmaktadır (Vestergard, 2019). Özellikle, hassas tuzak bitkilerinin kısa süreli yetiştirildiği tuzaklama uygulamaları sonucunda, üretim yapılan toprakta nematod popülasyonunun etkili bir şekilde azaldığı ve kendinden sonra yetiştirilen bitkide, belirgin verim artışı sağlandığı bilinmektedir (Cuadra ve ark., 2000; Sacchi ve ark., 2021). Ayrıca, kimyasal kullanımının da azalmasına katkı sağlayan bu yaklaşımlar, hem ekonomik olarak daha karlı, hem de çevre ve insan sağlığı için güvenli ve sürdürülebilir bir üretimin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır.

Tuzaklama uygulaması kök-ur nematodlarıyla mücadele stratejisi olarak değerlendirildiğinde, *Tagetes* türlerinde olduğu gibi, nematodu çekerek gelişimini azaltan tuzak bitkiler (dead-end trap crop strategy) ve sadece hassas olduklarından kök-ur nematodunu köklerinde toplu halde hapseden (susceptible trap crop strategy) tuzak bitkilerin kullanıldığı görülmektedir (Vestergard, 2019). Böylece, kök-ur nematodları ile mücadelede tuzak bitkilerin kullanımının ele alındığı çalışmada, tuzak bitkilerin 2 farklı kullanımı olan hem nematodu cezbederek kendine çekerken gelişimini/üremesini azaltan tuzak özelliğine sahip bitkiler ile sadece hassas bitkilerin tuzaklama amacıyla kullanıldığı çalışmalar ve tuzaklama uygulamasının başarısını artıracak destekleyici stratejiler günümüze değin yapılan örneklerle derlenerek özetlenmiştir.

Tuzak Bitki Özelliğine Sahip Bitkiler

Kök-ur nematodlarıyla mücadele amacıyla kullanılan başlıca tuzak bitkiler, nematodun köke girişine izin veren ancak genellikle ürettikleri toksik sekonder metabolitleri ile gerçekleştirilen savunma mekanizmalarıyla, bitkideki nematodun gelişmesi ve/veya üremesini önleyen bitkilerdir (Torto ve ark., 2018). İngilizce “dead-end trap crop= çıkmaz sokak, çıkışı olmayan” olarak ifade edilen bu bitkiler, nematod ile bulaşık topraklarda, nematodun aktif olduğu sıcaklıklarda yetiştirildiklerinde, topraktaki nematod popülasyonunun azalmasını sağlamaktadır (Melakeberhan ve ark., 2006; Torto ve ark., 2018). Ayrıca, tuzak bitki özelliğine sahip olan pek çok bitki türü, yetiştiriciliği sırasında veya sonrasında toprağa karıştırıldığında salgıladıkları metabolitlerle nematodu baskılayarak tuzaklamanın etkinliğini de artırmaktadır (Tyler, 1938; Steiner, 1941; Daulton ve Curtis, 1963; Koen, 1966; Vestergard, 2019).

Tuzak bitki kavramının kök-ur nematodları ile mücadelede kullanımının ilk tipik örneği *Tagetes* spp.’nin kullanıldığı çalışmalardır (Priyanka ve ark., 2013). Ülkemizde ve dünyanın pek çok bölgesinde çoğunlukla süs bitkisi olarak yetiştirilen tek yıllık otsu bitki olan kadife çiçeğinin ana vatanı Arjantin, Meksika ve Arizona’dır. Compositae (Asteraceae) familyasının bir üyesi olan kadife çiçeğinin, 30 türü bilinmektedir. Bu türler içinden en bilinenleri ise *Tagetes patula* L., *Tagetes erecta* L. ve *Tagetes minuta* L.’dir. Nematoda antagonistik özelliği ile ilk kullanımı, 1940’lı yıllara kadar inmekte (Steiner, 1941) olup başta kök-ur olmak üzere bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanıldığı pek çok kayıt bulunmaktadır (Hooks ve ark., 2010). Tyler (1938), kadife çiçeğinin 29 çeşidinin kök-ur nematodu türlerine dayanıklı olduğunu bildirirken, Steiner (1941), kök-ur nematodu larvasının *Tagetes* bitkisinin köklerine giriş yapabildiğini fakat, çoğunun yumurta oluşturabilecek cinsel olgunluğa ulaşamadığını belirterek tuzak bitki potansiyelinde olduğuna işaret etmektedir. Daulton ve Curtis (1963) ise *T. erecta*, *T. patula* ve *T. minuta*’nın köklerine az sayıda *M. javanica*’nın giriş yapabildiğini, girenlerin ise ikinci dönem larva olarak kalarak gelişemediğini bildirmişlerdir. Aynı nematod türüne ait benzer sonuçlar Koen (1966) tarafından da tespit edilmiş olup; nematod inokulasyonundan 8 hafta sonra, *T. minuta*, *T. patula* köklerinde dişi ve yumurta paketlerinin saptandığı ancak *T. erecta*’da ise dişi ve yumurtaya rastlanmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, *Tagetes* köklerine giriş yapan ikinci dönem larva sayısındaki artışa bakarak; oldukça fazla sayıda ikinci dönem larvanın köklerce cezbedildiği ve böylece kök-ur nematodları için tuzak bitki olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır. *M. hapla* ile bulaştıran *T. patula* köklerinde yapılan histopatolojik

değerlendirmede, az sayıda ve daha küçük boyutlu dev hücrelerin görüldüğü ve nematodların çoğunlukla öldüğü bildirilmiştir. Bu türün *M. incognita*'ya karşı da benzer reaksiyon gösterdiği bilinmektedir. Bu bitki türünün 12 hafta sonunda seradaki *M. incognita* popülasyonunu %97 azalttığı tespit edilmiştir (Belcher ve Hussey, 1977; Rangaswamy ve ark., 1993). *Meloidogyne chitwoodi* Golden et al.,'nin ikinci dönem larvaları ile bulaştırılan *T. patula* (Single Gold çeşidi) ile hassas domatesin (MoneyMaker çeşidi) kökleri inokulasyondan 2 hafta sonra kıyaslandığında, her iki bitki türünde de köke giriş yapan ikinci dönem larva sayısının aynı olmasına rağmen; inokulasyondan 10 hafta sonra hassas domatesten farklı olarak *T. patula* köklerinde nematodun yumurta kümesinin tespit edilmediği ve nematodun gelişiminin engellendiği bildirilmiştir (Nježi ve ark., 2014). Kök-ur nematodlarının kontrolü amacıyla, pek çok sebze alanında bazı kadife çiçeği türlerinin rotasyon ve intercropping bitkisi olarak, ya da yeşil gübre olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır (Buena ve ark., 2008). Ayrıca, *Tagetes* türlerinin toprak mikroorganizma faaliyetleri üzerine olumsuz etkileri tespit de edilmemiştir. Ayrıca intercropping şeklinde kullanıldığında birlikte yetiştiricilik yapılan diğer bitkilere fitotoksik etkisi de yoktur. Birçok araştırmacı *Tagetes* türlerinin topraktaki kök-ur nematod popülasyonu ve köklerdeki ırlanma oranını azaltan etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir (Ploeg, 2002; Ball-Coelho ve ark., 2001; Buena ve ark., 2008). *Tagetes* türlerinin çalışıldığı araştırmaların ana konuları: *Tagetes* spp. köklerinden salgılanan allelokimyasallar (Marles ve ark., 1992), örtücü bitki olarak kullanım alternatifleri (Ploeg, 2002), bitkiden elde edilen ekstratların kullanıldığı uygulamalar (Hagag ve ark., 2016) ile kök-ur nematodunun konukçusu olmamasına dayandırılan tuzaklama uygulamalarıdır (Lopez-Perez ve ark., 2010).

Kadife çiçeğinin nematodlar üzerindeki etkisi, köklerden salgılanan nematisidal bileşikler, endofitik bakterilerin faaliyetinin artırılması ve nematodlara antogonistik etkisi olan organizmaların teşviki şeklinde açıklansa da; kök-ur nematodlarını baskılamadaki mekanizması bu gün bile net değildir. *Tagetes* türleri nematodlara genel olarak allelopatik etkidedirler; toprağa nematisidal bileşenler salgırlar, ancak bazı araştırmacılar bu etkinin sadece köke girişten sonra başladığını belirtmektedir (Hooks ve ark., 2010). Kök-ur nematodları genel olarak bazı türler dışında, *Tagetes* köklerine giriş yapabilirler (Wang ve ark., 2004), ancak kök dokusundaki, ikinci dönem larvanın gelişimi ve üremesi bozulur. *Tagetes* köklerinden salgılanan en önemli nematisidal bileşiklerin başında alpha-terthienyl gelmektedir. Alpha-terthienyl, sadece nematisidal özellikte olmayıp (Hethelyi ve ark., 1986; Soule, 1993) aynı zamanda bitkilerde hastalık ve zarar meydana getiren fungus, bakteri, böcek ve bazı virüsleri de olumsuz yönde etkilediğinden, (Gommers ve Bakker, 1988; Marles ve ark., 1992) üzerinde en fazla çalışılan bileşiklerdendir (Nivsarkar ve ark., 2001; Hamaguchi ve ark., 2019). *Tagetes*'in tüm etkilerini düzenleyen tek bioaktif madde şüphesiz α -terthienyl değildir ancak günümüzde en büyük potansiyele sahip olanıdır (Hooks ve ark., 2010). Bu bileşiğin, kök-ur nematodları dışındaki türlere etkileri olduğu da belirlenmiştir. Örneğin α -terthienyl %0.125 konsantrasyonunda, 24 saat sonra *Heterodera zaeae* Koshy, Swarup & Sethi türünde de % 100 ölüm meydana getirmiştir (Faizi ve ark., 2011). Alpha-terthienylin biyolojik aktivitesi UV ya da gün ışığı varlığında artmaktadır (Marles ve ark., 1992). Nematod köke giriş yapmışsa α -terthienyl, ışık yokluğunda kök peroksidazları tarafından aktive edilir (Gommers ve Bakker, 1988) ve bu nedenle α -terthienylin sadece bitki içinde iken etkili olduğu ve toprakta aktif olmadığı düşünülmektedir (Hooks ve ark., 2010). Ancak, son zamanlarda α -terthienylin aslında fotoaktivasyon olmaksızın, bitki yokluğunda da nematotoksik

olduğu bildirilmiştir (Hamaguchi ve ark., 2019; Sikder ve Vestergard, 2020). Ayrıca bu bileşen, bitki paraziti nematodun gelişimini engellerken; nematoda antagonistik flora veya faunayı destekleyen bir ortam oluşturmasıyla da nematod popülasyonunu baskılar (Sukul, 1992; Hooks ve ark., 2010). Alfatertienil kök-ur nematodları ve lezyon nematodları için toksik iken; aynı zamanda cezbedicidir. Böylece topraktaki ikinci dönem kök-ur nematodu larvaları, *Tagetes* kökleri etrafında toplanırlar ve *Tagetes* köklerine giren kök-ur nematodunun gelişimi engellenir. Tüm bu etkilerin sonucunda, *Tagetes* köklerinden elde edilen kök-ur nematodu ikinci dönem larva sayısı, domates kökünden elde edilene göre belirgin oranda azdır. *Tagetes* köklerinden salgılanan bu bileşenler, kök-ur nematodlarından bir kısmını öldürürken; canlı kalıp yaşayan ve kök içine girebilenler ise normal olarak gelişimlerini tamamlayamazlar, böylece yeni döl veremezler ve hassas domateste meydana getirilen başarılı parazitizm asla meydana gelemez. Çalışmalar, *Tagetes* köklerinden salgılanan bileşiklerin, nematodun ikinci dönem larvaları üzerindeki öldürücü ve gelişimi engelleyici etkilerinin zaman ve dozdan bağımsız olduğunu da göstermiştir (Wang ve ark., 2004). Örneğin domates ile aynı alanda yetiştirilen *T. patula* kök-ur nematodlarının üremesini azaltarak, domates köklerindeki gal oranını da düşürmüştür (Tringovska ve ark., 2015). *Tagetes* türlerinin nematod öldürücü etkilerinin yanında cezbedici özelliklerinin de olması, topraktaki ikinci dönem larvaları öldürse bile, tuzak bitki kavramının oluşturulduğu ilk bitki olarak *Tagetes*'i öne çıkarmıştır. El Allagui ve ark. (2007), yaptıkları çalışmalarda kadife çiçeğinin kök-ur nematodu türlerine karşı %82 ile %84 gibi yüksek nematisit etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada yapılan analizlerde bu bitki ekstraktının nematisit özelliğinin yüksek oranda flavonoid içeriğinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bir başka çalışmada da, *T. erecta* ve *T. patula* tohumlarından elde edilen ekstraktların *Heterodera schachtii* Schmidt, *M. hapla* ve *Pratylenchus penetrans* (Cobb)'a karşı belirgin bir şekilde etkili olduğu belirtilmiştir (Riga ve ark., 2005).

Ancak, *Tagetes* türlerinin kök-ur nematodları ile mücadelede yaygın olarak kullanılması hala bazı dezavantaj olarak değerlendirilebilecek sınırlamalara da sahiptir. Bu dezavantajlardan en önemlileri; *Tagetes* türlerinin Thrips ve kırmızı örümcekler gibi pek çok diğer önemli zararlıların konukçusu olmaları sebebiyle, ana üründe de bu zararlıların artışına sebep olmalarıdır. Ayrıca, *Tagetes* türlerinin kullanıldığı rotasyon uygulamaları, sonrasında ekilen ana ürünün verimini de düşürebilmektedir. Tüm bunlara ek olarak *Tagetes* türlerinin kök-ur nematodlarının mücadelesindeki etkinliği ve başarısı, kullanılan *Tagetes*'in türü, kök-ur nematodunun türü, topraktaki ikinci dönem larva popülasyon yoğunluğu ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Wang ve ark., 2004). Örneğin, Marahatta ve ark. (2012), *T. patula*'nın kök-ur nematodu türlerine karşı etkisinin değişken olduğunu bildirmiştir. Ploeg (2000), *Tagetes* uygulamalarının domates köklerinde urlanma ve 2. dönem larva popülasyonunda azalmaya neden olduğunu, fakat denemeye alınan tüm *Meloidogyne* türlerinin *T. signata* 'Tangerine Gem' çeşidinde ürediğini belirtmiştir. Yine bir tarla denemesinde *T. patula* (cv. Single gold) *M. chitwoodi*'nin üreme, penetrasyon ya da gelişimini etkilememiştir (Nježi ve ark., 2014). *Tagetes* türlerinin, değişik kök-ur nematodu türlerine konukçuluk seviyeleri de değişmektedir. Örneğin *T. erecta* (Alaska ve Crackerjack varyeteleri), *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica*'ya dayanıklı (Rickard ve DuPree, 1978; Ploeg ve Maris, 1999); *T. patula* (Bolera varyetesi), *M. incognita* ve *M. arenaria*'ya orta seviyede konukçu ancak *M. javanica*'ya dayanıklı iken (Rickard ve Du Pree, 1978); *T. minuta* ise *M. incognita* ve *M. javanica*'ya

dayanıklı ancak *M. arenaria*'ya ise hassastır (Belcher ve Hussey, 1977; Motsinger ve ark., 1977). Tüm türler içinde Fransız varyetesi olarak bilinen *T. patula*'nın pek çok varyetesi, neredeyse tüm kök-ur nematodu türlerine karşı dayanıklıdır (Belcher ve Hussey, 1977; Motsinger ve ark., 1977; Evenhuis ve ark., 2004; Pudasaini ve ark., 2006). Ancak kök-ur nematoduna dayanıklı olduğu bilinen çeşitlerin yetiştiriciliğini, genetik kaynaklarını bozmadan gerçekleştirmek genellikle zordur (Castagnone-Sereno, 2002a; Buena ve ark., 2008). Bu nedenlerle, *Tagetes*'in nematodlar üzerindeki olumsuz etkileri, tarla koşullarındaki bazı araştırmalarda elde edilememiştir (Hooks ve ark., 2010). İklimsel veriler dikkate alınarak, kök-ur nematodunun mevcut türü ve topraktaki populasyon yoğunluğu bilinmeli ve *Tagetes* türünün seçimi tüm bu bilgiler ışığında yapılmalıdır (Sacchi ve ark., 2021). Ayrıca, Thienyl'in aktivitesinin ilginç bir şekilde ultraviyole ışınları etkisinde arttığı, çok sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Bakker ve ark., 1979; Vasudevan ve ark., 1997). Bu bağlamda, *Tagetes* türlerinin bulaşık alanlarda yetiştirilmesi ile elde edilecek etkinin, ekstratlarının toprağa uygulanmasından elde edilecek etkiden fazla olacağı unutulmamalıdır. Bu etkide en önemli rolü, bitkinin köklerinden salgılanan sekonder metabolitlerinden allelopatik etkideki bir Pirolozidin alkaloid olan Alfatertienil oynamaktadır. Pirolozidine alkaloidler, pek çok Asteraceae, Boraginaceae, Fabaceae, Convolvulaceae, Orchidaceae ve Apocynaceae familyası bitkilerinin nematisidal özellikteki sekonder metabolitlerindedir (Trigo, 2011). *Tagetes* türlerinin de içinde bulunduğu Asteraceae familyasındaki bitkilerin tuzaklama potansiyelleri değerlendirilebilirken; bitkilerden salgılanan allelopatik etkilerdeki bileşenler de önem kazanmıştır. Bu etkiye en güzel örnek; hassas domates yetiştirilen kök-ur nematodu ile bulaşık alanlarda, intercropping şeklinde krizantem (*Chrysanthemum coronarium* L.) yetiştirilmesi ile nematodun domatese bulaşmasının azalmasıdır. Bu azalışın sebebi; krizantem köklerinin toprağa salgıladığı laurik asidin, ikinci dönem larvaların chemotaxis davranışını değiştirmesidir (Bais ve ark., 2006). Ayrıca yine bu bitkinin saksı denemelerinde 2, 4, 8 ve 16 µL/mL konsantrasyonlarındaki uygulamaları sonucunda, *Meloidogyne artiellia* Franklin türünün yumurta açılımı, ikinci dönem larvaların canlı kalma ve üreme oranı belirgin seviyede azalmıştır (Oka, 2001). Örneğin *M. hapla*, Pirolozidine alkaloidleri içeren bitki köklerine penetrasyon yapmaz ya da giriş yapsalar dahi üremeleri hassas bitkilere kıyasla belirgin seviyede azalır (Thoden ve ark., 2009; Boppré ve Thoden, 2010). Örn., Asteraceae familyasındaki *Ageratum houstonianum* Mill. ve *Senecio bicolor* (Willd.) Tod., *M. hapla*'nın üremesini tamamen durdurduğundan, bu bitkiler tam anlamıyla çıkmaz sokak ya da başka bir ifadeyle tuzak bitki olarak değerlendirilirler. Ayrıca bu iki bitkinin nematisidal etkileri, kesilip toprağa karıştırıldığında da devam etmektedir. Bu etkiler saksı denemeleriyle ortaya konulmuş olup, mutlaka tarla ve açık alan denemeleriyle de desteklenmelidir.

Sekonder bileşiklerden olan PA içeren bitkilerin, herbivorlara karşı beslenmeyi engelleyici olması nedeniyle, nematod ile mücadelede kullanılabilme potansiyeline sahip olabileceği bilinmektedir (Stewart ve Steenkamp, 2001; Narberhaus ve ark., 2005; Thoden ve ark., 2009). Bu amaçla, *M. hapla* ile bulaşık saksı topraklarında 70 gün yetiştirilen bitkilerin konukçuluk durumları değerlendirildiğinde, PA içeren *A. houstonianum* ve *S. bicolor* bitkilerinde nematod üremesi gerçekleşmemiştir. Köklerinde ırlanma olmasına rağmen, yumurta tespit edilmeyen bu bitkilerde, nematod gelişimini tamamlayamamıştır. Ayrıca deneme sonunda toprakta belirlenen larva sayısı, kontrol uygulamasından 1000 kat daha azdır (Thoden ve ark., 2009). Ancak, PA içeren bitkilerin *M.*

hapla mücadelesinde kullanımında bitkinin türünden mutlaka emin olunmalıdır. Burada sadece bitkinin türünün değil, aynı tür bitkiler içindeki varyetelerin bile dayanıklılık açısından farklı reaksiyonlara sahip olabileceği de unutulmamalıdır (Wang ve ark., 2004; Edwards ve Ploeg, 2014). Çünkü seçilen tuzak bitkilerinin, kök-ur nematodunun üremesine izin vermediğinden emin olunmalıdır (Buena ve ark., 2008).

Kök-ur nematodlarına karşı koruyucu özellikte salgılar üreten ve toprağa veren en bilinen Asteraceae grubunu, Brassicaceae türleri izlemektedir. Yüksek nematidal veya nematod önleyici bileşikler içeren bu bitkilerin, bir sanitasyon stratejisi olarak ekim sistemlerine dahil edilmesi, araştırmacıların büyük ölçüde ilgisini çekmiştir ve pratikte de uygulanmaktadır. Tuzak bitki özelliğine sahip Brassicaceae türlerinden en fazla çalışılan 3 tür ise aynı zamanda örtücü bitki ve/veya biyofumigant özellikleri de bilinen *Brassica juncea* L., roka (*Eruca sativa* L.) ve turp (*Raphanus sativus* L.)'tur (Curto ve ark., 2005). Tüm bu özellikleri sebebiyle bu bitkiler, nematodlar ile mücadelede Metil Bromid alternatifi çalışmalarında yoğun olarak denenmiştir (Hafez ve Sundararaj, 2001; Lauzier, 2002; Tsao ve ark., 2002). Ancak, değişik Brassicaceae varyetelerinde nematodun girişi ve bitki içinde biyolojisinin tamamlanabildiği de saptanmış olduğundan, bu bitkileri tuzak bitki olarak kullanımından önce, konukçuluk durumunun net bir biçimde ortaya konulması gereklidir. Buradaki anahtar kelime nematodun biyolojisinin tamamlanıp tamamlanmadığıdır. Roka bitkisi bu duruma iyi bir örnektir. Pek çok Brassicaceae gibi rokanın da parçalanma ürünlerinden biri Glukosinolatlardan olan isothiocyanatlardır (Curto ve ark., 2005). Melakeberhan ve ark. (2006), roka bitkisinin *M. hapla* gelişim ve üremesini baskılayarak köklerde çok az oranda dişi bireye rastlandığından tuzak bitki potansiyelinin yüksek olduğunu; aynı şekilde Curto ve ark. (2005)'da roka bitkisinin aynı özelliklerinin *M. incognita* türü için de geçerli olduğunu bildirmiştir. Kök-ur nematodlarına karşı mücadele çoğunlukla biyofumigasyon amacıyla kullanılan Brassicaceae bitkilerinin kök-ur nematodu türlerine karşı konukçuluk reaksiyonu hassastan dayanıklıya kadar değişen seviyelerdedir (Edwards ve Ploeg, 2014; Aydınli ve Mennan, 2016). Bu familyada nematoda dayanıklı olarak tespit edilen bitkilerden bazıları, tuzak bitki olarak değerlendirilebilme potansiyelinde olup, biyofumigasyon çalışmalarının etkinliğini de artırmaktadır (Curto ve ark., 2005; Melakeberhan ve ark., 2006; Aydınli ve Mennan, 2016). Örneğin, Roka'nın Nemat çeşidi *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* ve *M. javanica* için tuzak bitki potansiyelindedir (Curto ve ark., 2005; Curto ve ark., 2006; Melakeberhan ve ark., 2006; Edwards ve Ploeg, 2014). Aynı familyadaki bazı turp çeşitlerinin (Carwoodi) de *M. incognita* ırk 3, *M. arenaria* ırk 1 ve *M. javanica*'nın üremelerini desteklemediği bildirilmiştir. Örneğin; turbun Carwoodi çeşidinde *M. incognita* inokulasyonundan 28 gün sonra, genç dişi sayısı 3 ve ergin dişi sayısı 1.8 olarak belirlenmiş ve nematodun üremesinin belirgin seviyede azaldığı vurgulanmıştır (Hamidi ve Hajihassani, 2020). Roka ve turp bitkilerinin değerlendirildiği seradaki bir saksı çalışmasında ise *M. hapla* ile inokule edilen rokanın Nemat çeşidinde gal indeksi belirgin seviyede azalmıştır (Edwards ve Ploeg, 2014). Bu bitki türleri, entegre mücadele programında topraktaki kök-ur nematodu popülasyonu ve fumigant nematisitlerin kullanımını azaltmak amacıyla "tuzak" veya "biyo-fumigant" potansiyelleri için yetiştirilebilirler. Ancak buradaki önemli husus, kök-ur nematodlarına olan konukçuluk seviyelerinin bilinmesi olup; bitkilerin farklı kök-ur nematodu türlerine konukçuluk seviyeleri üzerinde yoğun olarak çalışılmıştır (Tateishi ve ark., 2011; Teklu ve ark., 2014; De Brida ve ark., 2017; Uesugi ve ark., 2018; Waisen ve ark., 2019) ve bazı genotiplerin konukçu olmadıkları da belirlenmiştir. Bu çalışmaların

sonuçları; incelenen bitki çeşidine ve kök-ur nematodu türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Steddom ve ark., 2008; Tateishi ve ark., 2008; Waisen ve ark., 2019). Genel olarak turp, *M. incognita* türü için zayıf konukçu iken (Waisen ve ark., 2019) turp ve roka *M. arenaria* gelişim ve üremesini baskıladığından sebze üretim alanlarında ürün artışına da sebep olmaktadır (Aydınlı ve Mennan, 2018).

Tuzak bitkilerinin mücadele amacıyla kullanıldığı stratejilerdeki ön koşul, topraktaki ikinci dönem larvaların büyük bir kısmının köklere ulaşarak giriş yapmasıdır. Örneğin turp bitkisi (*R. sativus* cv. Diakon) ile yapılan bir çalışmada, erken hasadının topraktaki *M. hapla* ve *M. incognita* ikinci dönem larva populasyonlarını %50 oranında azalttığı (Edwards ve Ploeg, 2014) ve kendisini takip eden domateste ürün artışına neden olduğu bildirilmiştir (Cuadra ve ark., 2000). Çalışma sonuçları tam bir uyum içinde olmasa da hem roka hem de turp bitkisinin farklı çeşitlerinin tuzak bitki potansiyelleri yüksektir. Ancak özellikle *R. sativus* çeşitlerinin, konukçuluk seviyelerinin değişebildiği; bazılarının örneğin *M. hapla* için konukçu olmadıkları da unutulmamalıdır (Edwards ve Ploeg, 2014). Böylece, turp ve roka bitkilerinin kök-ur nematodları ile bulaşık alanlarda entegre mücadele içinde kullanımı yüksek potansiyeldedir. Ancak, ekim sistemine dahil edilmesi durumunda *R. sativus*'un topraktaki *P. penetrans* populasyonunu artırdığı da (Grabau ve ark., 2017) bilindiğinden, bu nematodun bulunduğu ekim alanlarında dikkatli olunmalıdır.

Fabaceae familyasında yer alan ve nematod baskılayıcı özelliğe sahip toksik bileşikler ürettikleri bilinen krotalarya (*Crotalaria* spp.)'nın bazı türleri de kök-ur nematodlarına tuzak bitki özelliğindedir (Araya ve Caswell-Chen, 1994). Krotalarya ile yapılan tuzak bitki denemelerinin çoğu, bitkinin iyi bir adaptasyon gösterdiği tropikal veya subtropikal bölgelerde gerçekleştirilmiştir. Bir sera denemesinde, *Crotalaria spectabilis* Roth'in *M. hapla*'nın üremesine izin verdiği (Good ve ark., 1965) ancak Güney Afrika'da yapılan bir başka denemede ise *M. hapla*'nın köke girişine izin verdiği ama üremesine izin vermediği belirlenmiştir (Van der Linde, 1956). Sera koşullarındaki saksı denemelerinde *M. incognita*'ya tuzak olarak değerlendirilen *Crotalaria juncea* L.'nin, Brassicaceae familyasından tuzak bitki potansiyeli bilinen roka (Nemat) ve turp (Comet ve Karakter) ile kıyaslandığında, bu bitkilere benzer seviyede tuzaklama yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, *M. incognita*'nın, *C. juncea* köklerindeki gelişimi Brassicaceae familyasındaki bitkilere kıyasla daha yavaş olduğundan; bu bitki daha uzun bir yetiştirme periyoduna sahip olabilecek ve topraktaki nematod yoğunluğunun sürekli olarak azaltılmasına katkıda bulunabilecektir. Bu bitki türünün tarla denemesinde de, topraktaki *M. incognita* populasyonunu yaklaşık %82 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Curto ve ark., 2015). Baklagil bitkileri ve aynı zamanda tuzak bitki özelliği gösterme potansiyeli olan bazı yeşil gübre bitkilerinin *M. javanica*'ya konukçuluk durumunu belirlemek için serada yapılan saksı çalışmasında *Canavalia ensiformis* L. ve *C. juncea*'nın ur skalası benzer ve yumurta kümesi oluşumu aynı olup bu bitkilerin tuzak bitki potansiyellerinin olduğu görülmektedir. Yalnızca dikkat edilmesi gereken nokta nematodların hayat döngülerini tamamlamasına izin vermeden sökülmeleri gerektiğidir (Kimenju ve ark., 2007).

Tuzak bitki potansiyelinin araştırıldığı bir diğer bitki olan *Macrotyloma axillare* (E. Mey.) Verdc ise Leguminosae (Fabaceae) familyasındaki çok yıllık bir bitki olup, güney yarım kürede bulunmaktadır. Beş farklı Leguminosae bitkisinde *M. javanica*'nın giriş ve üremesi üzerine çalışan Miamoto ve ark. (2016), tüm bitkilere giriş meydana gelmesine rağmen; üreme faktörü değerinin tüm bitkilerde 1'den az olduğunu belirterek, test

edilen bitki türlerinde nematodun yaşam döngüsünü tamamlayamadığı sonucuna varmıştır. Bu çalışmanın devamında, *M. javanica*'nın *M. axillare*'deki üreme faktörü düşük ve gram kök başına penetrasyonu ise yüksek olarak tespit edildiğinden; bitkinin tuzak bitki potansiyelinde olduğu bildirilmiştir. Sera ve laboratuvarlarda yürütülen çalışmada, *M. axillare* köklerinde *M. javanica*'nın üçüncü ve dördüncü larva dönemlerindeki gelişimlerinin çok uzadığı, köklerde ergin dişiye rastlanmadığı ve tuzak bitki potansiyeli gösterdiği bildirilmiştir (Miamoto ve ark., 2020).

Kök-ur nematodlarına tuzak bitki potansiyeli değerlendirilen Fabaceae familyasındaki diğer bir bitki ise *Sesbania* spp.'dir. Değişik *Sesbania* türlerinin, kök-ur nematodlarının farklı türlerine karşı konukçuluk seviyeleri ile ilgili değişken kayıtlar bulunsa da; pek çok türünün dayanıklılık reaksiyonu gösterdiği bilinmektedir (Hasan ve Jain, 1985). *Meloidogyne graminicola* Golden and Birchfield ile bulaşık saksı topraklarında 40 gün yetiştirilen *Sesbania aculeata* L.'nin köklerinde az sayıda ur oluştuğundan zayıf konukçu kategorisine konulsa da ur oluşumu/ yumurta kümesi oranına bakıldığında tuzak bitki potansiyelinde olduğu saptanmıştır. Bitkinin toprağa karıştırılma zamanının, nematodun hayat döngüsünü tamamlamasına izin vermeyecek şekilde ayarlandığında; *M. graminicola*'nın mücadelesinde tuzaklama potansiyeli gösterebileceği ortaya konulmuştur (Dabur ve ark., 2004).

Apocynaceae familyasında yer alan ve örtücü çok yıllık bitki olarak peyzaj amacıyla kullanılan yeşil pervane çiçeği (*Catharanthus roseus* G. Don.)'nin pembe ve beyaz çiçekli iki çeşidinin de, tuzak bitki özellikleri bilinmektedir. Bitkinin, *M. incognita* ve *M. javanica*'nın karışık popülasyonuna karşı tuzak etkisinin değerlendirildiği saksı denemelerinde, her iki çeşidin köklerinde de kontrol olarak kullanılan bamyaya (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench'dan daha az ırlanma görülmüş ve ırlı köklerde nematodun sadece larva dönemleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu bitkilerin yetiştirildiği topraklara ekilen bamyaya bitkisinin köklerindeki ırlanmanın, beyaz çiçekli çeşitte %95 ve pembe çiçekli çeşitte ise %100 azalması, etkili bir nematod kontrolü sağladıklarını göstermiştir (Patel ve ark., 1991). Tuzak bitki özelliği ortaya konulan bu bitkinin, *M. incognita*'ya antagonistik etkiye sahip olduğu da bilinmektedir (Jagdale ve ark., 1985).

Kök-ur nematodlarına karşı başarılı bir tuzak bitki özelliğinde olduğu bilinen, Solanaceae familyasından diğer başarılı örnek ise *Solanum sisymbriifolium* Lam.'dur. Bu bitki, kök-ur nematodunun yumurta açılımını teşvik ederken, kök salgıları vasıtasıyla köke penetrasyon gerçekleşmediğinden; nematodlar canlılığını devam ettiremezler. *S. sisymbriifolium* Domino varyetesini kullanan Scholte (2000b) ve Sharp varyetesini kullanan Dias ve ark., (2012) *M. javanica*'ya karşı benzer sonuçlar elde etmiştir. Burada özellikle kök-ur nematodunun biyolojisinin tamamlamadan, bitkinin imha edilmesinin gerekliliği vurgulanarak; bitkinin kullanıldığı ekim nöbeti sistemleri ile entegre mücadelede başarılı sonuçlar alınacağı belirtilmiştir. Burada da yine anahtar kelimelerden biri *S. sisymbriifolium* varyetelerinin kök-ur nematodlarının değişik türlerine konukçuluk seviyelerinin bilinmesi gerekliliğidir. Çünkü değişik laboratuvar çalışmalarında, farklı sonuçlar elde edildiğine dair kayıtlar bulunmaktadır (Dias ve ark., 2012). Örneğin önceki çalışmalarda *M. hapla*'nın *S. sisymbriifolium*'da üreyemediği bildirilirken (Scholte ve Vos, 2000), bu durum netleştirilememiştir (Dias ve ark., 2012).

Kök-ur nematodlarının mücadelesinde tuzaklama çalışmalarında kullanılan bir diğer bitki gurubu ise Poaceae familyasındaki *Sorghum* türleridir. Bu genus içinden *Sorghum bicolor* L.ve *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. üzerinde en fazla çalışılmıştır. Sudan otunun SX-17 varyetesi, *M. incognita* (Irk 1 ve 3), *M. arenaria* (Irk 1), ve *M. javanica*'nın üremesine izin vermemektedir (McSorley ve Gallaher, 1991; McSorley ve ark., 1994a). Bu bitkilerin köklerinde, listelenen türlerin yumurtalarına rastlanmamıştır. Ayrıca saksı denemelerinde de, pek çok *Sorghum* çeşidinin *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback'nin de konukçusu olmadıkları da saptanmıştır (De Brida ve ark., 2017; De Brida ve ark., 2018). McSorley ve ark. (1994b), SX-17 varyetesinin, kök-ur nematodu ile bulaşık alanlarda çok uygun bir rotasyon bitkisi olarak, takip eden yazlık sebze üretiminde artışa neden olduğunu da belirtmiştir. *Sorghum* türlerinin kök-ur nematodları üzerindeki etki şekilleri genellikle örtücü bitki ya da yeşil gübreleme şeklinde değerlendirilse de; köklerinden toprağa verdikleri bileşenlerin nematoda toksik etkiler göstermesi, kök-ur nematodunun paraziti olan antagonistlerinin üzerinde ise olumlu ve arttırıcı etkilerinin olması ve nematodun üremesini desteklememeleri olarak özetlenebilir (Dutta ve ark., 2019). Ancak, *Sorghum* türleri pek çok diğer bitki paraziti nematodun popülasyonunu artırdığından; münavebe programlarına dahil edilmeden önce mutlaka topraktaki diğer önemli bitki paraziti nematod durumu ortaya konulmalıdır (Rhoades, 1980; Crow ve ark. (2001).

Tuzak bitkiler nematodun üremesine izin vermedikleri için aynı zamanda dayanıklı bitkiler olarak ifade edilebilir. Fakat her dayanıklı bitki, tuzak bitki olarak kullanılamaz. Bir dayanıklı bitkinin tuzak bitki olarak kullanılabilmesi için; nematodun köke girişine izin vermesi, ancak gelişimine ve üremesine izin vermemesi gerekir. Kök-ur nematodunun konukçusu olan bitki türlerinin dayanıklı gen taşıyan çeşitleri de bu şekilde bir parazit konukçu ilişkisi sergiliyor ve nematodun köke girişine izin verdiği halde üremesine izin vermiyorsa, tuzak bitki olarak güvenli bir şekilde kullanılabilir. Biberde kök-ur nematodu *M. incognita*, *M. arenaria* ve *M. javanica*'ya dayanıklılık sağlayan Me1 ve Me3 genlerinin etki şekillerinin birbirinden farklı olduğu bilinmektedir (Djian-Caporalino ve ark., 2011). Me3 geni taşıyan biberde, ikinci dönem larvaların köke girişi ve beslenmeye başlaması ile erken dönemde hücrel nekroz görülürken, Me1 geni taşıyan biber, nematodun birkaç beslenme hücresi oluşturmasından sonra geç dönemde hipersensitif reaksiyona neden olarak yumurta bırakan dişilerin gelişimi engellenir (Hendy ve ark., 1985; Bleve-Zacheo ve ark., 1998). Yazlık hassas ve dayanıklı biber hatları ve ardından kışlık hassas marulun yetiştirildiği *M. incognita* ve *M. arenaria* ile bulaşık bir sera denemesinde, dayanıklı biber hattını takiben yetiştirilen marulun köklerindeki urlanma önemli derecede azalmıştır. Özellikle iki geni bir arada taşıyan biber çeşidinin yetiştirildiği parsellerde 3 yıl boyunca biberin tuzak bitki etkisi gösterdiği ve takip eden domatesteki bulaşma oranının başlangıçtakine oranla %97,4 azaldığı tespit edilmiştir (Djian-Caporalino ve ark., 2014). Güney Fransa'da iki farklı serada 4 yıllık bir periyotta, nematoda dayanıklı Me geni taşıyan biber çeşitleri tuzak bitki olarak kullanıldığında, topraktaki kök-ur nematodu (*M. incognita*) popülasyonunu ilk yıl %99, ertesi yıl ise %80 azalmıştır (Navarrete ve ark., 2016). Benzer şekilde, yulaf dahil tahıl gurubundaki örtücü bitkiler, uygun bir ekim programında kullanıldığında, kök-ur nematodlarına konukçu olmadıkları ya da zayıf konukçular oldukları için; topraktaki nematod ikinci dönem larva popülasyonunun da azalmasına neden olurlar (Wang ve ark., 2004).

Tuzaklama Amacıyla Hassas Bitkilerin Kullanımı

Tuzaklama amacıyla hassas bitkilerin kullanıldığı uygulamalar, kök-ur nematodunun biyolojisi ve beslenme davranışına dayanarak gerçekleştirilen bir mücadele yöntemi olup, nematodun biyolojisinin detaylı olarak bilinmesi, bu uygulamanın başarısı için de şarttır (Vestergard, 2019).

Toprakta yumurta veya ikinci dönem larva olarak bulunan kök-ur nematodlarının yaşamına devam edebilmesi için beslenecek bir konukçu bitkiye ihtiyaçları vardır. Ekonomik öneme sahip pek çok kök-ur nematod türü parthenogenetik üreyerek, döllenmiş yumurtalarını, köklerdeki gallerin yüzeyine ve rektal bezlerinden salgıladığı glikoprotein yapısındaki jelatinimsi matrix olarak bilinen guruplar halinde bırakılırlar (Moens ve ark., 2009; Perry ve ark., 2009). Bir dişi çevre, nematodun türü ve konukçu bitkiye bağlı olarak, genellikle 500'den 1500'e kadar değişen sayıda yumurta bırakılabilir (Gine ve ark., 2021). Yumurta açılımını çevresel faktörler regüle ederken; bu faktörler içinde en önemlisi toprak sıcaklığıdır. Örneğin 10 °C altındaki topraklarda *M. hapla* yumurta açılımı neredeyse yok denecek kadar azdır (Inserra ve ark., 1983). Ayrıca toprağın hava ve nem miktarı da yumurta açılım oranını etkilemektedir (Curtis ve ark., 2009). Kök-ur nematodlarında yumurta açılımı için, kök salgılarının etkileri sınırlı seviyede olsa da (Inserra ve ark., 1983); bazı bitkilerin kök salgılarının nematodun yumurta açılımını teşvik ettiği de bilinmektedir (Curtis ve ark., 2009; Bell ve ark., 2019). Farklı bitki türlerinin kök salgılarının topraktaki kök-ur nematodlarına cezbedici ya da uzaklaştırıcı etkilerinin olması (Sikder ve Vestergard, 2020), bu özelliklerinin mücadelede kullanımına imkan vermiştir. Yumurta içerisinde birinci larva dönemini geçirdikten sonra ikinci dönem larva olarak çıkış yapan kök-ur nematodu, konukçu bitkinin kök ucuna doğru hareket eder ve genellikle kök ucuna yakın bir yerden bitkiye girer; böylece "parazitik ilişki" başlamış olur. Kök içinde hücreler arasında hareket ederek, vasküler parankima hücrelerine ulaşan ikinci dönem larvalar, filoemden beslenmeye başlar, uygun bir yere kendini sabitleyerek, baş kısmının etrafındaki birkaç hücrenin "dev hücre" olarak adlandırılan farklılaşmış bitki hücrelerine dönüşmesine neden olur. Her biri çok sayıda hücre çekirdeğine sahip olarak morfolojik ve metabolik değişikliğe uğramış bol miktarda amino ve yağ asitleri içeren bu hücreler, bir yandan da nematodun gelişmesi için gerekli olan besin ihtiyacını sağlayacak beslenme alanlarıdır (Abad ve ark., 2003). Kalıcı endoparazit olarak sadece bu hücrelerde beslenen ikinci dönem larvalar, beslenme ilerledikçe morfolojik olarak değişikliğe uğrayarak "sisis" şeklini alırlar (Caillaud ve ark., 2008; Jones ve ark., 2013). Aynı beslenme alanında, üç gömlek değiştirerek ergin erkek veya dişi olurlar. Ergin erkek, dişiyi döyledikten sonra beslenmeden kökü terk ederken, hareketsiz dişi ise bitki dokusunda kalarak, beslenmesine devam eder ve armut şeklini alır. Poikiloterm canlılar olan kök-ur nematodlarının hayat döngüsünün uzunluğu, sıcaklığa ve beslendiği konukçu bitkiye bağlı olarak değişiklik gösterse de (Trudgill ve ark., 2005; Gine ve ark., 2021); hayat döngülerinin tamamlanması için genellikle 450-550 gün derecelik bir termal konstanta ihtiyaç duyarlar (Lahtinen ve ark., 1988; Mercer, 1990). Sebzelede yaygın olarak görülen kök-ur nematodu türlerinin pek çoğunun gelişimi için optimum sıcaklık değerleri 28-30°C olup, 10°C altında veya 35°C üzerinde, nematod aktivitesi çok azalmakta veya durmaktadır (Gine ve ark., 2021). Ayrıca, her bir kök-ur nematodu türünün beslenip üreyebildiği ve tam tersi beslenemeyip üreyemediği belli bitkiler vardır. Bitki türleri içinde, nematodun üremesinin gerçekleşebilmesi, sadece uygun konukçularda

gerçekleşir. Bu bitkiler aynı zamanda “hassas” olarak da bilinir. Hassas bitki, nematodun köke girişine ve köke girdikten sonra üremesine izin veren bitkidir. Nematodun konukçusu olan hassas bitkiler, kök-ur nematodu ile bulaşık bir alanda yetiştirildiğinde; topraktaki ikinci dönem larvalar bu bitkilerin köklerine giriş yaparak beslenmeye başlarlar. Kök-ur nematodlarının köklerde kalıcı endoparazit olarak beslenmesi, hassas bitkilerin tuzak olarak kullanılabilmesi olanağını sağlamaktadır. Hassas bitkilerin tuzak olarak kullanılabilmesi için, nematodun bitki köküne girerek beslenmesi ancak yumurta bırakmaya başlamamış olması gereklidir (Cuadra ve ark., 2000; Ornat ve ark., 2001; Ornat ve Sorribas, 2008; Youssef ve El-Nagdi, 2016; Waisen ve ark., 2019). Bu tuzaklama stratejisinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, hassas bitkilerin sökülme zamanıdır. Bunun için nematodun, hassas bitkiye girdikten kaç gün sonra yumurta bırakabilecek ergin dişi dönemine ulaşabileceğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu süreyi etkileyen başlıca faktörler; konukçu bitki, sıcaklık ve nematodun türüdür (Trudgill ve ark., 2005; Tzortzakakis ve Trudgill, 2005; Strajnar ve ark., 2011; Maleita ve ark., 2012). Örneğin, kahverengi hardal ve turp, *M. incognita* türünün hassas konukçuları olup, yumurta bırakan dişi dönemine ulaşabilmesi için 283 gün-derece gereklidir. Bu süre domateste ise sadece 266 gün-derecedir (Waisen ve ark., 2019). *Meloidogyne incognita* ve *M. javanica* ile bulaşık alanda turpun Sodbuster çeşidi ile yapılan 35 günlük tuzaklamada, topraktaki kök-ur nematodu yoğunluğu, uygulama yapılmayan kontrole göre % 46 azalırken, 42 günlük tuzaklamada hiç azalma olmamıştır. Buna karşın, kahverengi hardalın (*B. juncea*) Caliente 199 çeşidi ile yapılan tuzaklama denemesinde, topraktaki kök-ur nematodu 42 günlük tuzaklamada %50 ve 49 günlük tuzaklamada ise %70 azalmıştır (Waisen ve ark., 2019).

Hassas bitkiler, tuzaklama amacıyla kullanıldığında; yetiştiricilikleri mutlaka nematodun aktif olduğu dönemde olmalıdır. Özellikle, nematodun aktif olduğu sıcaklık değerlerine sahip sonbahar döneminde yetiştiriciliğe başlandıktan sonra sıcaklıkların giderek azalması, köke giriş yapan nematodun kökteki gelişimini yavaşlatarak; tuzaklama süresini ve etkinliğini değiştirecektir. İspanya’da mart-temmuz döneminde serada yetiştirilen domates bitkisinden sonra eylül, ekim ve kasım aylarında olmak üzere 3 farklı dönemde ekilen hassas marul bitkisinin, *M. javanica*’ya karşı tuzak etkisi değerlendirildiğinde, eylül ve ekim aylarındaki sıcaklığın köklere nematod girişine izin verecek seviyede olduğu, fakat kasımda ekilen marul köklerinde nematod girişinin olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, eylül ayında ekilen marulun köklerinde az da olsa nematodun ürettiği ancak ekim ve kasım aylarında ekilenlerin köklerinde ise üreyemediği saptanmıştır (Ornat ve ark., 2001). Sıcaklığın yetiştiricilik süresince giderek azalması ile birlikte köke giriş yapan nematodun gelişiminin yavaşladığı ve hasada kadar nematodun gelişimini tamamlayıp yumurta oluşturamadığı, ekim ayında dikilen marulun topraktaki nematod popülasyonunu %50, kasımda dikilenlerin ise %20 azaltarak farklı oranlarda tuzak etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Ornat ve Sorribas, 2008). Domates, hıyar (*Cucumis sativus* L.) veya bezelye (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. gibi hassas bir bitki dikmeden önce topraktaki nematodları ortadan kaldırmak için marul, turp, Çin lahanası (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*/*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis*) gibi kısa yetiştirilme süresine sahip bitkiler kullanıldığında, 3-5 aylık yetiştiricilik süresi sonunda, topraktaki nematod popülasyonu %50 azalmıştır (Cuadra ve ark., 2000).

Hassas reaksiyonu kullanılarak tuzaklama etkinliği denenilen bitkilerin başında fasulye ve marul gelmektedir. Fasulye’nin Polder çeşidinin *Meloidogyne fallax* Karssen, *M. chitwoodi*, *M. hapla*’ya karşı reaksiyonları

araştırılmış ve bulaştırmalardan 8 hafta sonra yumurtası tespit edilen *M. hapla* için hassas iken yumurtaya rastlanmayan türler olan *M. chitwoodi* ve *M. fallax* için ise dayanıklı olduğu bildirilmiştir. Ancak deneme süresi 8 haftadan 10 haftaya çıkarıldığında, bu 2 tür de yumurta oluşturabilmiştir. Böylece, Fasulyenin Polder çeşidinin, bulaşık topraklarda hem ana ürün hem de tuzak bitki olarak kullanılabilme potansiyelinde olduğu bildirilmiştir (Wesemael ve Moens, 2012).

Tuzaklama denemelerinde kullanılan bir başka hassas bitki de şekerpancarı (*Beta vulgaris* L.) olup, yazlık hassas bitkilerin ekiminden önce yetiştirilebilmesi avantaj sağlamaktadır. *M. incognita* ile bulaştırılan şeker pancarının Gazelle çeşidi belirli günlerde (6., 12., 18., 24., 30., 36. günde) ya sökülerek ya da toprak yüzeyinden kesilerek ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra, aynı saksılara hassas fasulye ekilmiştir. Fasulye köklerindeki yumurta kümesi sayısı, tuzaklama yapılmayan topraklarda yetiştirilenlere kıyasla %58'den %94'e kadar değişen seviyelerde azalmıştır. Ayrıca, tuzak bitkiden sonra yetiştirilen fasulyedeki nematod zararı ve üremesi dikkate alındığında, şeker pancarının topraktan tamamen köklenerek uzaklaştırılmasının, toprak yüzeyinden kesilmesi işleminden daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Youssef ve El-Nagdi, 2016).

Tuzak bitki olarak kök-ur nematodlarına karşı etkinliği araştırılan bir başka hassas bitki ise *Amaranthus* türleridir. Amaranthaceae familyasında tek yıllık bir bitki *Amaranthus cruentus* L. arazi çalışmasında ara tuzak bitki olarak kullanıldığında, tuzak bitki kaldırıldıktan sonra yetiştirilen soya fasulyesi kökünde *M. javanica*'nın ortalama oranı %13, topraktaki ikinci dönem larva sayısı ise %29 azalmıştır (Agu, 2008). *M. incognita*'nın iki farklı popülasyonu ile inokule edilen 10 *Amaranthus* genotipinden IgAtR-60 en hassas genotip olarak belirlenmiş olup, bu genotip nematodla bulaşık topraklarda hassas bitkilerin aralarına dikildiğinde de, çok sayıda nematodun köke girişine izin vererek, ana ürünü nematodun zararından koruyabilmiştir (Vaingankar ve ark., 2018). Başka bir çalışmada ise ana ürün olarak yetiştirilen bamyanın Ankur-40 çeşidi, *Amaranthus viridis* L. CO-1 ile birlikte yetiştirildiği tuzaklama denemelerinde, sadece bamya yetiştirilen alanlardaki köklere kıyasla; ortalama oranının %99, nematod popülasyonunun ise %93 azaldığı belirlenmiştir. Böylece, *Amaranthus* sp.'nin kök-ur nematodunun ikinci dönem larvalarının ana ürünün köküne girişine engel olarak, bitkileri bulaşmalardan koruma potansiyeli ile oldukça etkili bir hassas tuzak bitki olduğu bildirilmiştir (Datta, 2006).

Hassas bitkilerin kullanıldığı tuzaklama metodunda başarı için, nematodun konukçu dizisi, biyolojisi, gelişimi ve üremesi ile yayılma ve dağılma yollarının da iyi bilinmesi çok önemlidir (Reddy, 2017). Pek çok konukçusunun bulunduğu *M. graminicola* için *Oryza sativa* L. hem hassasiyeti hem de nematodu cezbetmesiyle ön sırayı aldığından, tuzak bitki olarak denemeye alınmada da ön sırayı almıştır (Ravindra ve ark., 2017). Bu bitkinin kullanıldığı tuzak bitki uygulamalarında, bitkinin imhasından önce, topraktaki ikinci dönem larvaları cezbetmesine ve köklerde beslenmeye başlamalarına yetecek, ancak üremesine imkan vermeyecek bir süre beklenmesinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Çalışmalarda, iklim verileri de dikkate alınarak, çeltik bitkilerinin 2 yapraklı oldukları, ekimden sonraki yaklaşık 16-17. günlerdeki imhalarının en uygun zaman olduğu saptanmıştır (Dabur ve ark., 2004; Narasimhamurthy ve ark., 2018). Dabur ve ark. (2004), çimlenen çeltik bitkisine topraktaki ikinci dönem larvaların girişinin ortalama 5. günden itibaren başlayıp, 12. güne kadar artarak devam ettiğini ve dişilerin ilk gözlemlendiği zamanın ise, 4 yapraklı dönemin sonu olduğunu saptamıştır. Denemelerde, çeltik bitkisinin yetiştirilip, uygun zamanda imhasıyla, takip eden ürünlerdeki boy uzunluğundaki

artış, kontrole göre ortalama % 12 olmuştur (Sacchi ve ark., 2021). Bu çalışmalarda, pirinç ve fasulyede başarılı sonuçlar alınmış olmakla birlikte; ekonomik önemi olmayan hayvan yemi gibi bitki türlerinin de bu amaçla kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Destekleyici Stratejiler

Tuzak bitki stratejisi, kök-ur nematodu ile bulaşıklık seviyesinin yüksek olduğu topraklarda, nematod yoğunluğunu azaltmada genellikle tek başına yeterli olamayacağından, entegre mücadele yönetimi içinde nadas, nematisitler ve dayanıklı çeşit seçimi ile kombinasyonlar şeklinde kullanılmalıdır. Kök-ur nematodu larvalarının yumurtadan çıkışı, sıcaklıkla ilişkili olsa da (Inserra ve ark., 1983), larvaların bir kısmı uzunca bir süre yumurta içerisinde korunabilmektedir (Curtis ve ark., 2009). Bu nedenle, tuzak bitki sonlandırılıp toprağa karıştırıldığında bile, yumurtaların bir kısmı canlılığını korumaya devam edebilir (Collange ve ark., 2011). Böylece, toprağa ekim öncesi nematisit uygulaması ya da dayanıklı çeşitlerin seçimiyle; hem tuzaklama tekniğinin hem de uygulanan diğer yöntemin de başarısı artacaktır.

Topraklarda sadece ana ürün değil de yabancı ot bulunmasına bile imkan verilmediğinden kara nadas, konukçusuz kalan kök-ur nematodu ikinci dönem larva popülasyonunu azaltır. Yapılan çalışmalar, kök-ur nematodlarının nadas sonunda hayatta kalma oranlarının, nadasa başlanan popülasyon büyüklüğü ile ters ilişkide olduğunu da göstermiştir. Böylece nadasa başlanan toprakta ne kadar az ikinci dönem varsa; bu larvalar o kadar fazla canlı kalabilmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu; nematodun popülasyon yoğunluğunun konukçu bitkinin yokluğundan daha fazla çevresel faktörlerden etkilenmesi şeklinde açıklamışlardır (Ornat ve ark., 1999). Bu itibarla nadas öncesinde değil de; nadası takip eden tuzak bitki kombinasyonları, topraktaki larva yoğunluğunu azaltmada daha başarılı olacaktır. *M. chitwoodi* ile bulaşık bir arazide kara nadas uygulamasının hemen ardından fasulye yetiştirilmiş ve nadas uygulaması ile topraktaki nematod popülasyonu başlangıç popülasyonuna göre %78 azalmış, ancak bir süre sonra artmaya başlamıştır. Hemen ardından fasulye yetiştirilip hasat edildikten sonra, topraktaki nematod popülasyonu nadasa göre %96 azalmıştır (Wesemael ve Moens, 2008). Bu çalışma, nadası takip eden tuzak bitki uygulamasının başarılı örneklerindedir.

Tuzak bitkilere kombine olarak kök-ur nematoduna konukçu olmayan ya da zayıf konukçu olan bir örtücü bitkinin yetiştirilmesi ayrıca yabancı ot çıkışını azalttığı ve hızlı büyümesi gibi başka avantajlarından dolayı da, iyi bir seçenektir (Waisen ve ark., 2019). Böylece öncelikle kök-ur nematodlarının konukçusu olmayan veya zayıf konukçu olan örneğin tahıl örtücü bitkilerinin yetiştirilmesiyle, topraktaki larva popülasyonu azalacak ve onu izleyen tuzak bitkinin de başarısı artacaktır (Wang ve ark., 2004). Bu amaçla, kök-ur nematoduna hassas Brassica bitkilerinin tuzak bitki olarak kullanılması durumunda, tuzak bitkilerin, nematodun üremesine müsaade etmedikleri belli bir zamanda sonlandırılması gerekir (Waisen ve ark., 2019).

Kök-ur nematodu ile mücadelede tuzak bitkinin yanında nematisit kullanımı da, tuzak bitkinin etkinliğini artırarak, nematod popülasyonunun daha etkili bir şekilde azalmasına neden olur. Tuzak bitki potansiyeline sahip *Sesbania sesban* (L.) Merr. bitkisi, *M. javanica* ile bulaşık bir araziye ekilmiş ve Fenamiphos etkili

maddeli ilaçla (150 kg ha⁻¹ Namacur, %5 fenamiphos) kombine edilmiştir. Yedi ay sonunda nematisit uygulaması yapılan parseldeki ikinci dönem larva popülasyonu, uygulama yapılmayan parselde göre yaklaşık %50 oranında azalmıştır (Desaeger ve Rao, 2001). Böylece hem tuzaklamanın hem de nematisit uygulamasının etkileri, kombine kullanıldıklarında belirgin seviyede artmıştır.

Ürün rotasyonu, bitki paraziti nematodları kontrol etmek için en önemli kültürel yöntemlerdendir. Rotasyonun temel amacı, birbiri ardına ekilen bitkilerle nematod popülasyonunu zarar eşliğinin altına çekmektir (Nusbaum ve Ferris, 1973). Kadife çiçeği hassasiyeti, kadife çiçeği türüne ve çeşidine ve de nematod türüne bağlı olarak değişse de; mayıs ayında fasulye yetiştirildikten hemen sonra ağustos ayında *T. patula*'nın Single gold çeşidi yetiştirildiğinde; *M. chitwoodi* popülasyonunda belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Böylece ekim sistemi içine dahil edilen tuzak bitkiler, kök-ur nematodu ile mücadelede etkin bir rol oynamıştır (Wesemael ve Moens, 2008).

Sonuç ve Öneriler

Kök-ur nematodları ile mücadelede kullanılan nematisitlerin olumsuz etkileri, alternatif mücadele yöntemleri üzerindeki çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Alternatif mücadele yöntemlerinden biri olan tuzak bitki uygulamaları ile çevre ve insan sağlığı açısından riskler oluşturan kimyasalların kullanımının azaltılması, verimde artışın sağlanması ve en önemlisi ise nematod popülasyonunun azaltılması hedeflenmektedir.

Her bitki tür ve çeşidi tuzak bitki uygulamasında kullanılabilme potansiyeline sahip değildir. Burada belli başlı iki tip kullanım mevcut olup, bir anlamda gerçek tuzaklama yaparak nematodu kendisine çeken ancak üremesini azaltan *Tagetes* gibi bitkilerin kullanımının yanında; sadece hassas konukçu olmasından kaynaklanan diğer bir ifadeyle “mass trapping” mantığının işletildiği bitkilerin kullanıldığı uygulamalar da mevcuttur. Böylece, bu tekniklerde kullanılacak bitkiler; ya nematodun köke girişine izin verdikten sonra gelişimini ve üremesini engelleyecek dayanıklı bitkiler (Daulton ve Curtis, 1963; Koen, 1966; Araya ve Caswell-Chen, 1994) ya da gelişimine izin vererek onları toplu halde imha etme şansını veren hassas bitkiler (Cuadra ve ark., 2000; Ornat ve ark., 2001; Ornat ve Sorribas, 2008; Waisen ve ark., 2019) olmalıdır. Ayrıca, tuzak bitki olan bitkinin konukçuluk seviyesi burada ne kadar önemliyse, allelopatik etkiler de o kadar önemlidir.

Bitkilerin fotosentez ürünlerinin %5-20 kadarı, kökleri aracılığıyla rizosfere salgılanır (Hütsch ve ark., 2002; Marschner, 2012). Tuzak bitkiler nematodu kök salgıları vasıtasıyla cezbederek, topraktaki nematod popülasyonunun azalmasına sebep olurken; nematodun biyolojisini tamamlayıp yumurta bırakmasından önce alandan uzaklaştırılmalı ya da imha edilmelidirler. Tuzak bitkilerin bu etkileri özellikle nematoda dayanıklı olmaları durumunda daha da artacaktır (Scholte, 2000a). Hassas bitkilerin tuzaklama amacıyla kullanıldığı uygulamalarda ise, nematodun yumurta açılımı teşvik edilerek, yumurtadan çıkan ikinci dönem larvalar köke giriş yapar, beslenme alanı oluşturarak ergin olurlar. Bitkiden ayrılamayacak ya da yeni bitkiye geçemeyecek ergin dişiler, aslında yeni toprak bulaşmalarını önleyerek, topraktaki nematod popülasyonunun düşmesine de neden olur (Sacchi ve ark., 2021). Özellikle, nematodun aktif olduğu sonbahar döneminde yetiştiriciliğe

başlandıktan sonra sıcaklıkların giderek azalması, köke giriş yapan nematodun kökteki gelişimini yavaşlatacağı için (Ornat ve ark., 2001) tuzaklama amacıyla kullanılacak bitkiler, nematodun aktif olduğu dönemde yetiştirilmelidir. Nematodun hassas konukçusu olan bitkiler kullanılacaksa, nematodun üremesine izin verecek kadar süre geçmeden; yani yumurta oluşmadan önce bitkilerin uzaklaştırılması gerekmektedir (Youssef ve El-Nagdi, 2016). Kök-ur nematodları hassas konukçularda ve uygun çevre şartlarında mutlaka biyolojilerini tamamlayabilirler başka bir ifadeyle üreyip yumurta vererek yeni dölleri oluşturabilirler. Bu nedenle, hassas bitkilerin tuzaklama tekniğinde kullanımında, hassas bitkinin içindeki nematodlarla beraber imha edileceği zaman çok önemlidir. Kök-ur nematodunun köklerindeki kolonizasyonu tamamlanmış ancak yumurta vermeye başlanmamış olunan kritik zaman, tuzak bitkinin ortamdaki uzaklaştırılacağı zamandır. Bu nedenle, kullanılan bitkide kök-ur nematodunun biyolojisinin ayrıntılı olarak bilinmesine gerek duyulur (Vestergard, 2019). Bu durumda tuzaklamanın başarısından; tuzak bitkilerin imhası, aynı zamanda maksimum ikinci dönem larvanın da köke giriş yaptığı zaman olduğunda söz edilebilir. Örneğin *M. hapla* termal konstantı yaklaşık 450–550 gün derece olup, gelişme minimum sıcaklığı ise 8 °C dir (Lahtinen ve ark., 1988; Mercer, 1990). Bu sebeple yumurta veriminin olmaması yani 450 gün dereceye ulaşılmaması, tuzak bitkinin imhasının gerçekleştirileceği zaman olmalıdır. Bu amaçla yapılan denemelerde, rokanın ekiminden 6 hafta sonrasında ortamdaki uzaklaştırılması sonucunda kök-ur nematodu popülasyonu belirgin olarak engellenmiş, rokanın mevsim sonuna kadar arazide kaldığı denemelerde ise kök-ur nematodu popülasyonu 6 katına çıkabilmiştir. Bu sonuçlar, özellikle hassas tuzak bitkilerinin ortamdaki uzaklaştırılma zamanının kritik önemini ve tuzaklama dönemi boyunca sıcaklığın dikkatlice izlenmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır. Yapılan pek çok çalışmada da tuzak roka ve turp bitkilerinin, kök-ur nematodlarının mücadelesinde başarıyla kullanılabilirliği gösterilmiş olsa da; mutlaka gün derece ölçümleri yapıp, tuzak bitkilerin alandan uzaklaştırılacağı zamanın net olarak bilinmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Noling ve Ferris, 1987; Daub, 2020).

Nematisitlere alternatif olan diğer tüm stratejilerde de olduğu gibi, tuzak bitkilerin kök-ur nematodlarının mücadelesindeki kullanımlarının başarısı; mevcut kök-ur nematodu türünün doğru teşhisine ve tuzak bitkinin tür ve varyetesinin doğru seçimine bağlıdır. Teorik olarak tuzak bitkilerin kullanımlarının ektoparazit ve geçedici endoparazitik nematod türlerine karşı başarılı olması beklenmediğinden, tuzak bitkilerin kök-ur nematoduna karşı kullanılacağı ekim alanında da bu türlerin olmadığından emin olunmalıdır. Bu itibarla kök-ur nematodlarının karışık türlerini içeren popülasyonlarının bulunduğu ya da diğer bitki parazit türlerin de yoğun olduğu alanlarda başarısından söz edilemez. Bu nedenle, tuzaklama uygulamasının gerçekleştirileceği ekim alanlarında, mevcut tür teşhislerinde son geliştirilen hızlı ve etkili yöntemlerden mutlaka yararlanılmalıdır (Kaloshian ve ark., 1996).

Genel olarak, son yıllarda kök-ur nematodlarının entegre mücadelelerine yönelik yaklaşımlar önemli ölçüde değişmiştir. Yeni geliştirilen mücadele tekniklerinde mutlaka düşünülmesi gereken bir diğer önemli husus ise; mücadelenin masraflarıdır. Tuzak bitkiler genellikle sulamaya ihtiyaç duyarlar. Sulama sonucunda meydana gelmesi beklenen en önemli dezavantaj ise nematoda hassas yabancı otların çimlenmesidir. Bu itibarla sulama maliyetlerine ilave olarak en fazla maliyeti, yabancı ot kontrolü oluşturacaktır (Westerdahl, 2020). Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde bile, kök-ur nematodlarının mücadelesinde tuzak bitkilerin özellikle entegre mücadele

içinde değişik uygulamalarla kombinasyonlar şeklinde kullanımları (Navarrete ve ark., 2016), önemli bir potansiyelde olup ilerleyen zamanlarda daha da yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abad, P., Favery, B., Rosso, M.N. and Castagnone-Sereno, P. 2003. Root-knot nematode parasitism and host response: Molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4: 217-224.
- Agu, C.M. 2008. Effects of intercropping on root-gall nematode disease on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Plant Sciences Research*, 1(1): 20-23.
- Araya, M. and Caswell-Chen, E.P. 1994. Penetration of *Crotalaria juncea*, *Dolichos lablab* and *Sesamum indicum* roots by *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 26: 238-240.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2016. Bazı Brassicaceae bitkilerinin *Meloidogyne arenaria* (Neal) ve *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) (Tylenchida: Meloidogynidae)'ya konukçuluk seviyeleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 40(2): 197-208.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2018. Biofumigation studies by using *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* as a winter cycle crops to control root-knot nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61: 1-9.
- Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S. and Vivanco, J.M. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 233-266.
- Bakker, J., Gommers, F.J., Nieuwenhuis, I. and Wynberg, H. 1979. Photoactivation of the nematicidal compound alpha-terthienyl from roots of marigolds (*Tagetes* species). A possible singlet oxygen role. *Journal of Biological Chemistry*, 254(6): 1841-1844.
- Ball-Coelho, B.R., Reynolds, L.B., Back, A.J. and Potter, J.W. 2001. Residue decomposition and soil nitrogen are affected by mowing and fertilization of marigold. *Agronomy Journal*, 93: 207-215.
- Belcher, J.V. and Hussey, R.S. 1977. Influence of *Tagetes patula* and *Archis hypogea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease Report*, 61: 525-528.
- Bell, C.A., Lilley, C.J., McCarthy, J., Atkinson, H.J. and Urwin, P.E. 2019. Plant-parasitic nematodes respond to root exudate signals with host-specific gene expression patterns. *Pathogens*, 15(2): e1007503.
- Bleve-Zacheo, T., Bongiovanni, M., Melillo, M.T. and Castagnone-Sereno, P. 1998. The pepper resistance genes *Me1* and *Me3* induce differential penetration rates and temporal sequences of root cell ultrastructural changes upon nematode infection. *Plant Science*, 133: 79-90.

- Boppré, M. and Thoden, T. 2010. Plants producing pyrrolizidine alkaloids: sustainable tools for nematode management. *Nematology*, 12(1): 1-24.
- Buena, A.P., Díez-Rojo, M.Á., López-Pérez, J.A., Robertson, L. and Escuer, M. 2008. Screening of *Tagetes patula* L. on different populations of *Meloidogyne*. *Crop Protection*, 27(1): 96-100.
- Caillaud, M.C., Abad, P. and Favery, B. 2008. Cytoskeleton reorganization, a key process in root-knot nematode-induced giant cell ontogenesis. *Plant Signaling and Behavior*, 3: 816–818.
- Castagnone-Sereno, P. 2002. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. and their ability to overcome plant resistance genes. *Nematology*, 4(5): 605-608.
- Collange, B., Navarrete, M., Peyre, G., Mateille, T. and Tchamitchian, M. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection*, 30(10): 1251-1262.
- Crow, W.T., Weingartner, D.P., Dickson, D.W. and McSorley, R. 2001. Effect of sorghum-sudangrass and velvetbean cover crops on plant-parasitic nematodes associated with potato production in Florida. *Journal of Nematology*, 33(4S): 285–288.
- Cuadra, R., Cruz, X. and Fajardo, J.L. 2000. The use of short cycle crops as trap crops for the control of root-knot nematodes. *Nematropica*, 30: 241-246.
- Curtis, R.H.C., Robinson, A.F. and Perry, R.N. 2009. Hatch and host location: *Root-knot Nematodes*. Eds.: Perry, R. N., Moens, M., Starr, J. L., CAB International, Wallingford, UK, pp: 139–162.
- Curto, G., Dallavalle, E., Santi, R. and Lazzeri, L. 2005. Effectiveness of crop rotation with Brassicaceae species for the management of the Southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 33: 39-45.
- Curto, G., Santi, R., Valle, E.D. and Lazzeri, L. 2006. Evaluation of alternative strategies for the control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitwood on tomato crop in plastic greenhouse. *Giornate Fitopatologiche*, 1: 225-232.
- Curto, G., Dallavalle, E., Santi, R., Casadei, N., D'Avino, L. and Lazzeri, L. 2015. The potential of *Crotalaria juncea* L. as a summer green manure crop in comparison to Brassicaceae catch crops for management of *Meloidogyne incognita* in the Mediterranean area. *European Journal of Plant Pathology*, 142(4): 829-841.
- Dabur, K.R., Taya, A.S. and Bajaj, H.K. 2004. Life cycle of *Meloidogyne graminicola* on paddy and its host range studies. *Indian Journal of Nematology*, 34(1): 80-84.
- Datta, S.C. 2006. Possible use of amaranth as catch crop for root-knot nematodes intercropped with okra. *Phytomorphology*, 56(3): 113.
- Daub, M. 2020. Effect of winter oilseed rape cropping on the development of the sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii* and control of volunteer plants as a trap crop method. *Agronomy*, 10(3): 355.
- Daulton, R.A.C. and Curtis, R.F. 1963. The effects of *Tagetes* spp. on *Meloidogyne javanica* in Southern Rhodesia. *Nematologica*, 9(3): 357-362.

- De Brida, A.L., da Silva Correia, É.C.S., e Castro, B.M.D.C., Zanuncio, J.C. and Wilcken, S.R.S. 2017. Oat, wheat, and sorghum genotype reactions to *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology*, 49(4): 386.
- De Brida, A.L., e Castro, B.M.D.C., Zanuncio, J.C., Serrão, J.E. and Wilcken, S.R.S. 2018. Oat, wheat and sorghum cultivars for the management of *Meloidogyne enterolobii*. *Nematology*, 20(2): 169-173.
- Desaeger, J. and Rao, M.R. 2001. The potential of mixed covers of *Sesbania*, *Tephrosia* and *Crotalaria* to minimise nematode problems on subsequent crops. *Field Crops Research*, 70(2): 111-125.
- Desaeger, J., Dickson, D.W. and Locascio, S.J. 2017. Methyl bromide alternatives for control of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in tomato production in Florida. *Journal of Nematology*, 49(2): 140.
- Dias, M.C., Conceição, I.L., Abrantes, I. and Cunha, M.J. 2012. *Solanum sisymbriifolium*-a new approach for the management of plant-parasitic nematodes. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1): 171-179.
- Djian-Caporalino, C., Bourdy, G. and Cayrol, J.C. 2005. Nematicidal and nematode-resistant plants: *Biopesticides of plant origin*, Eds: Regnault-Roger, C., Philogène, B., Vincent, C., London, Paris, New York, pp: 173–224.
- Djian-Caporalino, C., Molinari, S., Palloix, A., Ciancio, A., Fazari, A., Marteu, N. and Castagnone-Sereno, P. 2011. The reproductive potential of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* is affected by selection for virulence against major resistance genes from tomato and pepper. *European Journal of Plant Pathology*, 131(3): 431-440.
- Djian-Caporalino, C., Palloix, A., Fazari, A., Marteu, N., Barbary, A., Abad, P., Sage-Palloix, A.M., Mateille, T., Risso, S., Lanza, R., Taussig, C. and Castagnone-Sereno, P. 2014. Pyramiding, alternating or mixing: comparative performances of deployment strategies of nematode resistance genes to promote plant resistance efficiency and durability. *BMC Plant Biology*, 14: 53–66.
- Dutta, T.K., Khan, M.R. and Phani, V. 2019. Plant-parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non-brassica plants: current status and future prospects. *Current Plant Biology*, 17: 17–32.
- Edwards, S. and Ploeg, A. 2014. Evaluation of 31 potential biofumigant brassicaceous plants as hosts for three *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 46: 287–295.
- El Allagui, N., Tahrouch, S., Bourijate, M. and Hatimi, A. 2007. Action of plant extracts on root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) mortality. *Acta Botanica Gallica*, 154: 503–509.
- Elling, A.A. 2013. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. *Phytopathology*, 103: 1092-1102.
- Evenhuis, A., Korthals, G. and Molendijk, L. 2004. *Tagetes patula* as an effective catch crop for long-term control of *Pratylenchus penetrans*. *Nematology*, 6(6): 877-881.
- Faizi, S., Fayyaz, S., Bano, S., Yawar Iqbal, E., Siddiqi, H. and Naz, A. 2011. Isolation of nematicidal compounds from *Tagetes patula* L. yellow flowers: Structure–activity relationship studies against cyst nematode *Heterodera zaeae* infective stage larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17): 9080-9093.
- Forghani, F. and Hajihassani, A. 2020. Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1125.

- Gardner, J. and Caswell-Chen, E.P. 1994. *Raphanus sativus*, *Sinapis alba* and *Fagopyrum esculentum* as hosts to *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* and *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Nematology*, 26: 756-760.
- Ghaderi, R. and Karssen, G. 2020. An updated checklist of *Meloidogyne* Göldi, 1887 species, with a diagnostic compendium for second-stage juveniles and males. *Journal of Crop Protection*, 9(2): 183-193.
- Gine Blasco, A., Monfort Roca, P. and Sorribas Royo, F.J. 2021. Creation and validation of a temperature-based phenology model for *Meloidogyne incognita* on common bean. *Plants*, 10(2): 240.
- Gommers, F.J. and Bakker, J. 1988. Mode of action of alpha-terthienyl and related compounds may explain the suppressant effects of *Tagetes* species on populations of free living endoparasitic plant nematodes. *Bioactive Molecules*, 7: 61-69.
- Good, J.M., Minton, N.A. and Jaworski, C.A. 1965. Relative susceptibility of selected cover crops and coastal bermudagrass to plant nematodes. *Phytopathology*, 55: 1026-1030.
- Grabau, Z.J., Maung, Z.T.Z., Noyes, D.C., Bass, D.G., Werling, B.P., Brainard, D.C. and Melakeberhan, H. 2017. Effects of cover crops on *Pratylenchus penetrans* and the nematode community in carrot production. *Journal of Nematology*, 49: 114–123.
- Hafez, S.L. and Sundararaj, P. 2001. Impact of agronomic and cultural practices of green manure crops for the management of *Heterodera schachtii* in sugarbeet. *International Journal of Nematology*, 10: 177-182.
- Hagag, E.S., Taha, N.A.A. and Hafez, Y.M. 2016. Control of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on eggplant plants using biotic and abiotic inducers of resistance. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2): 269-275.
- Hajihassani, A., Rutter, W.B. and Luo, X. 2019a. Resistant pepper carrying N, Me1, and Me3 have different effects on penetration and reproduction of four major *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 51: 1–9.
- Hajihassani, A., Davis, R.F. and Timper, P. 2019b. Evaluation of selected nonfumigant nematicides on increasing inoculation density of *Meloidogyne incognita* on cucumber. *Plant Disease*, 103: 3161–3165.
- Halford, P.D., Russell, M.D. and Evans, K. 1999. Use of resistant and susceptible potato cultivars in the trap cropping of potato cyst nematodes, *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*. *Annals of Applied Biology*, 134(3): 321-327.
- Hamaguchi, T., Sato, K., Vicente, C.S. and Hasegawa, K. 2019. Nematicidal actions of the marigold exudate α -terthienyl: oxidative stress-inducing compound penetrates nematode hypodermis. *Biology Open*, 8(4): bio038646.
- Hamidi, N. and Hajihassani, A. 2020. Differences in parasitism of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on oilseed radish and oat. *Journal of Nematology*, 52: 1-10.
- Hancock, M. 1996. The relationship between removal date of trap crops and the control of potato cyst nematode (*Globodera pallida*). 13th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Veldhoven, The Netherlands, p: 367–368.
- Haque, S.M.A., Mosaddeque, H.Q.M., Sultana, K., Islam, M.N. and Rahman, M.L. 2008. Effect of different trap crops against root knot nematode disease of jute. *Journal of Innovative Dev. Strategy*, 2: 42–47.

- Hasan, N. and Jain, R.K. 1985. Response of some selected *Sesbania* species to root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 13: 15-19.
- Hendy, H., Dalmasso, A. and Cardin, M.C. 1985. Differences in resistant *Capsicum annum* attacked by different *Meloidogyne* species. *Nematologica*, 31: 72–78
- Hethelyi, E., Danos, B. and Tetenyi, P. 1986. GC-MS analysis of the essential oils of four *Tagetes* species and the anti-microbial activity of *Tagetes minuta*. *Flavour and Fragrance Journal*, 1: 169-173.
- Hokkanen, H.T. 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 36: 119–138.
- Hooks, C.R., Wang, K.H., Ploeg, A. and McSorley, R. 2010. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 46(3): 307-320.
- Hütsch, B.W., Augustin, J. and Merbach, W. 2002. Plant rhizodeposition - An important source for carbon turnover in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165: 397–407.
- Inserra, R.N., Griffin, G.D. and Sisson, D.V. 1983. Effects of temperature and root leachates on embryonogenic development and hatching of *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne hapla*. *Journal of Nematology*, 15: 123–127.
- Jagdale, G.B., Pawar, A.B. and Darekar, K.S. 1985. Effect of organic amendments and antagonistic plants on control of root-knot nematode infesting betelvine. *Indian Journal of Nematology*, 15(2): 264.
- Jones, J.T., Haegemen, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L. and Perry, R.N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14: 946-961.
- Kaloshian, I., Williamson, V.M., Miyao, G., Lawn, D.A. and Westerdahl, B.B. 1996. "Resistance-breaking" nematodes identified in California tomatoes. *Agriculture*, 50(6): 18–19.
- Karajeh, M., Abu-Gharbieh, W. and Masoud, S. 2005. Virulence of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. on tomato bearing the *Mi* gene for resistance. *Phytopathologia Mediterranea*, 44: 24–28.
- Kimenju, J.W., Kagundu, A.M., Nderitu, J.H., Omuolo, F.M. and Mutua, G.K. 2007. Use of green manure plants in cropping systems to suppress root-knot nematodes. *African Crop Science Society*, 8: 1083-1085.
- Koen, H. 1966. Observations on plant-parasitic relationship between the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and some resistant and susceptible plants. *South African Journal of Agricultural Science*, 9: 981-992.
- Lahtinen, A.E., Trudgill, D.L. and Tlikkala, K. 1988. Threshold temperature and minimum thermal time requirements for the complete life cycle of *Meloidogyne hapla* from Northern Europe. *Nematologica*, 34: 443-451.
- Lauzier, A.M. 2002. Mustard: Cover crops for the Columbia Basin. Fact Sheet, Washington State University Cooperative Extension. Available online at <http://grant-adams.wsu.edu>
- Lopez-Gomez, M., Talavera, M. and Verdejo-Lucas, S. 2016. Differential reproduction of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* in watermelon cultivars and cucurbit rootstocks. *Plant Pathology*, 65(1): 145-153.
- Lopez-Perez, J. A., Roubtsova, T., de Cara García, M. and Ploeg, A. 2010. The potential of five winter-grown crops to reduce root-knot nematode damage and increase yield of tomato. *Journal of Nematology*, 42(2): 120.

- Maleita, C., Curtis, R. and Abrantes, I. 2012. Thermal requirements for the embryonic development and life cycle of *Meloidogyne hispanica*. *Plant Pathology*, 61(5): 1002-1010.
- Marahatta, P.S., Wang, K.H., Sipes, B.S. and Hooks, C.R.R. 2012. Effects of *Tagetes patula* on active and inactive stages of root-knot nematodes. *Journal of Nematology*, 44(1): 26-30.
- Marschner, P. 2012. Rhizosphere biology: Marschner's mineral nutrition of higher plants, Academic Press, pp: 369-388.
- Marles, R.J., Hudson, J.B., Graham, E.A., Soucy-Breau, C., Morand, P., Compadre, R.L., Neil Towers, G.H. and Arnason, J.T. 1992. Structure-activity studies of photoactivated antiviral and cytotoxic tricyclic thiophenes. *Photochemistry and Photobiology*, 56(4): 479-487.
- McSorley, R. and Gallaher, R.N. 1991. Nematode population changes and forage yields of six corn and sorghum cultivars. *Supplement to Journal of Nematology*, 23: 673-677.
- McSorley, R., Dickson, D.W. and deBrito, J.A. 1994a. Host status of selected tropical rotation crops to four populations of root-knot nematodes. *Nematropica*, 24: 45-53.
- McSorley, R., Dickson, D.W., deBrito, J.A. and Hochmuth, R.C. 1994b. Tropical rotation crops influence nematode densities and vegetable yields. *Journal of Nematology*, 26: 308-314.
- Melakeberhan, H., Xu, A., Kravchenko, A., Mennan, S. and Riga, E. 2006. Potential use of arugula (*Eruca sativa* L.) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8(5): 793-799.
- Melakeberhan, H., Mennan, S., Ngouajio, M. and Dudek, T. 2008. Effect of *Meloidogyne hapla* on oilseed *R. sativus* (*Raphanus sativus*) use. *Nematology*, 10: 375-370.
- Mıstanoğlu, İ., Uysal, G., Devran, Z. 2021. Bitki Paraziti Nematodlarla Mücadelede Kullanılan Nematitlerin Etki Mekanizmaları. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35 (2); 483- 498.
- Miamoto, A., Dias-Arieira, C.R., Cardoso, M.R. and Puerari, H.H. 2016. Penetration and reproduction of *Meloidogyne javanica* on leguminous crops. *Journal of Phytopathology*, 164: 890-895.
- Miamoto, A., Zamboni Machado, A.C., Dorigo, O.F., Mioranza, T.M., Puerari, H.H., Almeida e Silva, B. and Dias Arieira, C.R. 2020. Antagonistic potential and histopathology of *Meloidogyne javanica* on *Macrotyloma axillare* cv. Java. *Australian Journal of Crop Science*, 14(6): 940-946.
- Moens, M., Perry, R.N. and Starr, J.L. 2009. *Meloidogyne* species—a diverse group of novel and important plant parasites: *Root-knot nematodes*, Ed.: Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L. CAB International, Wallingford, UK, pp: 1- 13.
- Motsinger, R.E., Moody, E.H. and Gay, C.M. 1977. Reaction of certain French marigold (*Tagetes patula*) cultivars to three *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology*, 9: 278.;
- Narasimhamurthy, H.B., Ravindra, H., Mukesh Sehgal, R.N. and Suresha, D. 2018. Biology and life cycle of rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6: 477-479.
- Narberhaus, I., Zintgraf, V. and Dobler, S. 2005. Pyrrolizidine alkaloids on three trophic levels—evidence for toxic and deterrent effects on phytophages and predators. *Chemoecology*, 15(2): 121-125.

- Navarrete, M., Djian-Caporalino, C., Mateille, T., Palloix, A., Sage-Palloix, A.M., Lefèvre, A., Fazari, A., Marteu, N., Tavoillot, J., Dufils, A., Furnion, C., Pares, L. and Forest, I. 2016. A resistant pepper used as a trap cover crop in vegetable production strongly decreases root-knot nematode infestation in soil. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4): 1-11.
- Nježi, B., De Sutter, N. and Moens, M. 2014. Interaction of *Tagetes patula* cv. Single Gold with the life cycle of the plant-parasitic nematodes *Meloidogyne chitwoodi* and *Pratylenchus penetrans*. *Russian Journal of Nematology*, 22(2): 101-108.
- Nivsarkar, M., Cherian, B. and Padh, H. 2001. Alpha-terthienyl: A plant-derived new generation insecticide. *Current Science*, 667-672.
- Noling, J.W. and Ferris, H. 1987. Nematode-degree days, a density-time model for relating epidemiology and crop losses in perennials. *Journal of Nematology*, 19(1): 108-118.
- Nusbaum, C.J. and Ferris, H. 1973. The role of cropping systems in nematode population management. *Annual Review of Phytopathology*, 11(1): 423-440.
- Oka, Y. 2001. Nematicidal activity of essential oil components against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 3(2): 159-164.
- Ornat, C., Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F.J. and Tzortzakakis, E.A. 1999. Investigation-Research: Effect of fallow and root destruction on survival of root-knot and root-lesion nematodes in intensive vegetable cropping systems. *Nematropica*, 5-16.
- Ornat, C., Verdejo-Lucas, S. and Sorribas, F.J. 2001. A population of *Meloidogyne javanica* in Spain virulent to the *Mi* resistance gene in tomato. *Plant Disease*, 85: 271-276.
- Ornat, C. and Sorribas, F.J. 2008. Integrated management of root-knot nematodes in Mediterranean horticultural crops: *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*, Springer, Dordrecht, pp: 295-319.
- Patel, H.R., Patel, D.J., Patel, C.C. and Thakar, N.A. 1991. Management of root-knot nematodes by Periwinkle. *Nematologia Mediterranea*, 65-66.
- Perry, R. N., Moens, M. and Starr, J. L. 2009. *Root-knot nematodes*. CAB International, Wallingford, UK, 488p.
- Ploeg, A.T. and P.C. Maris. 1999. Effect of temperature on suppression of *Meloidogyne incognita* by *Tagetes* cultivars. *Journal of Nematology*, 31(4S): 709-714.
- Ploeg, A. 2000. Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single Gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. *Nematology*, 2(5): 489-493.
- Ploeg, A. T. 2002. Effects of selected marigold varieties on root-knot nematodes and tomato and melon yields. *Plant Disease*, 86: 505-508.
- Poveda, J., Abril-Urias, P. and Escobar, C. 2020. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes by Filamentous Fungi Inducers of Resistance: *Trichoderma*, Mycorrhizal and Endophytic Fungi. *Frontiers Microbiology*, 11: 992.
- Priyanka, D., Shalini, T. and Navneet, V.K. 2013. A brief study on marigold (*Tagetes* species): a review. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(1): 43-48.

- Pudasaini, M., Viaene, N. and Moens, M. 2006. Effect of marigold (*Tagetes patula*) on population dynamics of *Pratylenchus penetrans* in a field. *Nematology*, 8(4): 477-484.
- Rangaswamy, S.D., Reddy, P.P. and Joshi, S. 1993. Histopathological and histochemical investigation on antagonistic trap crops (marigold and mustard) and susceptible tomato infested with *Meloidogyne incognita*. *Current Nematology*, 4: 203-206.
- Ravindra, H., Sehgal, M., Narasimhamurthy, H.B., Jayalakshmi, K., Khan, H.I. 2017. Rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) an emerging problem. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6: 3143–3171.
- Reddy, P.P. 2017. Trap cropping: *Agro-Ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*, Ed.: Reddy, P.P., Springer, Singapore, pp: 133–147.
- Rhoades, H.L. 1980. Relative susceptibility of *Tagetes patula* and *Aeschynomene americana* to Plant Nematodes in Florida. *Nematropica*, 10: 116–120.
- Rickard, D.A. and A.W. Du Pree, Jr. 1978. The effectiveness of ten kinds of marigolds and five other treatments for control of four *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology*, 4: 296-297.
- Riga, E., Potter, J. and Hooper, C. 2005. In vitro effect of marigold seed exudates on plant parasitic nematodes. *Phytoprotection*, 86: 31-35.
- Sacchi, S., Torrini, G., Marianelli, L., Mazza, G., Fumagalli, A., Cavagna, B., Ciampitti, M. and Roversi, P.F. 2021. Control of *Meloidogyne graminicola* a root-knot nematode using rice plants as trap crops: Preliminary results. *Agriculture*, 11(1): 37.
- Scholte, K. 2000a. Effect of potato used as a trap crop on potato cyst nematodes and other soil pathogens and on the growth of a subsequent main potato crop. *Annals of Applied Biology*, 136: 229–238.
- Scholte, K. 2000b. Screening of non-tuber bearing Solanaceae for resistance to and induction of juvenile hatch of potato cyst nematodes and their potential for trap cropping. *Annals of Applied Biology*, 136: 239–246.
- Scholte, K. 2000c. Growth and development of plants with potential for use as trap crops for potato cyst nematodes and their effects on the numbers of juveniles in cysts. *Annals of Applied Biology*, 137: 31–42.
- Scholte, K. and Vos, J. 2000. Effects of potential trap crops and planting date on soil infestation with potato cyst nematodes and root-knot nematodes. *Annals of Applied Biology*, 137: 153-164.
- Shelton, A.M. and Badenes-Perez, F.R. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 51: 285–308.
- Sikder, M.M. and Vestergård, M. 2020. Impacts of root metabolites on soil nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1792.
- Sikora, R.A., Bridge, J. and Starr, J.L. 2005. Management practices: An overview of integrated nematode management technologies: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, Ed.: Luc, M., Sikora, R.A., Bridge, J., CABI, Wallingford, UK, pp: 793–825.
- Soule, J. 1993. *Tagetes minuta: A potential new herb from South America*. Ed.: Janick, J. and J.E. Simon, New Crops, Wiley, NY, pp: 649-654.

- Steddom, K., Ong, K. and Starr, J. 2008. Efficacy of various brassica varieties for the suppression of root knot, ring and stunt nematodes. *Phytopathology*, 98(6): 150.
- Steiner, G. 1941. Nematodes parasitic on and associated with roots of marigolds (*Tagetes hybrids*). *Proceedings of The Biological Society Of Washington*, 54: 31-34.
- Stewart, M.J. and Steenkamp, V. 2001. Pyrrolizidine poisoning: a neglected area in human toxicology. *Therapeutic Drug Monitoring*, 23(6): 698-708.
- Strajnar, P., Širca, S., Knapič, M. and Urek, G. 2011. Effect of Slovenian climatic conditions on the development and survival of the root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica*. *European Journal of Plant Pathology*, 129(1): 81-88.
- Sukul, N.C. 1992. Plants antagonistic to plant parasitic nematodes. *Indian Review of Life Sciences*, 12: 23–52.
- Tateishi, Y., Sano, Z., Iwahori, H., Uesugi, K., Katsura, M. and Gau, M. 2008. Suppression of root-knot nematode damage to succeeding sweet potato by summer-sown cultivation of an oat (*Avena sativa*) variety, 'Tachiibuki'. *Japanese Journal of Nematology*, 38(1): 1-7.
- Tateishi, Y., Iwahori, H., Uesugi, K. and Katsura, M. 2011. Invasion, development, and reproduction of 3 *Meloidogyne* species on oat cultivar Tachiibuki, a nematode-suppressive fall crop. *Nematological Research*, 41: 1–7.
- Teklu, M.G., Schomaker, C.H. and Been, T.H. 2014. Relative susceptibilities of five fodder radish varieties (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) to *Meloidogyne chitwoodi*. *Nematology*, 16: 577–590.
- Thoden, T.C., Hallmann, J. and Boppré, M. 2009. Effects of plants containing pyrrolizidine alkaloids on the northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. *European Journal of Plant Pathology*, 123(1): 27-36.
- Timmermans, B.G.H. 2005. *Solanum sisymbriifolium* (Lam.): a trap crop for potato cyst nematodes. Ph.D. Thesis, University of Wageningen, School for Production Ecology and Resource Conservation.
- Torto, B., Kirwa, H., Kihika, R. and Murungi, L.K. 2018. Strategies for the manipulation of root knot nematode behavior with natural products in small scale farming systems: *Roles of Natural Products for Biorational Pesticides in Agriculture*, Ed.: Beck, J.J., Rering, C.C., Duke, O.S., American Chemical Society Symposium Series, Vol. 1294, Washington, USA, pp: 115-126.
- Trigo, J.R. 2011. Effects of pyrrolizidine alkaloids through different trophic levels. *Phytochemistry Reviews*, 10(1): 83-98.
- Tringovska, I., Yankova, V., Markova, D. and Mihov, M. 2015. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. *Scientia Horticulturae*, 186: 31-37.
- Trudgill, D.L., Honek, A., Li, D. and Van Straalen, N.M. 2005. Thermal time concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146: 1–14.
- Tzortzakakis, E. and Trudgill, D. 2005. A comparative study of the thermal time requirements for embryogenesis in *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 7(2): 313-315.
- Tsao, R., Peterson, C.J. and Coats, J.R. 2002. Glucosinolate breakdown products as insect fumigants and their effect on carbon dioxide emission of insects. *BMC Ecology*, 2 (5): 1-7.

- Tyler, J. 1938. Proceedings of the root-knot conferences held at Atlanta. *Plant Disease Reporter Supplement*, 109: 133-151.
- Uesugi, K., Katsura, M., Uwatoko, N., Tateishi, Y., Murata, G. and Iwabuchi, K. 2018. Suppressive effect of black oat, *Avena strigosa*, KH1a on *Meloidogyne* spp. *Nematology*, 20: 387–396.
- Vaingankar, J.D., Maruthadurai, R., Sellaperumal, C., Dhargalkar, S.D., Harihar, S. and Arunachalam, V. 2018. Tapping the potential of vegetable *Amaranth* genotype to trap the root knot nematode pest. *Scientia Horticulturae*, 230: 18-24.
- Van Der Linde, W.J. 1956. The *Meloidogyne* problem in South Africa. *Nematologica*, 1: 177-183.
- Vasudevan, P., Kashyap, S. and Sharma, S. 1997. *Tagetes*: a multipurpose plant. *Bioresource Technology*, 62(1-2): 29-35.
- Vestergard, M. 2019. Trap crops for *Meloidogyne hapla* management and its integration with supplementary strategies. *Applied Soil Ecology*, 134: 105-110.
- Waisen, P., Sipes, B.S. and Wang, K.H. 2019. Potential of biofumigant cover crops as open-end trap crops against root-knot and reniform nematodes. *Nematropica*, 49(2): 254-264.
- Wang, K.H., McSorley, R. and Gallaher, R.N. 2004. Effect of winter cover crops on nematode population levels in north Florida. *Journal of Nematology*, 36(4): 517.
- Wesemael, W.M. and Moens, M. 2008. Vertical distribution of the plant-parasitic nematode, *Meloidogyne chitwoodi* under field crops. *European Journal of Plant Pathology*, 120(3): 249-257.
- Wesemael, W., Viaene, N. and Moens, M. 2011. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology*, 13(1): 3-16.
- Wesemael, W.M. and Moens, M. 2012. Screening of common bean (*Phaseolus vulgaris*) for resistance against temperate root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Pest Management Science*, 68(5): 702-708.
- Westerdahl, B.B. 2020. Evaluation of trap cropping for management of root-knot nematode on annual crops. *Acta Horticulturae*, 1270: 141-146.
- Xiang, N., Lawrence, K.S. and Donald, P.A. 2018. Biological control potential of plant growth-promoting rhizobacteria suppression of *Meloidogyne incognita* on cotton and *Heterodera glycines* on soybean: A review. *Journal of Phytopathology*, 166(7-8): 449-458.
- Xu, A., Melakeberhan, H., Mennan, S., Kravchenko, A. and Riga, E. 2006. Potential use of arugula (*Eruca sativa* L.) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8: 793–799.
- Youssef, M.M.A. and El-Nagdi, W.M.A. 2016. Effect of sugar beet as a trap crop on the population density of *Meloidogyne incognita* infecting subsequent common dry bean. *Pakistan Journal of Nematology*, 34(1): 87-90.
- Zasada, I.A., Halbrendt, J.M., Kokalis-Burelle, N., LaMondia, J., McKenry, M.V. and Noling, J.W. 2010. Managing nematodes without methyl bromide. *Annual Review of Phytopathology*, 48: 311–328.