



Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Türkiye’de Yetişen Bazı Apiaceae Türlerinin Uçucu Yağlarının Kök Lezyon Nematodlarına Karşı Nematoidal Aktiviteleri

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR^{*1}, Bekir TOSUN², Arif ŞANLI³, Tahsin KARADOĞAN⁴

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

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniv., Tarım, Hayvancılık ve Gıda Araş. Uyg. ve Araş. Merkezi, Burdur, Türkiye

³⁻⁴Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1969-4041> ²<https://orcid.org/0000-0002-2470-3865> ³<https://orcid.org/0000-0002-3422-8295>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5443-2082>

*Sorumlu yazar e-posta: btosun@mehmetakif.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 18.09.2020

Kabul: 10.04.2021

Online Yayınlanma 30.06.2021

DOI: 10.29133/yyutbd.796093

Anahtar kelimeler

Apiaceae,

Nematoidal etki,

Pratylenchus spp.,

Uçucu yağ.

Öz: Çalışmada Türkiye doğal florasında yetişen Apiaceae familyasına ait 12 farklı bitki türünün uçucu yağının Kök lezyon nematodlarına (*Pratylenchus penetrans*, *P. thornei* ve *P. neglectus*) karşı nematoidal etkileri incelenmiştir. Araştırma *in vitro* koşullarda yürütülmüş olup, her bir uçucu yağın 1000 ppm konsantrasyonu kullanılmıştır. Uçucu yağların nematoidal etkileri Kök lezyon nematodu türüne bağlı olarak değişiklik göstermiş, *P. neglectus* türünde *Coriondrium sativum* L., *P. thornei* türünde *Ferulago cassia* Boiss, *P. penetrans* türünde ise *Foeniculum vulgare* Miller ve *Anethum graveolens* L. uçucu yağları diğer uygulamalardan daha yüksek etkinlik göstermiştir. Uçucu yağ uygulamalarına bağlı olarak gerçekleşen nematod ölüm oranları *P. neglectus* türünde % 24.3-64.7, *P. penetrans* türünde % 23.7-66.7 ve *P. thornei* türünde % 33.7-85.0 arasında bulunmuştur. Araştırmada, uçucu yağ aktif maddelerinden linalool, phallendrene ve 2,3,6 trimetilbenzaldehyde bileşenlerini içeren bitkilerin yüksek, anethole ve carvone bileşenlerini içeren bitkilerin orta, caratol ve curzerene bileşenlerini içerenlerin ise düşük nematoksik aktivite gösterdiği anlaşılmıştır. Apiaceae familyası türlerinin *Pratylenchus* türlerine karşı nematoidal etkilerinin yüksek fakat değişken olduğu, bu nedenle yüksek aktivite gösteren uçucu yağların farklı dozlar kullanılarak arazi koşullarında etkinliklerinin denenmesi ile daha kesin sonuçlara ulaşılabileceği anlaşılmıştır.

Nematicidal Activity of Essential Oils from Apiaceae Family Plants of Turkey Against Root Lesion Nematodes

Article Info

Received: 18.09.2020

Accepted: 10.04.2021

Online Published 30.06.2021

DOI: 10.29133/yyutbd.796093

Keywords

Apiaceae,

Nematicidal effect,

Pratylenchus spp.,

Essential oil.

Abstract: In our study, the nematicidal activity of 12 essential oils from Apiaceae family plants of Turkey against *Pratylenchus penetrans*, *P. thornei* and *P. neglectus* root lesion nematodes were investigated. The study was conducted *in vitro* conditions and concentration of 1000 ppm of each essential oil was used. The nematicidal effect was found to depending on root lesion nematode species and high nematicidal effect were found *P. neglectus* species; *Coriondrium sativum* L., *P. thornei* species; *Ferulago cassia* Boiss and *P. penetrans* *Foeniculum vulgare* Miller and *Anethum graveolens* L. Mortality rates depending on essential oil applications varied between 24.3-64.7% in *P. neglectus* species, 23.7-66.7% in *P. penetrans* and 33.7-85.0% in *P. thornei*. In this study, the nematicidal activity were found high that essential oil active ingredients of plants containing linalool, phallendrene and 2,3,6

trimethylbenzaldehyde components while the plants containing anethole and carvone components were medium nematocidal activity and containing carotol and curzerene components showed low. It has been understood that the nematocidal activity of Apiaceae family species against *Pratylenchus* species are high but variable, therefore, more definite results can be achieved by testing the effectiveness of highly active essential oils using different doses in field conditions.

1. Giriş

Kök lezyon nematodları (*Pratylenchus* spp.) bitkilerde en çok zarar yapan paraziti nematod gruplarından biri olup, dünyada yaygın olarak görülmektedir. Kök lezyon nematodlarının konukçu dizilerinde geniş çeşitlilik (meyveler, sebzeler ile tarla bitkilerinde) görülmesinin yanı sıra önemli ekonomik kayıplara neden olabilmektedirler. Kök lezyon nematodlarının hücre içi hareketi kortikal ve komşu hücrelerin ölümüne neden olmakta, membran bütünlüğünü kaybetmekte, hücrelerin organelleri dejenere olmakta ve sonucunda kökte kahverengi lekeler oluşmaktadır (Castillo ve Vovlas, 2007). Bununla birlikte birçok toprak kökenli hastalık ve zararlı etmeninin bitkiye giriş yapmasına yardımcı olmaları sonucu üründe dolaylı olarak ekonomik kayıplara neden oldukları bilinmektedir (Smiley ve Nicol, 2009). *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev&Schuurmans Stekhoven, 1941, *Pratylenchus thornei* Sher & Allen, 1953, *Pratylenchus neglectus* (Rensch, 1924) Filipjev&Schuurmans Stekhoven, 1941, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev&Schuurmans Stekhoven, 1941, *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Filipjev&Schuurmans Stekhoven, 1941, *Pratylenchus goodeyi* Sher&Allen, 1953, *Pratylenchus loosi* Loof, 1960, *Pratylenchus pratensis* (de Man, 1880) Filipjev, 1936, *Pratylenchus scribneri* Steiner Sherbakoff&Stanley, 1943, *Pratylenchus vulnus* Allen&Jensen, 1951 ve *Pratylenchus zaeae* Graham, 1951 ekonomik anlamda önemli zarar yapan türler arasında gösterilmektedir (Blair ve Stirling, 2007; Jones ve Fosu-Nyarko, 2014).

Kök lezyon nematodları ile mücadelede yaygın kullanılan yöntemler sentetik fümigantlar, nematisitler ve dayanıklı çeşit seçimidir. Nematisitlerin neden olduğu çevre sorunları, ısıl işlemlerin maliyeti ve dayanıklı çeşitlerin sınırlı sayıda olması, nematod mücadelesini biyolojik kontrol ve doğal ürünler gibi daha ekolojik alternatif yöntemlere doğru yöneltmektedir. Bazı bitki türlerinde doğal olarak sentezlenen alkaloidler, fenolik bileşikler, terpenoidler ve glikozitler gibi bazı sekonder metabolitler nematodlarla mücadelede sürdürülebilir alternatif bir yol sunmaktadır. Sekonder metabolitlerin terpenoidler grubunda yer alan uçucu yağlar, farklı yapı ve özellikte biyolojik aktif madde içermeleri nedeniyle sentetik nematisitlere alternatif olabilecek potansiyele sahip bileşiklerdendir. Uçucu yağların hedef alınmayan organizmalara düşük toksisiteye sahip olmalarının yanı sıra uygulandıkları ortamdan çabuk kaybolma özellikleri ile çevrede birikimleri ve kalıntı miktarları çok düşüktür (Figueiredo ve ark., 2008). Uçucu yağlar karmaşık yapıları sayesinde aynı zamanda fırsatçı türleri ve dirençli suşları da kontrol edebilme gibi çeşitli biyolojik aktiviteler gösterebilmekte ve bu etki, uçucu yağların biyopestisit olarak değerlendirilme olanaklarını arttırmaktadır. Apiaceae familyanın önemli bir kısmı uçucu yağ, fenolik bileşikler ve kumarinler bakımından zengin olup tıbbi ve aromatik kullanımlarının dışında antimikrobiyal, antiviral, antifungal, nematisidal, insektisidal ve antioksidan gibi özellikler gösterebilmektedirler (Dorman ve Deans, 2000; Cavanagh, 2007; Ntalli ve ark., 2010; Lang ve Buchbauer, 2012).

Uçucu yağ kaynaklı ticari nematisitler piyasada henüz görünmüyorsa da, bitki paraziti nematodlar ile mücadelede başarı şansının artırılabilmesi için uçucu yağ formülasyonlarına dayalı yeni ürünlerin geliştirilmesi kaçınılmaz olarak görülmektedir (Renco ve ark., 2015). Nitekim Brassicaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Rutaceae, Lauraceae ve Poaceae familyalarında yer alan bazı bitkilerin uçucu yağlarının nematisidal aktiviteye sahip olduğu daha önceki araştırmalarda ortaya konulmuştur (Andres ve ark., 2012). Uçucu yağ bileşenleri, nematod sinir sistemine etki ettiği gibi nematodun hücre zarını bozabilmekte ve geçirgenliğini değiştirebilmektedir (Oka ve ark., 2000). Apiaceae familyasına ait bazı uçucu yağların (*Carum capticum*, *Carum carvi*, *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum*) kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita* (Kofoid ve White, 1919) ve *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) üzerinde nematisidal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Oka ve ark., 2000; Gupta ve ark., 2011; Ntalli ve ark., 2011). Calvet ve ark. (2001), *P. brachyurus* kök lezyon

nematodu üzerine *F. vulgare* uçucu yağının yüksek nematisit etkisi olduğunu, benzaldehit, salisilaldehit, borneol, p-anisalaldehit ve cinnamaldehyde gibi uçucu bileşiklerin *P. brachyurus* türünde % 50'den fazla ölüme neden olduğunu bildirmişlerdir. Avato ve ark. (2017), *in vitro* koşullarda 15 mg/ml *Rosmarinus officinalis* uçucu yağı uygulamasında 96 saat sonra *P. vulnus* ölüm oranının % 75'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Uçucu yağ ve aktif maddelerinin Kök ur nematodlarına etkileri konusunda çok sayıda araştırma yapılmış olmakla birlikte, bu çalışmada kullanılan türlerin ve içerdikleri aktif maddelerin önemli bir kısmının nematisidal etkisi hakkında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan uçucu yağ bitkilerinin önemli bir kısmının doğal florada yetişen türler olması ve bu türlere ilişkin çalışma bulunmaması da çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Çalışmada ülkemizde kültürü yapılan Apiaceae familyasına ait bazı bitki türlerinin (*Anethum graveolens* L., *Coriandrum sativum* L. ve *Pimpinella anisum* L.) ve doğal florada bulunan (*Ferulago pauciradiata* Boiss&Held (Endemik), *Foeniculum vulgare* Miller., *Ferulago cassia* Boiss, *Daucus carota* L., *Angelica sylvestris* L., *Scandix iberica* Bieb., *Kundmannia anatolica* Boiss (Endemik), *Heracleum platytaenium* Boiss.(Endemik), *Smyrniium connatum* Boiss&Kotschy) uçucu yağlarının Kök lezyon nematodlarına (*P. penetrans*, *P. thornei* ve *P. neglectus*) karşı nematoksik etkilerinin belirlenmesi ve doğal nematisit olarak kullanılabilme potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma 2018 yılında *in vitro* koşullarda yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan Kök lezyon nematodları (*P. penetrans*, *P. thornei* ve *P. neglectus*) daha önce bölgemizde yürütülen çalışma sonucunda tanımlanan türlerden (Söğüt ve Devran 2011), bitki materyalleri ise TÜBİTAK 113O284 nolu projeden (Çizelge 1) temin edilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bitki türleri ve türlere ait meyve uçucu yağlarını oluşturan önemli bileşenler

Apiaceae Türleri	S.M. Grubu	Ana Bileşenler (%)		
<i>Anethum graveolens</i> L.	Monoterpen	d-Carvone (% 51.7)	L-Limonene (% 24.8)	Dihydrocarvone (% 6.3)
<i>Angelica sylvestris</i> L.	Monoterpen	β- Phellandrene (% 29.6)	L- Phellandrene (% 16.0)	Bicyclogermacrene (% 10.4)
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Monoterpen	Linalool (% 56.3)	α-pinene (% 10.0)	Geranyl acetate (% 9.6)
<i>Daucus carota</i> Linne	Seskiterpen	Caratol (% 42.6)	γ- Cadinene (% 12.8)	β-Farnesene (% 8.82)
<i>Ferulago cassia</i> Boiss.	Aldehit	Mesitaldehide (% 25.5)	Chrysanthenyl Acetate (% 19.3)	α-pinene (% 12.1)
<i>Ferulago pauciradiata</i> Boiss & Heldr	Monoterpen	Epiglobulol (% 8.4)	α-pinene (% 7.8)	Ar-Crucumene (% 7.8)
<i>Foeniculum vulgare</i> Miller	Monoterpen	Trans anethole (% 75.4)	L-Limonene (% 9.06)	p-Allylanisole (% 7.78)
<i>Heracleum platytaenium</i> Boiss.	Ester	Octyl Butyrate (% 38.5)	Ethylhexyl Acetate (% 27.6)	Hexyl Butanoate (% 9.5)
<i>Kundmannia anatolica</i> Boiss.	Monoterpen	β- Pinene (% 33.1)	α-Pinene (% 27.9)	α-Thujene (% 8.0)
<i>Pimpinella anisum</i> L.	Fenol	Anethole (% 90.3)	Isoeugenol (% 17.4)	Humulen (% 14.2)
<i>Scandix iberica</i> Bieb.	Aldehit	n-Undecanol (% 25.0)	n-Tridecanol (% 14.7)	Adacene (% 13.5)
<i>Smyrniium connatum</i> Boiss&Kotschy	Seskiterpen	Curzerene (% 24.7)	Germacrene D (% 17.8)	Germacrene B (% 13.0)

2.2. Araştırmada kullanılan uçucu yağların üretimi

Bu çalışmada kullanılan bitkilere ait meyvelerin uçucu yağları Clevenger tipi hidro-distilasyon cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Bu amaçla her türün meyvelerinden 100 g örnek öğütüldükten sonra

distilasyon cihazının kaynatma balonunda 1/3 oranında su eklenerek 100°C'de 3 saat süreyle damıtılmıştır (Marotti ve Piccaglia, 1992).

Her türe ait uçucu yağ örneklerinin bileşenleri GC - MS (Perkin Elmer marka) cihazında (QP-5050 GC/MS, Quadrapole detektörlü) belirlenmiştir (Stein, 1990). Bu amaçla; n-hekzan seyreltilerek 1 µl kadar uçucu yağ silika kapiler kolona enjekte edilerek ve belirli bir çalışma programında (enjektör sıcaklığı 250°C'de ve detektör sıcaklığı 240°C'de tutularak, kolon/ fırın sıcaklığı ise (120°C/3 dak./ 3°C/dak./200 °C/6 dak./ 3°C/dak./120°C/3 dak.) komponentlerine ayrılarak ve her bir komponent daha önce tanımlanmış olan uçucu yağ standart piklerinden oluşan kromatogramlar aracılığı tanımlanmıştır. Her bir komponentin oranı ise integratör kullanılarak elde edilmiştir (Stein, 1990). Uçucu yağların ana bileşenleri Çizelge 1 de verilmiştir.

2.3. Kök lezyon nematodlarının kitle üretimi ve inokulumunun hazırlanması

Kök lezyon nematodlarının kitle üretiminde havuç disk yönteminden yararlanılmıştır (Zuckerman ve ark., 1985). Taze ve hasarsız olan havuçlar seçilerek yıkanmış ve 5 dakika alkol içerisinde tutulmuştur. Daha sonra, steril kabinde soyulup yeniden alkol içerisine daldırılarak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Havuçlar 1 cm kalınlığında kesilerek 6 cm çapında steril petrilere alınmış ve etrafi parafilm ile kaplanmıştır. Steril kabin içerisinde 3 gün bekletilmiş ve temiz olanlar kitle üretim için kullanılmıştır. Canlı kök lezyon nematodları stereo mikroskop altında seçilerek saf su içeren bir petriye alındıktan sonra yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Bu amaçla nematodlar % 1'lik Streptomycin sülfat çözeltisi ve penicilin içerisinde 10 dakika bekletilmiş ve sonra üç kez steril saf su ile yıkanmıştır. Steril kabin içerisinde yüzey sterilizasyonu yapılan nematodlardan 10-15 birey alınarak havuç kültürünün bulunduğu petriye aktarılmıştır. Bulaşmayı engellemek için parafilm ile kapatılmış ve 19-21°C'de soğutmalı inkübatör içerisine yerleştirilmiştir. Yaklaşık 3 ayda nematodların istenilen yoğunluğa ulaştığı görülmüştür.

Denemeler için havuç kültürlerinden nematodları elde etmek amacıyla 12 cm çapında petrilere aktarılan havuç kültürü ince parçalar halinde kesilerek nematodların suya geçmesini sağlamak amacıyla üzerine yeterli miktarda steril saf su konulmuş ve 4-6 saat bekletilmiştir. Suya geçen nematodlar 38 µm ve 20 µm delik çapına sahip olan eleklerden geçirilerek santrifüj tüplerine alınmıştır. Bu şekilde kitle üretimi yapılan nematodlardan ışık mikroskobu altında sayımlar yapılarak 100 larva+ergin yoğunlukta olacak şekilde tüpler hazırlanmış ve inokulasyona hazır hale getirilmiştir.

2.4. Uçucu yağların Kök lezyon nematodlarına karşı nematisidal etkilerinin belirlenmesi

Çalışmada uçucu yağların nematisidal etkileri *Pratylenchus thornei*, *P. penetrans* ve *P. neglectus* larva+ergin bireylerinin hareket ve canlılığına dayanılarak *in vitro* koşullarda 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Her bir mikrotüp (1.5 ml) içine otomatik pipet yardımıyla 50 µl saf su ile birlikte 100 kök lezyon nematodu larva+ergin konulduktan sonra 1000 ppm konsantrasyonda olacak şekilde (Oka ve ark., 2000) uçucu yağ uygulamaları yapılmıştır. Uygulama tüp içerisindeki 50 µl nematodlu su dahil konsantrasyon 1000 ppm olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir uçucu yağın 1000 ppm konsantrasyonu Tween-80 (% 0.1) ve saf su kullanılarak hazırlanmıştır. Her bir tüp içerisine 950 µl uçucu yağ solüsyonu mikropipet yardımıyla konulmuştur. Çalışmada saf su ve Tween-80 uygulanan mikro tüpler kontrol olarak değerlendirilmiştir. Mikro tüpler parafilm ile kapatıldıktan sonra 25±1°C'de tutularak 3 gün sonra mikroskop altında canlı-ölü birey sayımı yapılmış ve yüzde ölüm değerleri hesaplanmıştır (Oka ve ark., 2000).

Ölçüm ve analizler sonucu elde edilen veriler Tesadüf parselleri deneme planında faktöriyel düzenlemeye göre SAS (2009) istatistik paket programında GLM prosedürü kullanılarak standart varyans analizi tekniğinde (ANOVA) analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

3. Bulgular

Çalışmada uçucu yağlar, nematod türleri ve uçucu yağ x nematod interaksiyonu istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0.01) (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uçucu yağ uygulamalarının Kök lezyon nematodlarında ölüm oranına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değerleri
Uçucu yağlar (U)	13	2957	594.4**
Nematod türleri (N)	2	687	137.4**
U X N	26	558	111.6**
Hata	84	5.00	

** İstatiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemlidir.

Pratylenchus neglectus türünde en yüksek nematisidal aktivite istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer alan *Coriondrum sativum* (% 64.7) ve *Foeniculum vulgare* (% 63.3) uçucu yağlarından tespit edilmiştir (Çizelge 3). *Heracleum platytaenium*, *Kundmannia anatolica* ve *Ferulago pauciradiata* türlerinin uçucu yağları mevcut *P. neglectus* popülasyonunun yaklaşık olarak % 50 sinde nematisidal etki göstermiştir (Çizelge 3). *Pratylenchus neglectus* üzerinde *Pimpinella anisum*, *Smyrniium connatum*, *Angelica sylvestris*, *Ferulago cassia*, *Daucus carota*, *Scandix iberica* ve *Anethum graveolens* türlerinin uçucu yağları diğer uçucu yağlara göre daha düşük nematisidal etkiye sahip olmuştur (Çizelge 3). Saf su uygulamalarında meydana gelen ölümlerin nematodların aç kalma ihtimalinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Saf suya karşı Tween-80'de meydana gelen ölümlerin fazla olduğu görülmektedir. Bunun Tween-80'nin doku yüzeylerini yumuşatarak hücre içerisindeki sıvı dengesinin bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 3). Kontrolle kıyasla *P. penetrans* türünde popülasyonun % 50 den fazlasının ölümüne neden olan uçucu yağlar *F. vulgare*, *A. graveolens*, *A. sylvestris*, *H. platytaenium*, *C. sativum* ve *S. connatum* tespit edilmiştir (Çizelge 3). *Pratylenchus penetrans* türünde nematisidal etkisi % 30'un altında olan tek uçucu yağ *K. anatolica* olarak saptanmıştır (Çizelge 3). *Pratylenchus thornei* popülasyonunun % 70 den fazlasını öldüren 3 uçucu yağ *F. cassia* (% 85.0), *A. sylvestris* (% 78.0) ve *C. sativum* (% 75.0) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Bunun yanısıra *K. anatolica* (% 61.7), *S. connatum* (% 50.0) ve *P. anisum* (% 50.3) uçucu yağlarının *P. thornei* popülasyonunun yarısına yakın bir kısmı üzerinde nematisidal etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 3). *Ferulago pauciradiata*, *F. vulgare*, *D. carota*, *A. graveolens*, *S. iberica* ve *H. platytaenium* türlerine ait uçucu yağlar kontrol gruplarına göre *P. thornei* üzerinde nematisidal etki göstermesine karşılık araştırmada kullanılan diğer uçucu yağlardan daha düşük nematisidal etkiye sahip olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan uçucu yağların Kök lezyon nematodlarında (*P. neglectus*, *P. penetrans* ve *P. thornei*) ölüm oranları (%)

Uçucu yağlar	Ölüm Oranı (%)		
	<i>P. neglectus</i>	<i>P. penetrans</i>	<i>P. thornei</i>
CS	64.7 a B	57.0 c C	75.0 b A
AS	37.7 d C	63.7 b B	78.0 b A
FC	36.0 d C	51.7 d B	85.0 a A
FV	63.3 a B	69.0 a A	33.7 f C
HP	54.0 b A	58.3 c A	35.3 f B
SC	41.3 c B	51.3 d A	50.0 d A
AG	24.3 f C	66.7 ab A	47.3 de B
PA	42.3 c B	45.3 e AB	50.3 d A
KA	52.7 b B	23.7 h C	61.7 c A
FP	52.0 b A	39.3 f B	44.0 e B
DC	31.7 e C	36.7 fg B	46.3 de A
SI	26.0 f B	34.0 g A	33.7 f A
TW	8.3 g A	9.0 i A	5.3 g B
SAFSU	3.0 h AB	2.0 j B	3.7 g A
Lsd _{uxn}	3.63		

Küçük harflerle yapılmış olan gruplandırma nematodxuçucu yağ, Büyük harfler ile yapılan gruplandırma ise uçucu yağ x nematod interaksyonuna aittir.

4. Tartışma ve Sonuç

Uçucu yağların nematosisal etkileri Kök lezyon nematodu türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir ve ölüm oranları *Pratylenchus neglectus* türünde % 24.3-64.7, *P. penetrans* türünde % 23.7-66.7 ve *P. thornei* türünde % 33.7-85.0 arasında değişim göstermiştir. *Pratylenchus thornei* türünün diğer nematod türlerine oranla uçucu yağ uygulamalarına karşı daha yüksek hassasiyet gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 3). Bu durum Kök lezyon nematodu türlerinin üreme şekli ve üreme gücü farklılığından kaynaklanabilir. *Pratylenchus* türlerinin çoğunda parthenogenesis yoluyla üreme görülürken, *P. penetrans* türünde seksüel üreme görülmektedir (Castillo ve Vovlas, 2007). Ayrıca daha önce yürütülen çalışmalarda aynı türün popülasyonları arasında bile patojenite açısından biyolojik çeşitliliğin olduğu *P. brachyurus* (Payan ve Dickson, 1990), *P. goodeyi* ve *P. penetrans* (Hafez ve ark., 1999) ve *P. vulnus* (Pinochet ve ark., 1994) türlerinde bildirilmektedir. Bu duruma örneklerin alındığı coğrafik alanlar ve bu alanlardaki toprak yapısı, bitki faktörleri vs. gibi farklılıkların etkili olduğu ve patojenitenin değişebildiği belirtilmektedir (Mudiope ve ark., 2004). Nematod türlerinin kütikula geçirgenliğinin uçucu yağ bileşiklerinin penetrasyonunu etkilediği ve nematod türleri arasındaki biyokimyasal farklılıkların bu bileşiklerin detoksifikasyonuna ya da bozulmasına neden olarak uçucu yağ bileşenlerinin nematosisal aktivitesini azalttığı bildirilmiştir (Tsoo ve Yu, 2000).

Çalışmada *Coriandrum sativum*'un nematosisal etkisi 3 Kök lezyon nematodu türünde % 50'nin üzerinde saptanmıştır (Çizelge 3). Bu linalool bileşiğinin tek başına etkisinden olabileceği gibi uçucu yağ içerisindeki diğer bileşenlerle olan sinerjistik etkiden de kaynaklanabilir (Çizelge 1). Daha önce yürütülen çalışmalarda *C. sativum* uçucu yağının *Bursephelenchus xylophilus* Steiner & Bührer 1934, Nickle, 1970 ve *Meloidogyne javanica* nematodları üzerinde nematoksik etkisi olduğu tespit edilmiştir (Kong ve ark., 2006; Kim ve ark., 2008; Siddiqui ve Zaki, 2017). Ayrıca methone ve linalool bileşiklerinin *M. javanica*, *M. incognita* ve *B. xylophilus* nematodlarına karşı etkili olduğu bildirilmektedir (Oka ve ark., 2000; Ibrahim ve ark., 2006; Barbosa ve ark., 2010). Liang ve ark. (2020), *Elsholtzia fruticosa* üst aksamından elde ettikleri uçucu yağın 3 ana bileşeni olan limonen, okaliptol ve terpinenin *Ditylenchus destructor* nematodu üzerinde nematosisal etkisi olduğunu saptamışlardır.

Angelica sylvestris uçucu yağının ise *Pratylenchus penetrans* ve *P. thornei* üzerinde nematosisal etkisi % 60'dan yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Bu uçucu yağın daha önce *in vitro* da *Meloidogyne incognita* üzerinde yürütülen çalışmada da yüksek nematosisal etki gösterdiği tespit edilmiştir (Göze Özdemir ve ark., 2017).

Çalışmada etkisi yüksek bulunan *Ferulago cassia* ve *Foeniculum vulgare* uçucu yağlarının ortak bileşenlerinin ise limonen olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Citral, geraniol ve limonenin toprak uygulamalarının *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* ve *Heterodera schachtii* bitki paraziti nematodlarının çoğalmasını engellediği daha önce araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Osman ve Viglierchio, 1988; Viglierchio, 1989; Bauske ve ark., 1994). Duschatzky ve ark. (2004), *Aloysia triphylla* bitkisinden elde edilen uçucu yağın kök-ur nematodu larvalarının % 80 den fazlasını öldürdüğünü ve uçucu yağdaki ana bileşeni limonene olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca *F. vulgare* uçucu yağının *P. brachyurus* ve *M. javanica* üzerinde yüksek nematosisal aktiviteye sahip olduğu belirtilmektedir (Oka ve ark., 2000; Calvet ve ark., 2001; Ntalli ve ark., 2011; Marie ve ark., 2015).

Çalışmada ele alınan uçucu yağlardan seskiterpenoid bakımdan zengin olan *S. conatum* ve *D. carota*'nın, monoterpenoidler bakımdan zengin olan *F. vulgare*, *F. cassia*, *C. sativum*, *A. sylvestris* ve *A. graveolens* uçucu yağlarından daha düşük nematosisal etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada pinene içeriği bakımından yüksek olan *K. anatolica* 'nın nematosisal etkisinin nematod tür bazında değiştiği ve diğer monoterpen içeren türlere oranla nematosisal etkisinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu durum uçucu yağın içermiş olduğu diğer bileşenlerin antagonistik etki göstermesinden kaynaklanmış olabilir. Monoterpenler ve fenilpropenler, seskiterpen ve alkollere kıyaslandığında asetilkolinesteraz aktivitesi üzerindeki inhibitör etkisi ile güçlü bir nematosisal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Lee ve ark., 2001; El-Habashy ve ark., 2020). Monoterpenoid grubunda yer alan α -pinene, α -terpinene ve eugenol bileşiklerinin asetilkolinesteraz aktivitesinin önemli ölçüde inhibe edilmesine neden olduğu belirtilmektedir (Saad ve ark., 2018). İkiyüz elli mg/ml konsantrasyonunda monoterpenoid grubundaki çoğu bileşiğin *P. penetrans* üzerine ticari nematosisit Oxamyl' den daha fazla toksik etki gösterdiği bildirilmiştir (Tsoo ve Yu, 2000).

Bu çalışma nematoidal etkinin, aktif bileşenlerin türü ve içeriğine bağlı olarak nematod türleri içerisinde değiştiğini ve monoterpenlerin Kök lezyon nematodlarına karşı potansiyel doğal nematosit kaynağı olduğunu göstermiştir. Linalool ve limonen bileşiklerini içeren uçucu yağların ise nematoidal etkisinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bu bileşenlerin uçucu yağlar içerisindeki diğer bileşenlerle sinerjistik etkisinden de kaynaklanabilmektedir. Sonuç olarak, *Coriandrum sativum*, *Angelica sylvestris*, *Ferulago cassia* ve *Foeniculum vulgare* uçucu yağlarının Kök lezyon nematodları ile mücadelede doğal nematosit olarak kullanılabileceği, bununla birlikte daha gerçekçi sonuçlara ulaşabilmek için bu uçucu yağların farklı konsantrasyonlarda arazi koşullarında denenerek performanslarının ve bitki gelişimine etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan uçucu yağlar TÜBİTAK 113O284 nolu projeden temin edilmiştir. TÜBİTAK 113O284 nolu projeye desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Andres M., Gonzalez-Coloma A., Sanz J., Burillo J., & Sainz P. (2012). Nematicidal activity of essential oils: a review *Phytochemistry Review* DOI 10.1007/s11101-012-9263-3.
- Avato, P., Laquale, S., Argentieri, M. P., Lamiri, A., Radicci, V., & D'Addabbo, T. (2017). Nematicidal activity of essential oils from aromatic plants of Morocco. *Journal of pest science*, 90(2), 711-722.
- Barbosa P., Lima A. S., Vieira P., Dias L. S., Tinoco M. T., & Barroso J. G. (2010). Nematicidal activity of EOs and volatiles derived from portuguese aromatic flora against the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *J Nematol* 42, 8-16.
- Bauske E. M., Rodríguez-Kabana R., Estau'n V., Kloepper J. W., & Robertson D. G. (1994). Management of *Meloidogyne incognita* on cotton by use of botanical aromatic compounds. *Nematropica*, 24, 143-50.
- Blair, B. L. & Stirling, G. R. (2007). The role of plant-parasitic nematodes in reducing yield of sugarcane in fine-textured soils in Queensland, Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(5), 620-634.
- Calvet C., Pinochet J., Camprubi A., Estau'n V., & Rodríguez-kabana R. (2001). Evaluation of natural chemical compounds against root lesion and root knot nematodes and side effects on the infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi. *European Journal of Plant Pathology*, 107, 601-605.
- Castillo P., & Vovlas N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. *Nematology Monographs and Perspectives* Volume 6.
- Cavanagh, H., & M., A. (2007). Antifungal activity of the volatile phase of essential oils: A brief review, *Nat. Prod. Commun*, 2, 1297-1302.
- Dorman, H., J., D., & Deans, S.G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils, *Journal of Applied Microbiology*, 88, 308-316.
- Duschatzky, C. B., Martinez, A. N., Almeida, N. V., & Bonivardo, S. L. (2004). Nematicidal activity of the essential oils of several Argentina plants against the root-knot nematode. *Journal of Essential Oil Research*, 16(6), 626-628.
- El-Habashy, D. E., Abdel Rasoul, M. A., & Abdelgaleil, S. A. M. (2020). Nematicidal activity of phytochemicals and their potential use for the control of *Meloidogyne javanica* infected eggplant in the greenhouse. *European Journal of Plant Pathology*. doi:10.1007/s10658-020-02079-6.
- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance journal*, 23(4), 213-226.
- Gupta A., Sharma S., & Naik S.N. (2011). Biopesticidal value of selected EOs against pathogenic fungus, termites, and nematodes. *International Biodeterioration Biodegradation*, 65, 703-707.

- Hafez, S. L., Al-Rehıyayı, S., Thornton, M. & Sundararaj, P. (1999). Differentiation of two geographically isolated populations of *Pratylenchus neglectus* based on their parasitism of potato and interaction with *Verticillium dahliae*. *Nematropica* 29, 25-36.
- Jones, M. G. K. & Fosu-Nyarko, J. (2014). Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. *Annals of applied biology*, 164(2), 163-181.
- Kim, S. S., Baik, J. S., Oh, T. H., Yoon, W. J., Lee, N. H., & Hyun, C. G. (2008). Biological activities of Korean Citrus obovoides and Citrus natsudaidai essential oils against acne-inducing bacteria. *Biosci Biotechnol Biochem* 72, 2507–2513
- Kong J., Lee S., Moon Y., Lee S., & Ahn Y. (2006). Nematicidal activity of plant EOs against *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: aphelenchoididae). *Journal of Asia Pacific Entomology*, 9, 173–178.
- Lang, G., & Buchbauer, G. (2012). A review on recent research results (2008–2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals, *Flavour Fragr. J.*, 27, 13–39.
- Lee H. S., (2006). Mosquito larvicidal activity of aromatic medicinal plant oils against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens pallens*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22, 292-295.
- Liang, J. Y., Ning, A. Q., Lu, P. Y., Shao, Y. Z., Xu, J., Yang, Y. Y., & Wang, H. L. (2020). Chemical Composition and Biological Activity of Essential Oil Extracted from the Aerial Part of *Elsholtzia fruticosa* against *Ditylenchus destructor*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(3), 575-582.
- Marotti M., & Piccaglia R. (1992). The Influence of Distillation Conditions on the Essential Oil Composition of Three Varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. *Journal of Essential Oil Research*, 4, 569-576.
- Mudiope, J., Adipala, E., Coyne, D., & Sikora, R. (2004). Monoxenic culture of *Pratylenchus sudanensis* on carrot disks, with evidence of differences in reproductive rates between geographical isolates. *Nematology*, 6(4), 617-619.
- Ntalli N. G., Ferrari F., Giannakou I., & Menkissoglu-Spiroudi U. (2011). Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of EOs from seven plants indigenous to Greece. *Pest Management Science* 67, 341–351.
- Ntalli, N., G., Ferrari, F., Giannakou, I., & Menkissoglu-Spiroudi, U. (2010). Phytochemistry and nematicidal activity of the essential oils from 8 Greek Lamiaceae aromatic plants and 13 terpene components, *J. Agric. Food Chem.*, 58, 7856–7863.
- Oka Y., Nacar S., Putievsky E., Ravid U., Yaniv Z., & Spiegel Y. (2000). Nematicidal activity of EOs and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology*, 90, 710–715.
- Osman A.A., & Viglierchio D.R. (1988). Efficacy of biologically active agents as non traditional nematicides for *Meloidogyne javanica*. *Review of Nematology*, 11, 93–98.
- Payan, L. A., & Dickson, D. W. (1990). Comparison of populations of *Pratylenchus brachyurus* based on isozyme phenotypes. *Journal of Nematology*, 22(4), 538.
- Pinochet, P., Cenis, J. L., Fernandez, C., Doucet, M., & Maruli, J. (1994). Reproductive fitness and random amplified polymorphic DNA variation among isolates of *Pratylenchus vulnus*. *Journal of Nematology*, 26(3), 271.
- Renco M., & Balezentiene L. (2015). An analysis of soil free-living and plant-parasitic nematode communities in three habitats invaded by *Heracleum sosnowskyi* in central. *Biol Invasions*, 17, 1025–1039.
- Saad, M. M. G., Abou-Taleb, H. K., & Abdelgaleil, S. A. M. (2018). Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine Eur J Plant Pathol triphosphatases. *Applied Entomology and Zoology*, 53(2), 173–181.
- Siddiqui A., & Zaki M. J. (2017). Efficacy of some seeds of family apiaceae against root knot nematode, *Meloidogyne javanica* (treub) chitwood. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 14 (1), 89-94.
- Smiley R.W., & Nicol J. M., (2009). *Nematodes Which Challenge Global Wheat Production*. In: Carver B.F. (ed.) *Wheat science and trade*, Wiley-Blackwell, pp. 171–187.
- Söğüt M. A., & Devran Z. (2011). Distribution and molecular identification of root lesion nematodes in temperate fruit orchards of Turkey. *Nematropica*, 41, 91-99.

- Stein S. E., 1990. National Institute of Standards and Technology (NIST) Mass Spectral Database and Software, Version 3.02, Juen USA.
- Tsao R., & Yu Q. (2000). Nematicidal Activity of Monoterpenoid Compounds against Economically Important Nematodes in Agriculture. *Journal of Essential Oil Research*, 12, 3, 350-354.
- Viglierchio D.R., & Wu F.F., 1989. Selected biological inhibitors for *Heterodera schachtii* control. *Nematropica*, 19, 75-79.
- Zuckerman B. M., Mai W. F., & Harrison M. B. (1985). Plant Nematology Laboratory Manual. The University of Massachusetts Agricultural Experiment Station Amherst, Massachusetts 01003, Pp: 212