

Buğday Bitkisinde Üç *Pratylenchus thornei* Popülasyonunun *Fusarium culmorum* ile İnteraksiyonu

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR^{1*}, Şerife Evrim ARICI², İbrahim Halil ELEKÇİOĞLU³

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye, ²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye, ³Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1969-4041>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5453-5869>, ³<https://orcid.org/0000-0001-7565-4330>

✉: fatmagoze@isparta.edu.tr

ÖZET

İkizce buğday çeşidinde üç *Pratylenchus thornei* popülasyonu (SK11, SK24 ve YLVC24) ile *Fusarium culmorum* B4 izolatu'nun interaksiyonu eş zamanlı ve ardışık inokulasyonlarla kontrollü koşullarda araştırılmıştır. Çalışmada nematod popülasyonları için 1000 larva+ergin birey inokulum yoğunluğu kullanılırken, fungus inokulumunda %50 oranında seyreltilmiş kültür filtratı kullanılmış ve her saksıya 5 mL uygulanmıştır. Bitkiler yaklaşık yedi hafta sonra sökülerek değerlendirme işlemi hastalık şiddeti, toprak ve kökteki toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı açısından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada nematod ve fungus etkileşimlerinde nematod popülasyonlarının patojenitesinin önemli olduğu belirlenmiştir. Popülasyonlar arasında üreme oranı en düşük olan YLVC24 (6.6±0.1) ile fungus arasında buğdayda bir interaksiyon saptanamamıştır. En yüksek üreme oranına sahip SK24 popülasyonunda (10.4±0.4) sadece nematod uygulaması (10436.0±446.8) ile karşılaştırıldığında eş zamanlı nematod ve fungus uygulaması (12240.0±446.8) ile nematod inokulasyonundan iki hafta sonra fungus uygulamasında (11672.0±389.3) toplam nematod yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Buğdayda nematod uygulamasından iki hafta önce fungus enfeksiyonu gerçekleştiğinde ise SK11 ve SK24 popülasyonlarının yoğunluklarında azalma görülmüştür. Buğdayda fungusun oluşturduğu hastalık şiddetinde eş zamanlı ve ardışık inokulasyonlarda nematod popülasyonları arasında farklılık bulunamamıştır. Fungus uygulama zamanının SK11 ve SK24 popülasyonlarının toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışmada buğdayda sadece *P. thornei* SK24 popülasyonu ile *F. culmorum* arasında sinerjistik etkileşim bulunmuştur.

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 04.06.2021

Kabul Tarihi : 29.09.2021

Anahtar Kelimeler

Buğday

Fusarium culmorum

İnteraksiyon

Popülasyon yoğunluğu

Pratylenchus thornei

Interaction of Three Populations of *Pratylenchus thornei* with *Fusarium culmorum* in Wheat Plant

ABSTRACT

The interaction of three populations of *Pratylenchus thornei* (SK11, SK24 and YLVC24) and *Fusarium culmorum* B4 isolate on İkizce wheat variety were investigated under controlled conditions with simultaneous and sequential inoculations. In the study, 1000 larva+adult inoculum density was used for nematode populations, while 50% diluted culture filtrate concentration was used in the *fungus* inoculum and 5 mL was applied to each pot. After about seven weeks, the wheat plants were removed and evaluated in terms of disease severity, final nematode density in soil and root, and nematode reproduction rate. It has been determined that the pathogenicity of the nematode populations is important in nematode and fungi interactions in the study. No interaction could be detected between the fungi and YLVC24, which has the lowest reproduction rate (6.6±0.1) among the populations, on wheat. In the SK24 population with the highest reproduction rate (10.4±0.4), the final

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 04.06.2021

Accepted : 29.09.2021

Keywords

Wheat

Fusarium culmorum

Interaction

Population density

Pratylenchus thornei

nematode density was found to increase in simultaneous nematode and fungi application (12240.0±446.8), and fungi inoculation two weeks after nematode application (11672.0±389.3) compared to only nematode application (10436.0±446.8). When fungi was inoculated two weeks before nematode application on wheat, the population densities of SK11 and SK24 decreased. No difference was found between nematode populations in disease severity caused by fungi on wheat in simultaneous and sequential inoculations. It was determined that fungi application time was effective on total nematode density and reproduction rate of SK11 and SK24 populations. In the study, synergistic interaction was found only between the *P. thornei* SK24 population and *F. culmorum* in wheat.

Atıf Şekli: Göze Özdemir, F.G., Arıcı, Ş.E., Elekçioğlu, I.H. 2022. Buğday bitkisinde üç *Pratylenchus thornei* popülasyonunun *Fusarium culmorum* ile interaksyonu. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (5): 1042-1050. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.947535>

To Cite : Göze Özdemir, F.G., Arıcı, Ş.E., Elekçioğlu, I.H. 2022. Interaction of three populations of *Pratylenchus thornei* with *Fusarium culmorum* in wheat plant. KSU J. Agric Nat 25 (5): 1042-1050. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.947535>

GİRİŞ

Kültür bitkilerinin köklerinde endoparazitik beslenmeleri, geniş konukçu dizisi olması, farklı ekolojik koşullara uyum sağlaması ve kozmopolit özelliklerinden dolayı Kök yara nematodları (*Pratylenchus* spp.) Kök-ur ve Kist nematodlarından sonra en önemli bitki paraziti nematod grubudur (Castillo ve Vovlas, 2007). En az sekiz *Pratylenchus* türünün buğdayda zarar oluşturduğu bilinmektedir (Fosu-Nyorke ve Jones, 2016). Bu türlerden *Pratylenchus thornei*, buğdayda ekonomik açıdan en önemli tür olarak kabul edilmekte olup Cezayir, Avustralya, Kanada, Hindistan, İsrail, İtalya, Meksika, Fas, Pakistan, Suriye, Türkiye ve Yugoslavya dahil olmak üzere birçok ülkede yaygın olduğu bildirilmiştir (Nicol and Rivoal, 2008; Thompson et al., 2010; Toktay ve ark., 2012;2020). Kök yara nematodları buğday da özellikle az yağış alan veya hafif bünyeli toprak yapısına sahip bölgelerde daha fazla zarar oluşturmaktadır (Smiley ve Nicol, 2009). Kök yara nematodları hassas bir buğday çeşidinde verimi azaltan yüksek popülasyon yoğunluklarına kolayca ulaşabilirler (Thompson ve ark., 2008). *Pratylenchus thornei* 'nin buğdayda Avustralya'da %85, Meksika'da %37, İsrail'de %70 ve ABD'de %50 kadar verim kaybına neden olduğu saptanmıştır (Armstrong ve ark., 1993; Ortiz-Monasterio ve Nicol, 2004; Smiley ve ark., 2005). Türkiye'de de buğday alanlarında *P. thornei*'nin en yaygın tür olduğu tespit edilmiştir (Mısırhoğlu ve Pehlivan, 2007; Yıldız, 2007; Toktay ve ark.,2020; Göze Özdemir ve ark., 2021).

Fusarium culmorum sıcak ve kuru iklimlerde makarnalık buğday ve ekmeklik buğdayın önemli bir patojeni olup Avrupa, Avustralya, Kanada, Kuzey Amerika, Afrika ve Batı Asya'da bulunduğu bildirilmiştir (Schem ve ark., 2013; Pasquali ve ark., 2013). *Fusarium* kaynaklı kök ve gövde hastalıklarına bağlı verim kayıplarının Avustralya'da

yaklaşık %25 ve Kuzey Amerika'da %31-%65 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Voss-Fels ve ark., 2018). Türkiye de buğdayda kök ve kök boğazında çürümeye neden olan en yaygın toprak kökenli patojen *F. culmorum* olarak rapor edilmiştir (Tunalı ve ark., 2008; Çepni ve ark., 2013; Erginbaş-Orakçı ve ark., 2018). Türkiye'de *F. culmorum*'dan kaynaklı verim kayıplarının kışlık buğdayda %43'e, Orta Anadolu platosunda durum buğdayında %54'e ulaştığı saptanmıştır (Bağcı ve ark., 2001; Hekimhan ve ark., 2004).

Bitki paraziti nematodlar toprak kaynaklı patojenler ile etkileşimde olup birçok üründe hastalık kompleksleri oluşturabilmektedirler (Back ve ark., 2002; Hassan ve ark., 2012). Kök yara nematodlarının bitkilerde penetrasyon ve beslenme sürecinde açtığı yaralar fungal etmenler için enfeksiyon alanları olmaktadır (LaMondia, 2003; Hoseini ve ark., 2010; Mallaiah ve ark., 2014). Riedel (1988) bitki paraziti nematodların bitkileri önceden uyararak veya konukçu fizyolojisini değiştirerek bitki patojenlerine karşı savunma mekanizmasını harekete geçirebileceğinden bahsetmiştir. Ayrıca köklerde patojen fungus enfeksiyonundan sonra nematod penetrasyonunun arttığı birçok çalışmada ortaya çıkarılmıştır (Edmund ve Mai, 1966a, 1966b, 1967; Nord-Meyer ve Sikora, 1983). Bitki paraziti nematod ve fungus türlerine bağlı olarak eşzamanlı veya ardışık enfeksiyonların nematod üremesini pozitif veya negatif etkileyebileceği belirtilmektedir (Back ve ark., 2002; Hassan ve ark., 2012; Hajihassani ve ark.,2013). Göze Özdemir ve ark. (2022), İkizce buğday çeşidinde *P. thornei*, *P. neglectus* ve *P. penetrans* ile *F. culmorum*'un eş zamanlı ve ardışık inokulasyonları ile yürüttüğü çalışmada aralarındaki etkileşimde, kök yara nematodlarının türleri arasında farklılıklar tespit etmiş ve buğdayda nematod gelişiminde *F. culmorum* uygulama zamanının önemli olduğunu belirtmiştir.

Farklı bitkilerde yürütülen çalışmalarda, Kök yara nematodlarının üreme güçlerinin, tür ve popülasyon yoğunluklarına göre farklılık gösterdiği belirtilmektedir (Olthof, 1990; France ve Brodie, 1996; Pinochet ve ark., 1994; Hafez ve ark., 1999; Mudiope ve ark., 2004). *Pratylenchus thornei*'nin popülasyonları arasında da farklı üreme oranları ve patojenite olduğu bildirilmiştir (Tiyagi ve Parveen, 1992; Castillo ve ark., 1995b; Göze Özdemir, 2021). Hafez ve ark. (1999) patatesten farklı bölgelerden alınan iki *P. neglectus* izolatu (Idaho ve Kanada) ile *Verticillium dahliae* ilişkisini araştırmışlar ve sadece Kanada popülasyonu ile *V. dahliae* arasında sinerjistik ilişki belirlemişlerdir.

Nematodların üreme gücündeki benzerlik veya farklılıkların patojenlerle ilişkilerini değiştirebileceği bunun da bölgesel olarak mücadele de önemli olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada İkizce buğday çeşidinde üç *P. thornei* popülasyonu ile *F. culmorum* arasındaki etkileşimin eşzamanlı ve ardışık inokulasyonlarla belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Çalışma *F. culmorum* B4 izolatu ve üç *P. thornei* izolatu ile İkizce buğday çeşidinde yürütülmüştür. *Fusarium culmorum* izolatu daha önce yürütülen çalışmada (Arıcı, 2006) tanılanmış ve ISUBU Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Biyoteknoloji ve Doku Kültürü laboratuvarında muhafaza edilmekte ve patojenitenin kaybolmaması açısından periyodik

Çizelge 1. *Pratylenchus thornei* popülasyonlarının orijinleri
Table 1. *Origin of Pratylenchus thornei*

<i>İzolat</i> <i>Isolate</i>	<i>Alındığı yer</i> <i>Sampling site</i>	<i>Koordinat</i> <i>Coordinate</i>	<i>Alındığı konukçu</i> <i>(Sampling host)</i>
YLVC24	Yalvaç, Isparta, Türkiye	N: 38°18'40.7"/E: 031°08'24.2"	Arpa
SK11	Şarkikaraağaç, Isparta, Türkiye	N: 38°04'39.4"/E: 031°27'23.3"	Buğday
SK24	Şarkikaraağaç, Isparta, Türkiye	N: 38°05'01.8"/E: 031°23'26.6"	Arpa

Fungus inokulumunun hazırlanması

Fusarium culmorum B4 izolatu 50 mL PDB (patates dextrose brooth agar) içeren 250 mL'lik erlenlerde kültüre alınmış ve 121 °C de 20 dk. sterilize edildikten sonra soğumaya bırakılmıştır. Patates Dekstroz Agar ortamında gelişen 2 haftalık fungus kolonisinden 1 cm'lik kare alınarak her Erlenmayer içerisine 5-7 adet atılmış ve laboratuvarında 25 ±1 C'de karanlıkta 21 gün boyunca inkübe edilmiştir (Bhagaweti ve ark., 2000; Arıcı, 2006). İnkübasyon süresince her gün elle çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonrada fungus misel ve sporlarını uzaklaştırmak için önce iki kat filtre kağıdından (Whatman No. 1) geçirildikten sonra aspiratör yardımıyla steril nuçe Erlenmayer içerisine çekilmiştir. Saf kültür filtratu distile su yardımıyla %50 oranında seyreltilmiş ve deneme de bu konsantrasyon kullanılmıştır (Göze Özdemir, 2020).

olarak yenilenmektedir. *Pratylenchus thornei* popülasyonları ise daha önce yürütülen çalışmadan (Göze Özdemir, 2021) alınmış ve kitle üretimleri ISUBU Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarında Zuckermann (1985) yöntemiyle havuç disklerinde devam ettirilmektedir. Çalışmada kullanılan *P. thornei* popülasyonlarının orijinleri Çizelge 1 de verilmektedir. İkizce buğday çeşidi de ISUBU Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilmiştir.

Method

Nematod inokulumunun hazırlanması

Her popülasyonun (YLVC24, SK11 ve SK24) kitle üretimin gerçekleştirildiği havuç diskleri ayrı ayrı 120 mm petri kaplarına aktarılmıştır. Aktarılan havuç diski küçük parçalara bölünmüş ve petri kabını kaplayacak şekilde steril saf su eklenmiştir. Altı saat sonra nematodlar geliştirilmiş Baermann huni yöntemi kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Mezurlar içerisinde elde edilen nematod süspansiyonlarının her bir tekrarı 15 mL'ye düşürülmüş ve santrifüj tüplerine alınmıştır (Mudiope ve ark., 2004). Santrifüj tüplerinde nematodların dibe çökmesi için 4 saat beklendikten sonra üstteki sıvı atılarak 1 mL ye düşürülmüş ve dipteki kısımdan her *P. thornei* izolatuına ait ergin+larva ışık mikroskobu altında 10×10 büyütmede sayılmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılacak nematod yoğunluğu her izolatu için ayarlanarak saf su içeren ependorf tüpler içerisinde buzdolabında bekletilmiştir.

Pratylenchus thornei popülasyonlarının *Fusarium culmorum* ile etkileşimlerinin belirlenmesi

Deneme kontrollü koşullar altında 25±2°C sıcaklık ve %60±5 orantılı nem içeren iklim odasında, otoklav edilmiş 500 g toprak karışımı olan 500 cc'lik plastik saksılarda gerçekleştirilmiştir. Her saksıya 3 adet İkizce buğday tohumu atılmış ve 3 buğday bitkisi 1 tekerrür olarak kabul edilmiştir. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. *Pratylenchus thornei* popülasyonları için inokulum yoğunluğu 1000 larva+ergin birey kullanılmıştır. *F. culmorum* inokulumunda ise %50 oranında seyreltilmiş kültür filtratu konsantrasyonu her saksıya 5 mL gelecek şekilde uygulanmıştır (Göze Özdemir, 2020). Üç *P. thornei* popülasyonu için deneme ayrı kurulmuş ve 6 uygulamadan oluşmaktadır. Uygulamalar; Nematod ve fungus uygulanmamış kontrol bitkisi (K), Sadece

nematod uygulanmış bitki (N), Sadece fungus uygulanmış bitki (F), Eş zamanlı nematod ve fungus uygulanmış bitki (N+F), Nematod uygulamasından 2 hafta sonra fungus uygulanmış bitki (N+2F), Fungus uygulamasından 2 hafta sonra nematod uygulanmış bitki (F+2N) şeklinde planlanmıştır (Hoseini ve ark., 2010).

Buğdaylarda ilk kardeş yapraklar oluşuktan sonra kök bölgesi etrafına 2-3 cm toprak derinliğine açılan deliklere plastik puarlı pipetler yardımıyla kombine uygulamaların önceliğine göre nematod ya da fungus inokulasyonu yapılmıştır. Bitkiler yaklaşık 7 hafta sonra sökülerek değerlendirme işlemi yapılmıştır. Değerlendirme işlemi; 0-4 hastalık şiddeti (0 = sağlıklı, 1 = %25'den az nekroz, 2 = %25-50 arasında nekroz, 3=%50-75 arasında nekroz ve 4 = % 75'den fazla nekroz) (Wildermuth ve McNamara, 1994), toprak ve kökteki toplam nematod yoğunluğu (PF) ve üreme oranı (PF (final) / Pİ (ilk)) açısından gerçekleştirilmiştir. Topraktaki (300 g toprak) ve kökteki (her saksıdaki tüm kök) *P. thornei* yoğunluğu Baerman huni yöntemi kullanılarak elde edilmiş (Hooper, 1985) ve ışık mikroskopunda (40X) sayılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi için SPSS (versiyon 20.0) programı kullanılmış ve ortalamalar arasındaki farkları test etmek için tek

yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Farklı grup ortalamalarını belirlemek için varyansların homojen olduğu durumlarda "Tukey" kullanılmıştır ($P \leq 0.05$).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Pratylenchus thornei SK11 popülasyonu ve *F. culmorum* etkileşiminde çalışılan buğday çeşidinde hastalık şiddetinde uygulamalar arasında istatistiki fark yoktur ($P \geq 0.05$). SK24 popülasyonu ile *F. culmorum* etkileşiminde yalnız fungus (F), eş zamanlı nematod ve fungus (N+F), nematod uygulamasından 2 hafta sonra fungus (N+2F) ve fungus uygulamasından 2 hafta sonra nematod (F+2N) uygulamalarında hastalık şiddeti birbirine yakın bulunmuştur. *P. thornei* YLVC24 popülasyonu ile *F. culmorum* etkileşiminde F, N+F, N+2F ve F+2N uygulamalarında hastalık şiddeti arasında istatistiki fark yoktur ($P \geq 0.05$). Buğdayda hastalık şiddeti parametresinde uygulama farklılığının önemli olmadığı görülmektedir. SK11, SK24 ve YLVC24 *P. thornei* popülasyonları ile buğdayda kurulan denemelerde hastalık şiddeti parametresinde F, N+F, N+2F ve F+2N uygulamaları arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P \geq 0.05$). Buğdayda *F. culmorum*'un oluşturduğu hastalık şiddetinde *P. thornei* popülasyonları arasında farklılık bulunamamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. *Fusarium culmorum* ve *Pratylenchus thornei* popülasyonları etkileşiminde hastalık şiddeti
Table2. Disease severity in the interaction of *Fusarium culmorum* and *Pratylenchus thornei* populations

Uygulamalar ¹ Treatments ¹	Hastalık şiddeti (Ortalama±Standart hata) ² Disease severity (Mean±Standart error) ²		
	<i>Pratylenchus thornei</i> popülasyonları <i>Pratylenchus thornei</i> populations		
	SK11	SK24	YLVC24
N	-	-	-
F	3.6±0.2 a A	3.6±0.2 a A	3.6±0.2 a A
N+F	4.0±0.0 a A	3.8±0.2 a A	4.0±0.0 a A
N+2F	3.6±0.2 a A	3.8±0.2 a A	3.6±0.2 a A
F+2N	4.0±0.0 a A	3.6±0.2 a A	4.0±0.0 a A
K	-	-	-

¹K: Nematod ve fungus uygulanmamış kontrol bitki, N: Sadece nematod uygulanmış bitki, F: Sadece fungus uygulanmış bitki, N+F: Aynı anda nematod ve fungus uygulanmış bitki, N+2F: Nematod uygulamasından 2 hafta sonra fungus uygulanmış bitki, F+2N: Fungus uygulamasından 2 hafta sonra nematod uygulanmış bitki

²Küçük harfler aynı sütunda ortalamalar arasındaki farklılıkları, büyük harfler aynı satırda ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir ($P \leq 0.05$).

Buğdayda *P. thornei* SK11 popülasyonu ve *F. culmorum* etkileşiminde en yüksek toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı ortalamaları N (8856.0) ve N+F (8872.0) uygulamalarında belirlenirken, SK24 popülasyonu ve *F. culmorum* etkileşiminde en yüksek toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı N+F (12240.0) ve N+2F (11672.0) uygulamalarında bulunmuştur. SK11 ve SK24 popülasyonları ile *F.*

culmorum etkileşiminde en düşük toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı F+2N uygulamasında saptanmıştır. SK11 ve SK24 popülasyonları ile *F. culmorum* etkileşiminde buğdayda ilk olarak *F. culmorum* enfeksiyon oluşturduğunda *P. thornei* popülasyonunun azaldığı görülmektedir. Bu durum *F. culmorum*'un *P. thornei* üzerinde negatif etkileşimini göstermektedir. Ancak SK24 popülasyonunda eş

zamanlı inokulasyonda ve ilk olarak *P. thornei* enfeksiyon oluşturduğunda nematod yoğunluğunun arttığı görülmektedir. *F. culmorum*'un SK24 popülasyonu ile bu 2 uygulamada pozitif etkileşimi belirlenmiştir. *F. culmorum* ve *P. thornei* SK11 ve SK24 popülasyonlarının etkileşiminde *F. culmorum*'un uygulama zamanının etkili olduğu bulunmuştur. YLVC24 popülasyonu ve *F. culmorum* etkileşiminde ise toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı açısından N, N+F, N+2F ve F+2N uygulamaları arasında istatistiki bir fark bulunamamıştır ($P \geq 0.05$). YLVC24 popülasyonu ile *F.*

culmorum arasında pozitif ya da negatif bir etkileşim belirlenmemiştir. N, N+F ve N+2F uygulamalarında en yüksek toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı SK24 popülasyonunda belirlenirken, en düşük YLVC24 popülasyonunda saptanmıştır. F+2N uygulamasında ise toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı açısından SK11 (6.3) ve YLVC24 (6.8) popülasyonları arasında istatistiki olarak bir farklılık bulunamamıştır ($P \geq 0.05$) ve SK24 popülasyonundan (7.9) daha düşük toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. *Fusarium culmorum* ve *Pratylenchus thornei* popülasyonları etkileşiminde toplam nematod yoğunluğu ve üreme oranı
 Table 3. Final nematode density and reproduction rate in the interaction of *Fusarium culmorum* and *Pratylenchus thornei* populations

Toplam nematod yoğunluğu (Ortalama±Standart hata) ² Final nematode density (Mean±Standart error) ²		Üreme oranı (Ortalama±Standart hata) ² Reproduction rate (Mean±Standart error) ²					
		Pratylenchus thornei popülasyonları Pratylenchus thornei populations					
Uygulamalar ¹ Treatments ¹	SK11	SK24	YLVC24	SK11	SK24	YLVC24	
N	8856.0±141.0 ^{a B}	10436.0±446.8 ^{b A}	6694.0±131.0 ^{a C}	8.8±0.1 ^{a B}	10.4±0.4 ^{b A}	6.6±0.1 ^{a C}	
F	-	-	-	-	-	-	
N+F	8872.0±223.4 ^{a B}	12240.0±331.0 ^{a A}	6402.0±348.1 ^{a C}	8.8±0.2 ^{a B}	12.2±0.3 ^{a A}	6.3±0.3 ^{a C}	
N+2F	8088.0±90.4 ^{b B}	11672.0±389.3 ^{ab A}	6488.0±124.0 ^{a C}	8.0±0.0 ^{b B}	11.6±0.3 ^{ab A}	6.4±0.1 ^{a C}	
F+2N	6359.6±266.1 ^{c B}	7924.0±270.6 ^{c A}	6855.6±114.5 ^{a B}	6.3±0.2 ^{c B}	7.9±0.2 ^{c A}	6.8±0.1 ^{a B}	
K	-	-	-	-	-	-	

¹K: Nematod ve fungus uygulanmamış kontrol bitki, N: Sadece nematod uygulanmış bitki, F: Sadece fungus uygulanmış bitki, N+F: Aynı anda nematod ve fungus uygulanmış bitki, N+2F: Nematod uygulamasından 2 hafta sonra fungus uygulanmış bitki, F+2N: Fungus uygulamasından 2 hafta sonra nematod uygulanmış bitki

²Küçük harfler aynı sütunda ortalamalar arasındaki farklılıkları, büyük harfler aynı satırda ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir ($P \leq 0.05$).

Buğdayda *F. culmorum* ile yürütülen denemelerde SK24 popülasyonunun SK11 ve YLVC24 popülasyonlarından daha iyi geliştiği belirlenmiştir. Buğday bitkisinde ilk olarak *F. culmorum* enfeksiyonu gerçekleştiğinde SK11 ve SK24 popülasyonlarında yoğunluklarında azalma görülürken, YLVC24 popülasyonunda negatif bir etki belirlenmemiştir. Nematod penetrasyonunu engelleyecek düzeyde fungus kitlesinin bulunması ya da nematodun beslenmek için seçeceği yerleri fungusun istila etmesi, nematod yoğunluğunun azalmasına neden olabilir (Mokbel ve ark., 2007). SK11 ve SK24 popülasyonları ile yürütülen denemelerde en düşük nematod yoğunluğu *F. culmorum* inokulasyonundan iki hafta sonra *P. thornei* uygulamasında saptanmıştır. Hoseini ve ark. (2010) çay bitkisinde *F. proliferatum* inokulasyonundan iki hafta sonra *P. loosi* uygulamasında en düşük nematod yoğunluğunu saptamışlardır. Saadabi ve Yassin (2007) pamuk bitkisinde *P. sudanensis* ve *F. oxysporum* f.sp. *vasinfectum* ile yürüttükleri çalışmada, toprak ve kökteki toplam nematod yoğunluğunu sadece *P.*

sudanensis uygulamasında en yüksek bulurken, diğer eş zamanlı uygulama ve fungustan 7 gün önce nematod uygulamasında nematod yoğunluğunun düştüğünü belirlerken en fazla düşüşün görüldüğü uygulama nematod enfeksiyonundan 7 gün önce fungus uygulamasında tespit edilmiştir. Göze Özdemir ve ark. (2022) İkizce buğday çeşidinde *P. thornei* ve *F. culmorum*'un eş zamanlı ve ardışık inokulasyonlarını sadece nematod inokulasyonu ile karşılaştırdığında son nematod yoğunluğunun ve üreme oranının önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır. Aynı çalışmada buğdayda N+ F uygulamasında *P. neglectus* yoğunluğunun olumlu yönde etkilendiği bildirilirken, *F. culmorum*'un önce ya da sonra uygulamalarında *P. neglectus* üzerinde olumsuz etki tespit edilmiştir.

Çalışmada en yüksek üreme oranına sahip SK24 popülasyonunda ise buğdayda eş zamanlı inokulasyon ve nematod enfeksiyonundan sonra *F. culmorum* uygulamasında (N+2F) yalnız nematod uygulamasından daha yüksek popülasyon yoğunluğu tespit edilmiştir. Ancak köklerde artan nematod enfeksiyonuna karşın hastalık şiddetinin artmadığı

saptanmıştır. SK24 *P. thornei* popülasyonu ile *F. culmorum* arasındaki etkileşimde nematodun olumlu etkilendiği belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar nematod penetrasyonunun, fungal patojen enzimlerinin köklerde oluşmasıyla arttığını belirtmektedirler (Edmund ve Mai, 1966a, 1966b, 1967; Nord-Meyer ve Sikora, 1983). Al-Hazmi ve ark. (2016) yeşil fasulyede *Macrophomina phaseolina* ve *Meloidogyne javanica* ile yürüttükleri çalışmada eş zamanlı uygulamaların yapıldığı zamanın ve bitki yaşının hastalık şiddeti ve nematod yoğunluğunda önemli olduğunu bildirmektedirler. Rotenberg ve ark. (2004) Russet Burbank patates köklerinde inokulasyondan 16 gün sonra yalnız *P. penetrans* uygulamasında nematod yoğunluğunu 65 birey 3 g-1 yaş kök olarak saptarken, eş zamanlı *P. penetrans* ve *Verticillium dahliae* uygulamasında nematod yoğunluğunu 76 birey 3 g-1 yaş kök olarak tespit etmişlerdir. Hoseini ve ark. (2010), çay bitkisinde *Rhizoctonia solani* ile *P. loosi* eş zamanlı inokulasyonlarında kökteki nematod yoğunluğunu yalnız *P. loosi* inokulasyonundan daha fazla bulmuştur. Eş zamanlı *P. penetrans* ve *F. culmorum* inokulasyonu İkizce buğday çeşidinde son nematod yoğunluğunu pozitif etkilemiştir (Göze Özdemir ve ark., 2022).

En düşük üreme oranı belirlenen YLVC24 popülasyonu ile yürütülen denemelerde uygulamalar arasında nematod yoğunluğunda bir değişim belirlenmemiştir. Ancak F, N+F, N+2F ve F+2N uygulamalarında hastalık şiddeti değerleri SK11 ve SK24 popülasyonları ile aynı bulunmuştur. *Fusarium culmorum* ile *P. thornei* etkileşimlerinde popülasyonların patojenitesinin önemli olduğu görülmektedir. Diğer popülasyonlardan daha düşük üreme oranı olan YLVC24 popülasyonu ile *F. culmorum* arasında bir etkileşim belirlenmemiştir. Hafez ve ark. (1999) *P. neglectus* Ontario, Kanada popülasyonunun *Verticillium dahliae* ile sinerjistik ilişki halinde olduğunu, *P. neglectus* Parma, Idaho popülasyonunun ise *V. dahliae*'yi tetiklemediğini ve verimi azaltmadığını tespit etmişler ve bu farklılığın Idaho popülasyonunun üreme gücünün Ontario popülasyonundan düşük olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Farklı popülasyon yoğunluklarının konukçu bitkilerinin büyüme ve verimine olan etkileri başlangıçtaki nematod yoğunluğuna, türüne, bitkinin duyarlılığına, nematodun üreme gücüne, nem ve nematodlarla etkileşime girebilecek diğer patojen organizmaların varlığı gibi koşullara bağlıdır (Barker ve Olthof, 1976; Seinhorst, 1998; Charegani ve ark., 2012).

Fusarium culmorum'un buğdayda neden olduğu hastalık şiddetinde uygulamalar ve *P. thornei* popülasyonları arasında bir farklılık bulunmamıştır. Bu durum kullanılan *F. culmorum* B4 izolatının yüksek patojenitesinden kaynaklanmış olabilir.

Düşük patojeniteli farklı bir *F. culmorum* izolatı yada B4 izolatı daha düşük yoğunlukta kullanılacağına sonuçlar farklı elde edilebilir. Çünkü çoğu çalışmada nematod varlığında fungusların daha iyi geliştiği ve hastalık şiddetinin arttığı belirtilmektedir (Inagaki ve Powell, 1969; Jin ve ark., 1991; LaMondia, 2003; Mallaiah ve ark., 2014).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Pratylenchus thornei Türkiye ve dünya buğday alanlarında yaygın bulunan kök yara nematodu türüdür. Geniş yayılımına karşın buğdayda *P. thornei* popülasyonları arasındaki intraspesifik farklılıklar ve etkileşimleri ile ilgili az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışma buğdayda *P. thornei* popülasyonlarının patojenite farklılığının *F. culmorum* hastalık etkileşimlerinde önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Çalışmanın diğer bir sonucu da nematod-fungus etkileşimlerinde *P. thornei* popülasyon yoğunluğunun *F. culmorum*'un bitkiyi enfekte ettiği döneme göre değiştiğini göstermiştir. *P. thornei* popülasyonlarının patojenitelerine göre *F. culmorum* ile kurulan etkileşim değişmiştir. Buğdayda düşük patojenite gösteren popülasyon ile *F. culmorum* arasında herhangi bir etkileşim belirlenemezken, daha yüksek patojenite gösteren popülasyonda nematod-fungus arasında sinerjistik etkileşim belirlenmiştir. Buğday tarlalarında *F. culmorum* ile yapılan mücadelenin *P. thornei* popülasyon yoğunluğunu etkileyeceği de görülmektedir. Ekonomik anlamda buğday yetiştirilen alanlarda farklı coğrafik alanlardan alınan popülasyonların patojeniteleri değerlendirilmeli ve patojenitesi yüksek olan popülasyonların dominant olduğu buğday tarlalarında hem fungus hem nematod mücadelesi uygun yönetim stratejileri değerlendirilerek yapılmalıdır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Çalışmayı Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR ve Serife Evrim ARICI tasarlamıştır. Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR laboratuvar ve iklim odasında çalışmaları yürütmüştür. İbrahim Halil ELEKÇİOĞLU ve Serife Evrim ARICI makalenin yazımına katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Al-Hazmi AS, Dawabah AA, Al-Nadhari SN, Al-Yahya FA, Lafi HA 2016. Effects of Seedling Age and Root Wounding on the Charcoal Rot/Root-Knot Disease Complex On Green Bean. Nematropica 46(2): 229-234.

- Arıcı, Ş E 2006. Somaklonal Varyasyondan Yararlanarak İn Vitro Seleksiyonla Buğday (*Triticum aestivum* L.)'da Başak Yanıklığına (*Fusarium* Spp.) Dayanıklı Bitki Elde Edilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 167 sy.
- Armstrong, JS, Pear FB, Pilcher SD 1993. The Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae) and the Lesion Nematode (*Pratylenchus thornei*) on Winter Wheat. Journal of the Kansas Entomological Society 66(1):69-74.
- Back, MA, Haydock PPJ, Jenkinson P 2002. Disease Complexes Involving Plant Parasitic Nematodes and Soilborne Pathogens. Plant Pathology 51(6): 683-697.
- Bagci SA, Hekimhan H, Mergoum M, Aktas H, Taner S, Tulukcu, E, Ekiz H 2001. Effects of Foot and Root Rot Pathogens on Yields of Some Cereal Genotypes and Determination of Resistance Sources. 4th Field Crops Congress 17-21 September, Tekirdağ, Turkey.
- Barker, KR, Olthof, TH 1976. Relationships Between Nematode Population Densities and Crop Responses. Annual Review Of Phytopathology 14(1): 327-353.
- Bhagawati, B, Goswami, BK 2000. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on Tomato. Indian Journal of Nematology 30(1): 93-94.
- Castillo, P, Jimenez-Díaz, RM, Gómez-Barcina, A, Vovlas, N 1995. Parasitism of the Root-Lesion Nematode *Pratylenchus thornei* on Chickpea. Plant Pathology 44: 728-733.
- Castillo P, Vovlas N 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. Nematology Monographs & Perspectives Vol. 6, Brill, Leiden, the Netherlands, 529 pp.
- Charegani, H, Majzoob, S, Hamzehzarghani, H, Karegar-Bide, A 2012. Effect of Various Initial Population Densities of Two Species of *Meloidogyne* on Growth of Tomato and Cucumber in Greenhouse. Nematologia Mediterranea 40(2): 129-134.
- Çepni, E, Tunalı, B, Gürel, F 2013. Genetic Diversity and Mating Types of *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum* originating from Different Agro-Ecological Regions in Turkey. Journal of Basic Microbiology 53(8): 686-694.
- Edmunds, JE, Mai, WF 1966a. Effect of *Trichoderma viride*, *Fusarium oxysporum* and Fungal Enzymes Upon Penetration of Alfalfa Roots by *Pratylenchus penetrans*. Phytopathology 56(10): 1132.
- Edmunds, JE, Mai, WF 1966b. Population Increase of *Pratylenchus penetrans* in Alfalfa and Celery Roots Infected with *Trichoderma viride*. Phytopathology 56(11): 1320.
- Edmunds, JE, Mai, WF 1967. Effect of *Fusarium oxysporum* on Movement of *Pratylenchus penetrans* Toward Alfalfa Roots. Phytopathology 57(5): 468.
- Erginbas-Orakci, G, Morgounov A, Dababat, AA 2018. Determination of Resistance in Winter Wheat Genotypes To The Dryland Root Rots Caused by *Fusarium culmorum* in Turkey. International Journal Of Agriculture And Wildlife Science 4(2): 193 - 202.
- Fosu-Nyarko, J, Jones, MG 2016. Advances in Understanding The Molecular Mechanisms of Root Lesion Nematode Host Interactions. Annual Review of Phytopathology 54: 253-278.
- France, RA, Brodie, BB 1996. Characterization of *Pratylenchus penetrans* from Ten Geographically Isolated Populations Based on Their Reaction on Potato. Journal of Nematology 28(4): 520.
- Göze Özdemir, FG 2020. Isparta ve Burdur İlleri Tahıl Alanlarında Bitki Paraziti Nematodların Belirlenmesi ve Buğdayda Endoparazit Nematodların *Fusarium culmorum* ile Etkileşimlerinin Araştırılması. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doktora tezi, 273 sy.
- Göze Özdemir, FG, Yaşar, B, Elekcioglu, İH 2021. Distribution and Population Density of Plant Parasitic Nematodes on Cereal Production Areas of Isparta and Burdur Provinces of Turkey. Turkish Journal of Entomology 45(1): 53-64.
- Göze Özdemir, FG 2021. Reproductive Fitness of Five *Pratylenchus thornei* Populations From Isparta Province in Turkey on Sterile Carrot Discs, Wheat and Barley Cultivars. International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences 5(1):7-11.
- Göze Özdemir, FG, Yaşar, B, Arıcı, ŞE, Elekcioglu, İH, 2022. Interaction effect of Root Lesion Nematodes and *Fusarium culmorum* Sacc. on the disease complex on some wheat cultivars. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences 32(1): 152-163.
- Hafez, SL, Al-Rehiyani, 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(1): 25-36.
- Hajihassani, A, Maafi, ZT, Hosseinijad, A 2013. Interactions Between *Heterodera filipjevi* and *Fusarium culmorum*, and Between *H. filipjevi* and *Bipolaris sorokiniana* in Winter Wheat. Journal of Plant Diseases and Protection 120(2): 77-84.
- Hassan, GA, Al-Assas, K, Al-Fadil, TA 2012. Interactions Between *Heterodera avenae* and *Fusarium culmorum* On Yield Components Of Wheat, Nematode Reproduction And Crown Rot Severity. Nematropica 42(2): 260-266.
- Hoseini, SMN, Pourjam, E, Goltapeh, EM 2010.

- Synergistic Studies on Interaction of Nematode-Fungal System of Tea Plant in Iran. *Journal Of Agricultural Technology* 6(3): 487-496.
- Hekimhan H, Bağcı SA, Nicol J, Arisoş RZ, Taner S 2004. Dryland Root Rot: A Major Threat To Winter Cereal Production Under Sub-Optimal Growing Conditions. 4th International Crop Science Congress 27 September-01 October, Brisbane, Australia.
- Inagaki, H, Powell, NT 1969. Influence of The Root-Lesion Nematode On Black Shank Symptom Development In Flue-Cured Tobacco. *Phytopathology* 59(10):1350-1355.
- Jin, X, Kotcon, JB, Morton, JB 1991. Research Note: Interactions between *Pratylenchus penetrans* and *Fusarium avenaceum* in Red Clover. *Nematropica* 21(1):105-109.
- LaMondia, JA 2003. Interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Rhizoctonia fragariae* in Strawberry Black Root Rot. *Journal of Nematology* 35(1): 17.
- Mallaiah, B, Muthamilan, M, Prabhu, S, Ananthan, R 2014. Studies on Interaction of Nematode, *Pratylenchus delattrei* and Fungal Pathogen, *Fusarium incarnatum* Associated With Crossandra Wilt in Tamil Nadu, India. *Current Biotica* 8(2): 157-164.
- Mısırlıoğlu, B, Pehlivan, E 2007. Investigations on Effects on Plant Growth and Determination of Plant Parasitic Nematodes Found in Wheat Fields in The Aegean and Marmara Regions. *Bulletin of Plant Protection* 47: 13-29.
- Mokbel, AA, Ibrahim, IKA, Shehata, MRA, El-Saedy, MAM 2007. Interaction Between Certain Root Rot Disease Fungi and Rootknot Nematode *Meloidogyne incognita* on Sunflower Plants. *Egyptian Journal of Phytopathology* 35:1-11.
- 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.
- Nicol, JM, Rivoal, R 2008. Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes. In *Global Knowledge and Its Application for The Integrated Control and Management of Nematodes On Wheat* (Eds Ciancio, A. & Mukerji, K. G.) 243-287.
- Nord-Meyer, D, Sikora, RA 1983. Studies on The Interaction Between *Heterodera daverti*, *Fusarium avenaceum* and *F. oxysporum* on *Trifolium subterraneum*. *Revue De Nematologie* 6(2): 193-198.
- Olthof, TH 1990. Reproduction and Parasitism of *Pratylenchus neglectus* on Potato. *Journal of Nematology* 22(3): 303.
- Ortiz-Monasterio, I, Nicol, J 2004. Effects of The Root-Lesion Nematode, *Pratylenchus thornei*, on Wheat Yields in Mexico. *Nematology* 6(4): 485-493.
- Pasquali, M, Spanu, F, Scherm, B, Balmas, V, Hoffmann, L, Hammond-Kosack, KE, Migheli, Q 2013. FcStuA from *Fusarium culmorum* Controls Wheat Foot and Root Rot in A Toxin Dispensable Manner. *Plos One* 8(2): E57429.
- Pinochet, P, Cenis, JL, 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.
- Riedel, RM 1988. Interactions of Plant-Parasitic Nematodes With Soil-Borne Plant Pathogens. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 24(1-3): 281-292.
- Rotenberg, D, MacGuidwin, AE, Saeed, IAM, Rouse, DI 2004. Interaction of Spatially Separated *Pratylenchus penetrans* and *Verticillium dahliae* on Potato Measured By Impaired Photosynthesis. *Plant Pathology* 53(3): 294-302.
- Saadabi, AM, Yassin, AM 2007. Role Of *Pratylenchus sudanensis*, A Root-Lesion Nematode In The Syndrome of Cotton Wilt In Gezira Area Of Sudan. *Agricultural Journal* 2: 415-418.
- Scherm B, Balmas V, Spanu F, Pani G, Delogu G 2013. *Fusarium culmorum*: the causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Mol Plant Pathol* 14(4):323-341.
- Seinhorst, JW 1998. The Common Relation Between Population Density And Plant Weight in Pot And Microplot Experiments With Various Nematode Plant Combinations. *Fundamental and Applied Nematology* 21(5): 459-468.
- Smiley, RW, Whittaker, RG, Gourlie, JA, Easley, SA 2005. *Pratylenchus thornei* Associated With Reduced Wheat Yield in Oregon. *Journal of Nematology* 37(1): 45.
- Smiley, RW, Nicol, JM 2009. Nematodes Which Challenge Global Wheat Production. *Wheat Science and Trade*, 171-187.
- Tunali, B, Nicol, JM, Hodson, D, Uçkun, Z, Büyük, O, Erdurmuş, D, Bağcı, SA 2008. Root and Crown Rot Fungi Associated With Spring, Facultative, And Winter Wheat in Turkey. *Plant Disease* 92(9): 1299-1306.
- Tiyagi, S.A, Parveen, M 1992. Pathogenic Effect of Root-Lesion Nematode *Pratylenchus thornei* on Plant Growth, Water Absorption Capability, and Chlorophyll Content of Chickpea. *International Chickpea Newsletter* 26: 18-20.
- Thompson, JP, Owen, KJ, Stirling, GR, Bell, MJ 2008. Root-Lesion Nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*): A Review of Recent Progress in Managing A Significant Pest Of Grain Crops In Northern Australia. *Australasian Plant Pathology* 37(3): 235-242.
- Thompson JP, Clewett TG, Sheedy JG, Reen RA, O'Reilly MM 2010. Occurrence of root-lesion

- nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*) and stunt nematode (*Merlinius brevidens*) in the northern grain region of Australia. *Australas Plant Pathol* 39:254–264.
- Toktay, H, Yavuzaslanoğlu, E, İmren, M, Nicol, J, Elekcioğlu, İH, Dababat, A 2012. Screening for resistance to *Heterodera filipjevi* (Madzhidov) Stelter (Tylenchida: Heteroderidae) and *Pratylenchus thornei* (Sher & Allen) (Tylenchida: Pratylenchidae) sister lines of spring wheat. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 36 (4): 455-461.
- Toktay, H, İmren M, Akyol, B, Evlice, E, Riley IT, Dababat, A 2020. Phytophagous Nematodes in Cereal Fields in Niğde Province, Turkey. *Turkish Journal of Entomology* 44 (4): 559-569.
- Wildermuth, GB, McNamara, RB 1994. Testing Wheat Seedlings for Resistance to Crown Rot Caused by *Fusarium graminearum* Group 1. *Plant Disease* 78: 949-953.
- Voss-Fels, KP, Qian, L, Gabur, I, Obermeier, C, Hickey, LT, Werner, CR, Gottwald, S 2018. Genetic Insights into Underground Responses to *Fusarium graminearum* Infection in Wheat. *Nature Scientific Reports* 8(1): 1-10.
- Yıldız, Ş 2007. Studies on the Nematode Fauna and Biodiversity of Şanlıurfa. University of Çukurova, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Plant Protection (Unpublished) Phd Thesis, Adana, Turkey, 102 pp.
- Zuckerman, BM, Mai, WF, Harrison, MB 1985. *Plant Nematology Laboratory Manual*. The University of Massachusetts Agricultural Experiment Station Amherst, Massachusetts 01003, pp. 212.