




**Buğdayda Farklı *Fusarium culmorum* İzolatları ile *Pratylenchus thornei* Etkileşimi**Interaction of Different *Fusarium culmorum* Isolates and *Pratylenchus thornei* on WheatFatma Gül GÖZE ÖZDEMİR<sup>1\*</sup> Şerife Evrim ARICI<sup>2</sup> İbrahim Halil ELEKÇİOĞLU<sup>3</sup>**Öz**

Çalışmada Türkiye'nin Isparta ve Burdur illerinden izole edilen on iki *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. izolatu ile *Pratylenchus thornei* (Sher and Allen), 1953 etkileşimi İkizce buğday çeşidinde kontrollü koşullar altında (25±2°C ve %60±5 nem) araştırılmıştır. Buğdaylarda ilk kardeş yapraklar oluştuktan sonra deneme kurulmuş ve 4 uygulamada denemeler yapılmıştır. Uygulamalar; sadece *P. thornei* uygulaması (N), sadece *F. culmorum* uygulaması (FCUL), eş zamanlı *P. thornei* ve *F. culmorum* uygulaması (N+FCUL) ve *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *F. culmorum* uygulaması (N+2FCUL) olarak yapılmıştır. *Fusarium culmorum* izolatlarının inokulasyonunda her saksıya %50 oranında seyreltilmiş kültür filtratı konsantrasyonundan 5 ml, *P. thornei* popülasyonu için ise 1000 larva+ergin birey inokulum yoğunluğu kullanılmıştır. Değerlendirme işlemi buğdayda hastalık şiddeti ve nematod üreme oranı üzerinden denemenin kurulumundan 8 hafta sonra gerçekleştirilmiştir. Çalışmada N+FCUL ve N+2FCUL uygulamalarına bakıldığında *P. thornei*'nin sadece *F. culmorum*'un YLVC16 izolatında hastalık şiddetinin artışına katkısının olduğu görülmüştür. YLVC16 izolatında hastalık şiddeti skala değeri FCUL uygulamasında 2.4 belirlenirken, N+FCUL ve N+2FCUL uygulamalarında sırasıyla 3.4 ve 3.6 tespit edilmiştir. *Pratylenchus thornei* üreme oranı N uygulamasında 2.5 bulunmuştur. *Fusarium culmorum*'un YLVC16, T21 ve K17 izolatları ile kurulan denemelerinde *P. thornei* üreme oranı N+FCUL uygulamasında sırasıyla 3.1, 3.0 ve 3.3 tespit edilirken, N+2FCUL uygulamasında 3.1, 3.2 ve 3.4 saptanmıştır. Ancak *P. thornei* üreme oranı açısından YLVC16, T21 ve K17 izolatları ile kurulan denemelerde N+FCUL ve N+2FCUL uygulamaları arasında önemli bir farklılık belirlenememiştir. Çalışmada 12 *F. culmorum* izolatu içerisinde sadece üç tanesinin (YLVC16, T21 ve K17) *P. thornei* üreme oranına pozitif katkısı belirlenirken, *P. thornei*'nin ise sadece bir *F. culmorum* izolatının (YLVC16) hastalık şiddetine katkısının olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, *Pratylenchus thornei*, *Fusarium culmorum*, Patojenisite, İnteraksiyon, Sinerjistik etki

<sup>1</sup>\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author, Fatma Gül Göze Özdemir, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye. E-mail: [fatmagoze@isparta.edu.tr](mailto:fatmagoze@isparta.edu.tr)  ORCID: 0000-0003-1969-4041.

<sup>2</sup>Şerife Evrim Arıcı, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye. E-mail: [evrimarici@isparta.edu.tr](mailto:evrimarici@isparta.edu.tr)  ORCID: 0000-0001-5453-5869.

<sup>3</sup>İbrahim Halil ELEKÇİOĞLU, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye. E-mail: [halile@cu.edu.tr](mailto:halile@cu.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-1707-7392.

**Atıf/Citation:** Göze Özdemir, F.G., Arıcı, Ş.E., Elekçioğlu, H.İ. Buğdayda farklı *Fusarium culmorum* izolatları ile *Pratylenchus thornei* etkileşimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 1-11.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2023

## Abstract

In present study, the interaction of twelve *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. isolates from Isparta, Burdur in Turkey and *Pratylenchus thornei* (Sher and Allen),1953 were investigated under controlled conditions ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  and  $60\pm 5\%$  RH) in İkizce wheat cultivar. The experiment was established after the first leaves at tillering on wheat and working with four applications. Applications; only *P. thornei* inoculation (N), only *F. culmorum* inoculation (FCUL), simultaneous inoculation of *P. thornei* and *F. culmorum* (N+FCUL), and *R. solani* inoculation two weeks after *P. thornei* application (N+2FCUL) were made. In the inoculation of *F. culmorum* isolates, 5 ml of 50% diluted culture filtrate concentration was used for each pot, and 1000 larva+adult inoculum density was used for the *P. thornei* population. Evaluation was carried out 8 weeks after the establishment with disease severity and nematode reproduction rate on wheat. When N+FCUL and N+2FCUL applications were examined in the study, it was observed that *P. thornei* contributed to the increase of disease severity only in the YLVC16 isolate of *F. culmorum*. The disease severity scale of YLVC16 isolate was 2.4 in FCUL application, while 3.4 and 3.6 were in N+FCUL and N+2FCUL applications, respectively. The reproduction rate of *P. thornei* was found to be 2.5 in N application. In the experiment established with YLVC16, T21 and K17 isolates of *F. culmorum*, the reproduction rate of *P. thornei* was determined as 3.1, 3.0 and 3.3 in N+FCUL application, while 3.1, 3.2 and 3.4 in N+2FCUL application. Also, in terms of *P. thornei* reproduction rate, no significant difference was determined between N+FCUL and N+2FCUL applications in the experiment established with YLVC16, T21 and K17 isolates. In the present study, it was determined that only three of the 12 *F. culmorum* isolates (YLVC16, T21 and K17) contributed positively to the *P. thornei* reproduction rate, while *P. thornei* contributed to only one *F. culmorum* isolate (YLVC16) disease severity.

**Keywords:** Wheat, *Pratylenchus thornei*, *Fusarium culmorum*, Pathogenicity, Interaction, Synergistic effect

## 1. Giriş

Dünya toplam tahıl üretimi 2.7 milyar ton olup USDA'nın 2020/21 üretim sezonu projeksiyonlarına göre bunun %28'ini buğday üretimi oluştururken, 464 milyon ton olan dünya toplam tahıl ihracatının %42'sini buğday oluşturmaktadır. Buğday ekim alanının %55.3'ünü Hindistan, Rusya, AB, Çin ve ABD oluştururken, bu ülkeler dünya buğday üretiminin %65.4'ünü oluşturmaktadır (USDA, 2021). Son dönemlerde dünyada yaşanan COVID-19 salgını sebebiyle buğday ürünlerine olan talep çok fazla artmaktadır ve buğday, strateji uzmanlarına göre 21. yüzyılın en önemli jeo-ekonomik gücüdür (Koca, 1999; Akdağ ve Zengin, 2020). Türkiye ve gelişmekte olan ülkelerde ekmeclik buğday (*Triticum aestivum* L.) ve makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) temel besin kaynaklarını oluşturmaktadır. TÜİK verilerine göre Türkiye buğday ekim alanı 2019/20 üretim sezonu itibarıyla dünya buğday ekim alanının %3.2'sini oluşturmaktadır. Bu toplam ekilen tahıl alanının %44'ünü teşkil etmektedir. Türkiye'de 2019/20 üretim sezonunda 68.5 milyon da buğday üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2020).

Buğday üretimini bazı abiyotik ve biyotik faktörler sınırlandırmaktadır. Bunlardan abiyotik faktörler; uygun olmayan meteorolojik koşullar, elverişsiz toprak şartları, çevre kirliliği ve hatalı tarımsal işlemlerdir. Biyotik faktörler ise yabancı otlar, zararlılar, nematodlar ve hastalık etmenleridir. Buğdayda birim alandan elde edilecek verimi arttırmak için, verimli ve kaliteli çeşitler uygun şartlarda yetiştirilmeli ve bitki hastalık etmenleri ile mücadeleye de dikkat edilmelidir. Buğday da her yıl hasat edilen ürünün yaklaşık % 20'sinin hastalıklar nedeniyle kaybolduğu tahmin edilmektedir (Araz ve ark., 2009; Köycü ve Sükut, 2018). Buğdayda en çok *Fusarium* spp. (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. nivale*, *F. avenaceum*, *F. poae*), *Rhizoctonia* spp. (*R. solani*, *R. cerealis* ve *R. oryzae*), *Pythium* spp., *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, *Bipolaris sorokiniana*, *Pseudocercospora herpotrichoides* ve *Alternaria* spp.'nin neden olduğu kök ve kök boğazı hastalıkları görülmektedir. Yapılan araştırmalarda *Fusarium* cinsi fungusların enfeksiyonu sonucu ürün kayıplarının %50'ye ulaştığı saptanmıştır (Hekimhan ve ark., 2004; Araz ve ark., 2009; Arıcı ve ark., 2013).

*Fusarium* cinsi içerisinde *F. pseudograminearum*, *F. graminearum*, *F. culmorum* ve *F. avenaceum* virulensi en yüksek türler olarak tespit edilmiştir (Parry, 1990). Bu türler arasında *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. Dünyada ve Türkiye'de buğdayda en önemli patojenlerden biri olarak tespit edilmiştir (Wagacha ve Muthomi, 2007; Hogg ve ark., 2010; Treikale ve ark., 2010; Miedaner ve ark., 2008; Arıcı ve ark., 2013; Köycü ve Sukut, 2018; Erginbas Orakcı ve ark., 2018). *Fusarium* kök çürüklüğü, taç ve alt gövde dokusunun çürümesi ile karakterize edilir, bu da hastalık için uygun koşullar altında buruşmuş veya tanesiz dağınık beyaz başlarla ve sonuçta tane kalitesi ve miktarında azalma ile sonuçlanır (Scherin ve ark., 2013). *Fusarium culmorum*, büyük bir moleküler ve fenotipik çeşitlilik gösterir. Virülenslik, mikotoksin profilleri/üretimi ve konsantrasyonlar izolatlar arasında farklı olabilmektedir (Miedaner ve ark., 1996; Gang ve ark., 1998; Muthomi ve ark., 2000). *Fusarium culmorum* izolatları arasında görülen virülenslik yüksek kalıtsallığa sahip, genetik olarak kararlı bir özelliktir (Miedaner ve ark., 1996). Sıcaklık, yağış ve nem gibi çevresel faktörlerin *Fusarium* spp. popülasyonu ve hastalık şiddeti üzerinde önemli bir etkisi vardır (Vigier ve ark., 1997). Agresif *Fusarium* ırklarının buğdayı hastalandırma yeteneği, kültürde veya enfekte dokularda büyük miktarlarda trikotesen üretme yetenekleriyle ilgilidir (Hestbjerg ve ark., 2002; Scherin ve ark., 2011). *Fusarium culmorum* tarafından üretilen trikotesen mikotoksinleri (DON, nivalenol (NIV), 3-acetyldeoxynivalenol, acetyl T-2 toxin, zearalenone (ZON) ve fusarins), konukçu bitkiler tarafından aktive edilen savunma mekanizmalarını engelleyerek hastalığın yayılmasından sorumludur (Demeke ve ark., 2005; Llorens ve ark., 2006; Wagacha ve Muthomi, 2007).

*Pratylenchus thornei* (Sher and Allen), 1953 (Tylenchida: Pratylenchidae) dünyada ve Türkiye'de ekonomik olarak önemli bir bitki paraziti nematod türü olarak tespit edilmiştir (Mokrini ve ark. 2019; Fanning ve ark., 2020; Kasapoğlu ve ark., 2014; Kasapoğlu Uludamar ve ark., 2018; Yavuzaslanoglu ve ark., 2012, 2020; Toktay ve ark., 2020; Göze Özdemir, 2021; Göze Özdemir ve ark., 2021). *Pratylenchus thornei* stileti yardımıyla bitki kök dokusuna giriş yapan ve kök korteks hücrelerinin sitoplazmasından besinleri çekmek için hücre içine göç eden hareketli endoparazit bir nematod türüdür (Channale ve ark., 2021). Beslenmenin ve kök hücrelerinin içinde üremenin neden olduğu hasar nedeniyle su stresi, bodurluk, solma, klorozlu yapraklar gibi besin eksikliğinde görülen belirtiler ortaya çıkmaktadır (Castillo ve Vovlas, 2007; Thompson ve ark., 2012; Whish ve ark., 2014). Ayrıca kök lezyon nematodlarının bitkilerde penetrasyon ve beslenme sürecinde açtığı yaraların toprak kaynaklı patojenler için giriş kaynağı olduğu belirtilmektedir (LaMondia, 2003; Hoseini ve ark., 2010; Da Silva, 2010; Mallaiha ve ark., 2014).

Bitki paraziti nematodlar ve fungusların etkileşimleri nematod ve fungus türü, yoğunluğu, üreme gücü, patojenite özelliği, bitki türü/çeşidi, bitki yaşı ve toprak tipi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Saeed ve ark.,1998; Hafez ve ark., 1999; Agu ve Ogbuji, 2000; Back ve ark., 2002; Antoon ve ark., 2009; Hoseini ve ark., 2010; Charegani ve ark., 2012; Hassan ve ark., 2012; Hajihassani ve ark., 2013a,b). Nematod ve fungus arasındaki sinerjistik etkileşimde bitki zarar görürken, antagonistik etkileşim ise bitkiye olumlu yansımaktadır (Back ve ark., 2002). 4,15-diacetylinalenol ve 4,15 diacetoxyscirpenol (DON) bileşiklerini üreten *Fusarium* türlerinin bitki paraziti nematodlara karşı toksik etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Rotter, 1996; Nitao ve ark., 2001). Taheri ve ark. (1994), buğdayda *P. neglectus* varlığında *F. oxysporum*, *F. equiseti* ve *F. acuminatum*'un köklerdeki hastalık şiddetinin arttığı ancak; nematod yoğunluğunun başlangıç inokulasyon yoğunluğundan daha düşük olduğunu bildirmiştir. Başka çalışmada Hoseini ve ark. (2010), çay bitkisinde *Rhizoctania solani* ve *F. proliferatum*'un *P. loosi* yoğunluğunda önemli artışa neden olurken, *F. pallidum* ve *Scletotium rolfsii*'nin *P. loosi* popülasyon yoğunluğuna etkisinin olmadığını ve *R. solani*'nin *P. loosi* ile yüksek sinerjistik ilişki içerisinde olduğunu saptamışlardır. Göze Özdemir ve ark. (2022a), İkizce buğday çeşidinde *P. thornei*, *P. neglectus* ve *P. penetrans* ile *F. culmorum* B4 izolatu ile eş zamanlı ve ardışık inokulasyonlar ile yürüttüğü çalışmada aralarındaki etkileşimde, kök lezyon nematodlarının türleri arasında farklılıklar tespit etmiş ve buğdayda nematod gelişiminde *F. culmorum* uygulama zamanının önemli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca buğdayda kontrollü koşullarda üç *P. thornei* popülasyonu (SK11, SK24 ve YLVC24) ile *F. culmorum* B4 izolatu'nun interaksiyonunun araştırıldığı çalışmada sadece SK24 popülasyonu ile *F. culmorum* arasında sinerjistik etkileşim bulunmuştur (Göze Özdemir ve ark., 2022b). *Fusarium culmorum* izolatları arasında görülen patojenite farklılıklarının bitki paraziti nematodlarla ilişkileri değiştirebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada kontrollü koşullar altında İkizce buğday çeşidinde *P. thornei* popülasyonu ile on iki *F. culmorum* izolatu arasındaki etkileşimin eşzamanlı ve ardışık inokulasyonlarla belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışma buğday tarlalarından izole edilen on iki *F. culmorum* izolatu (G14, K8, YLVC16, SK20, CAV6, T21, GOL2, GOL18, YOVA22, YOVA27, YOVA21, K17) ve *P. thornei* SK24 izolatu ile İkizce buğday çeşidi kullanılarak yürütülmüştür. *Pratylenchus thornei* popülasyonu daha önce yürütülen çalışmadan sağlanmış (Göze Özdemir, 2021) ve kitle üretimleri ISUBU Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarında Zuckerman (1985) yöntemiyle havuç disklerinde devam ettirilmiştir. *F. culmorum* izolatları Isparta ve Burdur illerinden buğday ve arpa tarlalarından kök ve kökboğazı ile sap bölgesinde çürüklük şeklinde hastalık belirtileri gösteren bitki materyallerinden izolasyonu gerçekleştirilmiş ve morfolojik teşhisleri yapılmıştır (Booth, 1971; Nelson ve ark., 1983; Leslie ve Summerell, 2006). Çalışmada kullanılan *F. culmorum* izolatları'nın orijinleri *Tablo 1*'de verilmiştir.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Nematod İnokulumunun Hazırlanması

*Pratylenchus thornei* SK24 izolatu'nun 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 elde 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 ergin+larva ışık mikroskobu altında 40X büyütmede sayılmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılacak nematod yoğunluğu ayarlanarak saf su içeren eppendorf tüpler içerisinde +4 °C de buzdolabında bekletilmiştir.

#### 2.2.2. Fungus İnokulumunun Hazırlanması

On iki *F. culmorum* izolatu'nun kültür filtratı hazırlanmıştır. Kültür filtratında PDB (Potato Dextrose Broth, Neogen®) ortamı kullanılmış olup, 50 ml PDB içeren 250 ml'lik erlenlerde otoklavda 1.2 atm basınçta, 121 °C'de 20 dk. sterilize edilmiştir. Daha önce Patates Dekstroz Agar (PDA-Merck ®) ortamında gelişen 7-10 günlük her bir *F. culmorum* izolatu'nun fungus kolonisinden 5-7 adet (1 cm'lik) erlenmayer içerisine konulmuş ve laboratuvarında 25 ±1 C'de karanlıkta 21 gün boyunca bekletilmiştir (Bhagawati 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 erlenmayeri içerisine çekilmiştir. Saf kültür filtratı, distile su yardımıyla %50 oranında seyreltilmiş ve denemede bu konsantrasyon kullanılmıştır (Göze Özdemir, 2020).

**Tablo1. Denemede kullanılan *Fusarium culmorum* izolatları**

Table 1. *Fusarium culmorum* isolates used in the experiment

İzolat	İzole edildiği yer	İzole edildiği bitki	Koordinat	Yükseklik (m)
G14	Gelendost/Isparta	Buğday	N: 38°12'02.7''/ E: 030°59'30.7''	1064
K8	Keçiborlu/Isparta	Buğday	N: 37°58'48.6''/ E: 030°17'45.0''	1163
YLVC16	Yalvaç/Isparta	Arpa	N: 38°19'54.8''/ E: 031°09'50.7''	1143
SK20	Şarkikaraağaç/Isparta	Arpa	N: 38°04'59.9''/ E: 031°24'14.5''	1211
CAV6	Çavdır/Burdur	Buğday	N: 37°06'55.8'' / E: 029°42'41.5''	1066
T21	Tefenni/Burdur	Buğday	N: 37°15'14.0''/ E: 029°45'13.3''	1178
GOL2	Göhlisar/Burdur	Arpa	N: 37°05'00.8''/ E: 029°31'39.1''	985
GOL18	Göhlisar/Burdur	Buğday	N: 37°09'04.5''/ E: 029°36'59.7''	970
YOVA21	Yeşilova/Burdur	Arpa	N: 37°31'25.2''/ E: 029°39'7.3''	1169
YOVA22	Yeşilova/Burdur	Arpa	N: 37°31'19.8''/ E: 029°38'55.3''	1158
YOVA27	Yeşilova/Burdur	Buğday	N: 37°32'10.6''/ E: 029°37'11.6''	1183
K17	Karamanlı/Burdur	Arpa	N: 37°22'58.4''/ E: 029°53'36.8''	1118

### 2.2.3. Buğdayda *Fusarium culmorum* İzolatlarının *Pratylenchus thornei* Popülasyonu ile Etkileşimlerinin Belirlenmesi

Denemede kullanılan toprak karışımı (% 68 kum, % 21 Silt ve % 11 kil) otoklavda steril edildikten sonra 500 cc'lik plastik saksılara 500 g toprak karışımı konulmuş ve kontrollü koşullar altında 25±2°C sıcaklık ve %60±5 orantılı nem içeren iklim odasına yerleştirilmiştir. Her saksıya 3 adet İkizce buğday tohumu atılmış ve 3 buğday bitkisi 1 tekerrür olarak kabul edilmiştir. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. *Pratylenchus thornei* popülasyonu için inokulum yoğunluğu 1000 larva+ergin birey kullanılırken, *F. culmorum* izolatlarının inokulumunda her saksıya 5 ml konsantrasyon kullanılmıştır (Göze Özdemir, 2020). Her *F. culmorum* izolatu için deneme ayrı ayrı kurulmuş ve 4 uygulamadan oluşmuştur. Ayrıca buğday bitkilerine sadece *F. culmorum* uygulaması ile izolatların patojeniteleri araştırılmıştır. Uygulamalar; sadece *P. thornei* uygulanmış bitki (N), sadece *F. culmorum* uygulanmış bitki (FCUL), eş zamanlı *P. thornei* ve *F. culmorum* uygulanmış bitki (N+FCUL), ve *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *F. culmorum* uygulanmış bitki (N+2FCUL) şeklinde planlanmıştır (Hoseini ve ark., 2010). Buğdaylarda ilk kardeş yapraklar oluştuktan sonra deneme kurulmuştur. Nematod inokulasyonu buğday kök bölgesi etrafına 2-3 cm toprak derinliğine açılan deliklere plastik puarlı pipetler yardımıyla yapılırken, fungus inokulumu toprak yüzeyine mezür yardımıyla dökülmüştür. Bitkiler yaklaşık 8 hafta sonra sökülerek değerlendirme işlemi yapılmıştır. Değerlendirme işlemi; 0-4 hastalık şiddeti (0 = sağlıklı, 1 = %25'den az nekroz, 2 = %25-50 arasında nekroz nekroz,3=%50-75 arasında nekroz ve 4 = % 75'den fazla nekroz) (Wildermuth ve McNamara, 1994) ve nematod üreme oranı (RF=PF (final)/ Pİ (ilk)) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Üreme oranı hesaplamak için kullanılan PF değeri toprak ve kökten geliştirilmiş Baerman huni yöntemiyle elde edilen nematodların yoğunluğudur (Göze Özdemir, 2020).

### 2.2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi için SPSS (versiyon 20.0) programı kullanılmış ve ilgili çalışma tesadüf parselleri deneme modeline göre yapılmıştır. Farklı grup ortalamalarını belirlemek için varyansların homojen olduğu durumlarda "Tukey testi" kullanılmıştır ( $P \leq 0,05$ ).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada sadece *F. culmorum* uygulamasında (FCUL), buğdayda *F. culmorum* izolatlarının patojenitelerinde farklılıklar belirlenmiştir. FCUL uygulaması değerlendirildiğinde en düşük hastalık şiddeti skala değeri 1.0 ile G14 izolatında belirlenirken, en yüksek skala değeri 3.6 ile K17 izolatında bulunmuş, bunu YOVA27 (3.4) ve CAV6 (3.4) izolatları takip etmiştir. Isparta ilinden elde edilen *F. culmorum* izolatlarının (G14, K8, YLVC16, SK20) hastalık şiddeti skala değeri 1.0-2.4 aralığında belirlenmiştir. Burdur ilinden elde edilen *F. culmorum* izolatlarının 4'ünün (CAV6, T21, YOVA27, K17) hastalık şiddeti skala değerleri 3.0-3.6 arasında bulunmuştur. GOL2, GOL18, YOVA21 ve YOVA22 izolatlarının skala değerleri 1.2-2.2 arasında saptanmıştır. Burdur ili Gölhisar ilçesinden izole edilen GOL2 (1.8) ve GOL18 (2.2) izolatların patojeniteleri birbirine yakın bulunurken, Yeşilova ilçesinden arpa bitkisinden izole edilen YOVA22 (2.2) ve YOVA21 (2.2) ile buğdaydan izole edilen YOVA27 (3.4) izolatlarının patojenitelerinde önemli farklılık belirlenmiştir. Burdur ili Yeşilova ilçesinde buğdaydan izole edilen YOVA27 *F. culmorum* izolatının daha patojenik olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

Eş zamanlı *P. thornei* ve *F. culmorum* uygulaması (N+FCUL) ve *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *F. culmorum* uygulaması (N+2FCUL) sadece FCUL uygulamasıyla karşılaştırıldığında hastalık şiddetinde artış olmasına rağmen YLVC16 izolatı hariç diğer 11 izolatta uygulamalar arasında istatistiki bir fark belirlenmemiştir ( $P \geq 0,05$ ). YLVC16 izolatında hastalık şiddeti skala değeri N+FCUL uygulamasında 3.4 bulunurken, N+2FCUL uygulamasında 3.6 tespit edilmiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ( $P \geq 0,05$ ). Ancak YLVC16 izolatında FCUL (2.4/0-4 skala) uygulamasının hastalık şiddeti skala değeri 2.4 bulunmuş ve N+FCUL ile N+2FCUL uygulamalarından düşük değerde tespit edilmiştir. İkizce buğday çeşidinde sadece YLVC16 *F. culmorum* izolatında *P. thornei*'nin hastalık şiddetine katkısı olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2. İkizce Buğday Bitkisinde *Fusarium culmorum* İzolatları ve *Pratylenchus thornei* Etkileşiminde Hastalık Şiddeti**

Table 2. Disease Severity in the Interaction of *Fusarium culmorum* Isolates and *Pratylenchus thornei* in İkizce Wheat Cultivar

<i>Fusarium culmorum</i> izolatları	Uygulama		
	<i>Fusarium culmorum</i> hastalık şiddeti ortalaması $\pm$ Standart Hata		
	FCUL	N+FCUL	N+2FCUL
<b>G14</b>	1.0 $\pm$ 0.3 e*	1.4 $\pm$ 0.2 e	1.6 $\pm$ 0.2 d
<b>K8</b>	2.2 $\pm$ 0.3 b-e	2.6 $\pm$ 0.2 b-e	2.6 $\pm$ 0.2 bc
<b>YLVC16</b>	2.4 $\pm$ 0.2 a-d B	3.4 $\pm$ 0.2 abc A	3.6 $\pm$ 0.2 ab A
<b>SK20</b>	1.8 $\pm$ 0.2 c-e	2.0 $\pm$ 0.0 e	2.4 $\pm$ 0.2 cd
<b>CAV6</b>	3.4 $\pm$ 0.2 ab	3.6 $\pm$ 0.2 ab	4.0 $\pm$ 0.0 a
<b>T21</b>	3.0 $\pm$ 0.3 abc	3.2 $\pm$ 0.2 a-d	3.6 $\pm$ 0.2 ab
<b>GOL2</b>	1.8 $\pm$ 0.2 c-e	2.2 $\pm$ 0.2 de	2.6 $\pm$ 0.2 bc
<b>GOL18</b>	2.2 $\pm$ 0.2 b-e	2.4 $\pm$ 0.2 cde	2.6 $\pm$ 0.2 bc
<b>YOVA21</b>	1.2 $\pm$ 0.3 de	1.8 $\pm$ 0.2 e	2.2 $\pm$ 0.2cd
<b>YOVA22</b>	2.2 $\pm$ 0.3 b-e	2.4 $\pm$ 0.2 cde	2.6 $\pm$ 0.2 bc
<b>YOVA27</b>	3.4 $\pm$ 0.2 ab	3.8 $\pm$ 0.8 a	4.0 $\pm$ 0.0 a
<b>K17</b>	3.6 $\pm$ 0.2 a	4.0 $\pm$ 0.0 a	4.0 $\pm$ 0.0 a

FCUL: Sadece *F. culmorum* uygulanmış bitki, N+FCUL: Eş zamanlı *P. thornei* ve *F. culmorum* uygulanmış bitki, N+2FCUL: *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *F. culmorum* uygulanmış bitki

\* Küçük harfler aynı sütunda ortalamalar arasındaki farklılıkları, büyük harfler aynı satırdaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir ( $P \leq 0.05$ )

İkizce buğday çeşidinde sadece *P. thornei* uygulamasında üreme oranı 2.5 belirlenmiştir. YLVC16, T21 ve K17 izolatları ile kurulan denemelerde eş zamanlı nematod ve fungus uygulaması (N+FCUL) ile nematod

uygulanmasından 2 hafta sonra fungus uygulamalarında (N+2FCUL) *P. thornei* üreme oranında artış tespit edilmiştir. Ancak *P. thornei* üreme oranı YLVC16, T21 ve K17 izolatları ile kurulan denemelerde N+FCUL ve N+2FCUL uygulamaları arasında istatistiki fark bulunamamıştır. Diğer dokuz izolatta N, N+FCUL ve N+2FCUL uygulamalarında *P. thornei* üreme oranlarında bir değişim belirlenmemiştir. *Fusarium culmorum* YLVC16 (3.1), T21 (3.2) ve K17 (3.4) izolatları'nın *P. thornei* gelişimine pozitif katkısı olduğu belirlenmiştir ve *P. thornei* popülasyonunun üreme oranında artış gözlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3. İkizce Buğday Çeşidinde *Fusarium culmorum* İzolatları ve *Pratylenchus thornei* Etkileşiminde Nematod Üreme Oranı**

Table 3. Nematode Reproduction Rate in the Interaction of *Fusarium culmorum* Isolates and *Pratylenchus thornei* in İkizce Wheat Cultivar

<i>Fusarium culmorum</i> izolatları	Uygulama		
	(Pratylenchus thornei üreme oranı ortalaması±Standart hata)		
	N	N+FCUL	N+2FCUL
<b>G14</b>	2.5±0.1 a*	2.6±0.0 b	2.6±0.1 c
<b>K8</b>	2.5±0.1a	2.6±0.2 b	2.6±0.0 c
<b>YLVC16</b>	2.5±0.1a B	3.1±0.1 ab A	3.1±0.0 abc A
<b>SK20</b>	2.5±0.1a	2.6±0.1 b	2.7±0.1 bc
<b>CAV6</b>	2.5±0.1a	2.7±0.1 b	2.8±0.1 bc
<b>T21</b>	2.5±0.1 aB	3.0±0.0 ab A	3.2±0.1 ab A
<b>GOL2</b>	2.5±0.1a	2.6±0.2 b	2.7±0.0 bc
<b>GOL18</b>	2.5±0.1a	2.7±0.0 b	2.8±0.0 bc
<b>YOVA21</b>	2.5±0.1a	2.8±0.0 b	2.8±0.1 bc
<b>YOVA22</b>	2.5±0.1a	2.7±0.2 b	2.7±0.1 bc
<b>YOVA27</b>	2.5±0.1a	2.6±0.1 b	2.8±0.1 bc
<b>K17</b>	2.5±0.1a B	3.3±0.0 a A	3.4±0.0 a A

N: Sadece *P. thornei* uygulanmış bitki, N+FCUL: Eş zamanlı *P. thornei* ve *F. culmorum* uygulanmış bitki, N+2FCUL: *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *F. culmorum* uygulanmış bitki

\* Küçük harfler aynı sütunda ortalamalar arasındaki farklılıkları, büyük harfler aynı satırdaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

Çalışmada *F. culmorum* YLVC16 izolatı'nın buğdayda *P. thornei* üreme oranına pozitif katkısı belirlenirken, *P. thornei*'nin de YLVC16 hastalık şiddetini arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 2;3). Buğdayda YLVC16 izolatı ve SK24 *P. thornei* izolatı arasında sinerjistik ilişki belirlenmiştir. *Pratylenchus thornei*'nin buğdayda *F. culmorum* T21 izolatı'nın hastalık şiddetine pozitif katkısı belirlenememiş, ancak T21 izolatı'nın *P. thornei* üreme oranını arttırdığı saptanmıştır (Tablo 3). K17 izolatının buğdayda sadece *F. culmorum* uygulamasında yüksek patojenite gösterdiği dolayısıyla nematodla birlikte olduğu uygulamalarda da en yüksek skala değerini aldığı için aralarında istatistiki olarak fark bulunamamıştır. Ayrıca K17 izolatı'nın SK24 *P. thornei* izolatı'nın üreme oranına pozitif katkısı belirlenmiştir (Tablo 3). *Fusarium culmorum* K17 izolatı ve SK24 *P. thornei* izolatı arasında da sinerjistik ilişki olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada üç *F. culmorum* (YLVC16, T21 ve K17) izolatının buğdayda *P. thornei* ile eş zamanlı inokulasyonu ve nematod inokulasyonundan 2 hafta sonra uygulanması durumunda nematod yoğunluğunu artırması sonucu üreme oranının arttığı saptanmıştır. Rotenberg ve ark. (2004) Russet Burbank patates köklerinde inokulasyondan 16 gün sonra yalnız *P. penetrans* uygulamasında nematod yoğunluğunu eş zamanlı *P. penetrans* ve *Verticillium dahliae* uygulamasından daha düşük tespit etmişlerdir. Hoseini ve ark. (2010), çay bitkisinde *F. proliferatum*'un *P. loosi* yoğunluğunda önemli artışa neden olduğunu bulmuştur. Mallaiah ve ark. (2014), kontrollü koşullarda crossandra çiçeğinde *P. delattrei* (1 adet/g) ve *F. incarnatum* (%3)'ün patojen uygulamasından 7 gün önce nematod uygulandığında 150 gün sonra nematod popülasyonunda %90.5 artış bulurken, yüzde solgunluk oranını 58.3 olarak saptamışlar ve denemedeki en yüksek oran olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada buğdayda *P. thornei*'nin *F. culmorum*'un sadece YLVC16 nolu izolatında hastalık şiddetine katkısı olduğu bulunmuştur. Dokuz *F.culmorum* izolatında (G14, K8, SK20, CAV6, GOL2, GOL18, YOVA21, YOVA22,YOVA27) ise buğdayda eş zamanlı *P. thornei* ve *F. culmorum* uygulaması ile *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *F. culmorum* uygulamasında hastalık şiddeti skala değerinin artmadığı saptanmıştır.

Kök lezyon nematodlarının açtığı yaraların toprak kaynaklı patojenlerin enfeksiyon oranını artırdığı bildirilmiştir (Hoseini ve ark., 2010; Da Silva, 2010; Mallaiyah ve ark., 2014). Göze Özdemir ve ark. (2022a), İkizce buğday çeşidinde *P. thornei*'nin *F. culmorum* B4 izolatı'ndan önce ve eş zamanlı olarak bitkiye inokulasyonunda hastalık şiddetine olumlu etki yaptığını belirlemişlerdir. Ancak bu çalışmada *P. thornei*'nin tüm denemelerde buğday köklerinde enfeksiyon oluşturmaya rağmen *F. culmorum* izolatlarının hastalık şiddetine olumlu katkısı belirlenmemiştir. Ayrıca buğdayda SK11, SK24 ve YLVC24 *P. thornei* popülasyonları ile kurulan denemelerde hastalık şiddeti parametresinde yalnız fungus, eş zamanlı ve ardışık nematod fungus uygulamaları arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır (Göze Özdemir ve ark., 2022b). Bazı çalışmalarda laboratuvar koşullarında bazı *Fusarium* türlerinin ve *F. culmorum*'un bitki paraziti nematodlara karşı toksik etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Rotter ve ark., 1996; Nitao ve ark., 2001; Athman, 2006; Vu ve ark., 2006; Göze Özdemir ve ark., 2018, 2021). Ancak çalışmada *F. culmorum* izolatları ile *P. thornei* arasında antagonistik bir ilişki de saptanamamıştır.

Çalışmada *F. culmorum* yüksek virülensliği ile nematod-fungus etkileşimlerinde doğrudan ilişki bulunamamıştır. Patojenite denemesinde virülent bulunan CAV6 ve YOVA27 izolatları'nda beklenen aksine *P. thornei* ile herhangi bir interaksiyon belirlenmemiştir. YLVC16 izolatı'nın virülensi FCUL uygulamasında CAV6 ve YOVA27 izolatlarından daha düşük olmasına rağmen *P. thornei* ile sinerjistik etkileşim kurduğu belirlenmiştir (Tablo 2;3). Bu durum nematod ve fungus ilişkilerinin oldukça spesifik ve birçok faktöre bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda mikotoksin profilleri ve konsantrasyonlarının *F. culmorum* izolatları arasında farklılık gösterdiği belirtilmektedir (Miedaner ve ark., 1996; Gang ve ark., 1998; Muthomi ve ark., 2000). Bu farklılıkların nematod etkileşimlerinde önemli olabileceği düşünülmektedir. Yapılan araştırmalarda fungusun virülenslik derecesi buğdayı enfekte etme yeteneği, kültürde veya enfekte dokularda büyük miktarlarda trikotesen üretme yetenekleriyle ilgili olduğu belirlenmiş olmasına rağmen (Hestbjerg ve ark., 2002; Scherm ve ark., 2011), korelasyonun her zaman doğrudan olmadığı belirtilmiştir (Gang ve ark., 1998).

#### 4. Sonuç

*Fusarium culmorum* YLVC16 ve K17 izolatları ile *P. thornei* arasında buğdayda sinerjistik ilişki bulunurken, diğer izolatlarda herhangi bir etkileşim saptanamamıştır. *Fusarium culmorum*'un virülent olarak belirlenen tüm izolatları ile *P. thornei* arasında bir etkileşim belirlenmemiştir. Buğdayda *F. culmorum* ve *P. thornei* etkileşiminin oldukça spesifik, kompleks ve birden çok faktöre bağlı olduğu düşünülmektedir. *Pratylenchus thornei* ve *F. culmorum* etkileşiminde fungus virülensliğinin doğrudan ilişkili olduğu düşünülmemektedir. Ancak *F. culmorum* izolat farklılığının *P. thornei* ile kurulan etkileşimde önemli olduğu saptanmıştır. *Fusarium culmorum* izolatına bağlı olarak *P. thornei* ile kurulan sinerjistik veya antagonistik ilişki düzeyinin değişebileceği belirlenmiştir. İzolatların mikotoksin profilleri ve konsantrasyonlarının farklılık gösterebileceği bilinmekte ve bu farklılıkların nematod-fungus etkileşimlerinde daha önemli olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden *F. culmorum* izolatlarının mikotoksin profillerinin belirlenmesi ve ayrı ayrı nematod etkileşimlerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır.



## Kaynakça

- Agu, C.M., Ogbuji, R.O. (2000). Effects of *Meloidogyne javanica* and *Rhizoctonia solani* alone and in combination on soybean in ferrallitic soils of eastern Nigeria. *Tropenlandwirt*, 101:91–97.
- Akdağ, M.N., Zengin, M. (2020). Artan dozlarda bakır sülfat ve azot uygulamalarının ekmeçlik buğdayda verim ile kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına etkileri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(2):149-161.
- Antoon, B.G., Aljboory, M.H., Stephan, Z.A. (2009). Effect of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* and its interaction with some pathogenic soil fungi in seed germination and tobacco seedlings growth of different ages. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 14:200-207.
- Araz, A., Bayram, M.E., Babaroğlu, E.N. (2009). Determination of disease agents which cause root and foot-rot diseases in some wheat varieties of Sakarya Province. *Plant Protection Bulletin*, 49(1):31-43.
- Arıcı, Ş.E. (2006). *In Vitro Selection for Resistsans to Head Blight (Fusarium Spp.) Via Somaclonal Variation in Wheat (Triticum aestivum L.)* (Ph. D. Thesis) University of Çukurova Institute Of Natural and Applied Sciences Department of Plant, Adana.
- Arıcı, Ş.E., Arap, Ü., Yatağan F.B. (2013). Isparta ve Burdur illeri buğday ekim alanlarındaki kök ve kök boğazı fungal hastalık etmenlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2):26-30.
- Athman, S.Y. (2006). *Host-endophyte-pest interactions of endophytic Fusarium oxysporum antagonistic to Radopholus similis in banana (Musa spp.)* (Ph. D. Thesis) In the Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of Pretoria Pretoria, South Africa, 224 pp.
- Back, M.A., Haydock, P.P.J., Jenkinson, P. (2002). Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. *Plant Pathology*, 51(6):683-697.
- Bhagawati, B., Goswami, B. K., Singh, C. S. (2000). Management of disease complex of tomato caused by *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* through bioagent. *Indian Journal of Nematology*, 30(1):16-22.
- Booth, C. (1971). The Genus *Fusarium* Common wealth Mycological Institute, Key, Surrey, England. 237 pp.
- Castillo, P., Vovlas, N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. In: Nematology monographs and perspectives 6 (eds. D.J. Hunt and R.N. Perry). Brill, Leiden. pp. 529.
- Channale, S., Kalavikatte, D., Thompson, J.P., Kudapa, H., Bajaj, P., Varshney, R.K., Thudi, M. (2021). Transcriptome analysis reveals key genes associated with root-lesion nematode *Pratylenchus thornei* resistance in chickpea. *Scientific Reports*, 11(1):1-11.
- 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*, 40:129-134.
- Da Silva M.P. (2010). Interactions Between Lesion Nematodes and Corn Pathogens. Iowa State University. ProQuest Dissertations Publishing, Ames, Iowa, 109 pp.
- Demeke, T., Clear, R.M., Patrick, S.K., Gaba D. (2005). Species-specific PCR based assays for the detection of *Fusarium* species and a comparison with the whole seed agar plate method and trichothecene analysis. *International Journal of Food Microbiology*, 103:271-284.
- Erginbas-Orakci, G., Sehgal, D., Sohail, Q., Ogbonnaya, F., Dreisigacker, S., Pariyar, S.R., Dababat, A.A. (2018). Identification of novel quantitative trait loci linked to crown rot resistance in spring wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(9):2666,17 pp.
- Fanning, J.P., Reeves, K.L., Forknall, C.R., McKay, A.C., Hollaway, G.J. (2020). *Pratylenchus thornei*: The relationship between presowing nematode density and yield loss in wheat and barley. *Phytopathology*, 110(3):674-683.
- Gang, G., Miedaner, T., Schuhmacher, U., Schollenberger, M., Geiger, H.H. (1998). Deoxynivalenol and nivalenol production by *Fusarium culmorum* isolates differing in aggressiveness toward winter rye. *Phytopathology*, 88:879-884.
- Göze Özdemir, F.G., Arıcı, Ş.E., Yaşar, B., Elekciöğlü, İ.H. (2018). Effect of *Fusarium culmorum* spore suspension on mortality of root lesion nematodes in vitro conditions. *Black Sea Journal of Agriculture*, 1(2):29-33.
- Göze Özdemir, F.G., 2020. *Determination of plant parasitic nematodes in cereal areas of Isparta and Burdur provinces and investigation of the interaction of the endoparasitic nematodes with Fusarium culmorum in wheat.* (Unpublished Ph.D. Thesis) Isparta University of Applied Sciences the Institute of Graduate Education Department of Plant Protection, Isparta, Turkey, 273 pp. (in Turkish with abstract in English)
- Göze Özdemir F.G. (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, F.G., Yaşar, B., Elekciöğlü, İ.H. (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, F.G., Yaşar, B., Arıcı, Ş.E., Elekciöğlü, İ.H. (2022a). Interaction effect of root lesion nematodes and *Fusarium culmorum* Sacc. on disease complex in some wheat cultivars. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1):152-163.
- Göze Özdemir, F.G., Arıcı, Ş.E., Elekciöğlü, İ.H. (2022b). Buğday bitkisinde üç *Pratylenchus thornei* Popülasyonunun *Fusarium culmorum* ile interaksyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(5):1042-1050.
- Hafez, S.L., 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*, 29:25– 36.

- Hajihassani, A., Maafi, Z.T., Hosseinijad, A. (2013a). 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.
- Hajihassani, A., Smiley, R.W., Afshar, F.J. (2013b). Effects of co-inoculation with *Pratylenchus thornei* and *Fusarium culmorum* on growth and yield of winter wheat. *Plant Disease*, 97(11):1470-1477.
- Hasan A. (1988). Interaction of *Pratylenchus coffeae* and *Pythium aphanidermatum* and/or *Rhizoctonia solani* on chrysanthemum. *Phytopathologische Zeitschrift*, 123:227-232.
- Hassan, G.A., Al-Assas, K., Abou Al-Fadil, T. (2012). Interactions between *Heterodera avenae* and *Fusarium culmorum* on yield components of wheat, nematode reproduction and crown rot severity. *Nematologica*, 42 (2):260-266.
- Hekimhan, H., Bagci, A., Nicol, J., Arisoy, Z., Taner, S., Sahin, 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.
- Hestbjerg, H., Felding, G., Elmholt, S. (2002). *Fusarium culmorum* infection of barley seedlings: correlation between aggressiveness and deoxynivalenol content. *Journal of Phytopathology*, 150 (6): 308-316, 150 pp.
- Hogg, A.C., Johnston, R.H., Johnston, J.A., Klouser, L., Kephart, K.D., Dyer, A.T. (2010). Monitoring *Fusarium* crown rot populations in spring wheat residues using quantitative real-time polymerase chain reaction. *Phytopathology*, 100(1):49-57.
- Hoseini, S.M.N., Pourjam, E., Goltapeh, E.M. (2010). Synergistic studies on interaction of nematode-fungal system of tea plant in Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 6(3):487-496.
- Kasapoğlu, E.B., Imren, M., Elekçioğlu, İ.H. (2014). Plant parasitic nematode species found on important cultivated plants in Adana. *Turkish Journal of Entomology*, 38(3):333-350.
- Kasapoğlu Uludamar, E.B., Yıldız, Ş., Imren, M., Öcal, A., Elekçioğlu, İ.H. (2018). Occurrence of plant parasitic nematode species in important crops in the Southeast Anatolia Region of Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 42(1):63-74.
- Koca Y. (1999). Yüzyılın Jeoekonomik gücü tahılın üretimi, ticareti ve uluslararası ilişkilere etkileri. *Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu*, 8-11 Haziran, Bahri Dağdaş Milletlerarası Kışlık Hububat Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Konya, Sf: 539-546.
- Köycü, N.D., Sukut, F. (2018). Buğdayda *Fusarium culmorum*'a ruhsatlı olmayan fungusitlerin patojen üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2):26-35.
- LaMondia, J.A. (2003). Interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Rhizoctonia fragariae* in strawberry black root rot. *Journal of Nematology*, 35(1):17.
- Leslie, J.F., Summerell, B.A. (2006). *Fusarium* laboratory workshops—a recent history. *Mycotoxin Research*, 22(2), 73-74.
- Llorens, A., Hinojo, M.J., Mateo, R., Gonzalez-Jaen, M.T., Valle-Algarra, F.M., Logrieco, A., Jimenez, M. (2006). Characterization of *Fusarium* spp. isolates by PCR-RFLP analysis of the intergenic spacer region of the rRNA gene (rDNA). *International Journal of Food Microbiology*, 1106:287-306.
- 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.
- Miedaner, T., Cumagun, C.J.R., Chakraborty, S. (2008). Population genetics of three important head blight pathogens *Fusarium graminearum*, *F. pseudograminearum* and *F. culmorum*. *Journal of Phytopathology*, 156:129– 139.
- Miedaner, T., Schilling, A.G. (1996). Genetic variation of aggressiveness in individual field populations of *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum* tested on young plants of winter rye. *European Journal of Plant Pathology*, 102(9):823-830.
- Mudioppe, J., Coyne, D.L., Adipala, E., Sikora, R.A. (2004). Monoxenic culture of *Pratylenchus sudanensis* on carrot disks, with evidence of differences in reproductive rates between geographical isolates. *Nematology*, 6(4):617-619.
- Muthomi, J.W., Schutze, A., Dehne, H.W., Mutitu, E.W., Oerke, E.C. (2000). Characterization of *Fusarium culmorum* isolates by mycotoxin production and aggressiveness to winter wheat. *Journal of Plant Disease Protection*, 107:113–123.
- Mokrini, F., Viaene, N., Waeyenberge, L., Dababat, A.A., Moens, M. (2019). Root-lesion nematodes in cereal fields: importance, distribution, identification, and management strategies. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 126(1):1-11.
- Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Marasas, W.F.O. (1983). *Fusarium* Species: An Illustrated Manual for Identification. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, USA, 193 pp.
- Nitao, J.K., Meyer, S.L., Schmidt, W.F., Fettingner, J.C., Chitwood, D.J. (2001). Nematode-antagonistic trichothecenes from *Fusarium equiseti*. *Journal of Chemical Ecology*, 27(5):859-869.
- Parry, D.W. (1990). The incidence of *Fusarium* spp. in stem bases of selected crops of winter wheat in the Midlands, UK. *Plant Pathology*, 39(4):619-622.
- Rotenberg, D., MacGuidwin, A.E., Saeed, I.A.M., Rouse, D.I. (2004). Interaction of spatially separated *Pratylenchus penetrans* and *Verticillium dahliae* on potato measured by impaired photosynthesis. *Plant Pathology*, 53(3):294-302.
- Rotter, B.A. (1996). Invited review: Toxicology of deoxynivalenol (vomitoxin). *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 48(1):1-34.

- Saeed, I.A.M., MacGuidwin, A.E., Rouse, D.I. (1998). Effect of initial nematode population density on the interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Verticillium dahliae* on 'Russet burbank' potato. *Journal of Nematology*, 30(1):100.
- Scherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M., Migheli, Q. (2013). *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14(4):323-341.
- Scherm, B., Orru, M., Balmas, V., Spanu, F., Azara, E., Delogu, G., Migheli, Q. (2011). Altered trichothecene biosynthesis in TRI6-silenced transformants of *Fusarium culmorum* influences the severity of crown and foot rot on durum wheat seedlings. *Molecular Plant Pathology*, 12(8):759-771.
- Taheri, A., Hollamby, G.J., Vanstone, V.A., Neate, S.M. (1994). Interaction between root lesion nematode, *Pratylenchus neglectus* (Rensch 1924) Chitwood and Oteifa 1952, and root rotting fungi of wheat. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 22(2):181-185.
- Thompson, J.P., Mackenzie, J., Sheedy, G.H. (2012) Root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) reduces nutrient response, biomass and yield of wheat in sorghum–fallow–wheat cropping systems in a subtropical environment. *Field Crops Research*, 137:126– 140.
- TUİK (2020). <https://www.tuik.gov.tr/bitkiseluretmistatistikleri/bugday>. (Erişim tarihi:01.11.2021)
- Treikale, O., Priekule, I., Javoisha, B., Lazareva, L. (2010) Fusarium head blight: distribution in wheat in Latvia. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 75:627– 634.
- Toktay, H., İmren, M., Akyol, B., Evlice, E., Riley, I.T., Dababat, A. (2020). Phytophagous nematodes in cereal fields in Niğde Province, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 44 (4):559-569.
- Wagacha, J.M., Muthomi, J.W. (2007). *Fusarium culmorum*: infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*, 26:877–885.
- Whish, J.P.M., Thompson, J.P., Clewett, T.G., Lawrence, J.L., Wood, J. (2014). *Pratylenchus thornei* populations reduce water uptake in intolerant wheat cultivars. *Field Crops Research*, 161:1-10.
- Wildermuth, G.B., McNamara, R.B. (1994). Testing wheat seedlings for resistance to crown rot caused by *Fusarium graminearum* Group 1. *Plant Disease*, 78:949-953.
- USDA (2021). [https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays\\_Reports/reports/wtrc0121.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/wtrc0121.pdf). (Erişim tarihi:01.11.2021)
- Vigier, B., Reid, L.M., Seifert, K.A., Stewart, D.W., Hamilton, R.I. (1997) Distribution and prediction of Fusarium species associated with maize ear rot in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 19:60–65.
- Vu, T., Hauschild, R., Sikora, R.A. (2006). *Fusarium oxysporum* endophytes induced systemic resistance against *Radopholus similis* on banana. *Nematology*, 8(6):847-852.
- Yavuzaslanoglu, E., Elekçioğlu, I.H. Nicol, J.M., Yorgancılar, O., Hodson, D. (2012). Distribution, frequency and occurrence of cereal nematodes on the Central Anatolian Plateau in Turkey and their relationship with soil physicochemical properties. *Nematology*, 14(7): 839-854.
- Yavuzaslanoglu, E., Karaca, M.S., Sönmezoğlu, Ö.A., Öcal, A., Elekçioğlu, I.H., Aydoğdu, M. (2020). Occurrence and abundance of cereal nematodes in Konya and Karaman Provinces in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 44(2):223-236.
- Zuckerman, B.M. (1985). Nematode Embryology and Development. Plant Nematology Laboratory Manual. Amherst, MA, USA, University of Massachusetts Agricultural Experimental Station, 101-105.