

## Buğdayda *Pratylenchus thornei* ve *Rhizoctonia solani* Etkileşimi

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR\*<sup>1</sup>, Şerife Evrim ARICI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 30.12.2021, Kabul / Accepted: 08.05.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.08.2022)

### Anahtar Kelimeler

Buğday,  
Kök çürüklüğü,  
Hastalık kompleksi,  
Nematod-fungus  
interaksiyonu

**Öz:** Çalışma kontrollü koşullar altında 2021 yılının Mart-Temmuz ayları arasında *Pratylenchus thornei* ve *Rhizoctonia solani*'nin buğday üzerinde eş zamanlı ve ardışık inokulasyonlarıyla 6 farklı uygulama ile yürütülmüştür. Buğday tohumlarının ekiminden 10 gün sonra uygulama önceliğine göre nematod ve fungus inokulasyonu gerçekleştirilmiştir. *Pratylenchus thornei* için inokulum yoğunluğu 1000 larva+ergin birey kullanılırken, *R. solani* için hazırlanan kepek kültüründen steril saksı toprağına %5 oranında karıştırılmıştır. Bitkiler yaklaşık 7 hafta sonra sökülerek değerlendirme işlemi *R. solani* hastalık şiddeti, *R. solani*'nin topraktaki yoğunluğu, toprak ve kökteki toplam nematod yoğunluğu (PF) ve *P. thornei* üreme oranı (PF (final)/Pİ (ilk)) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Eş zamanlı *R. solani* ve *P. thornei* (N+F) uygulaması (4840 birey /kök) ile *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* (N+2F) uygulamasında (4946 birey/kök) kökteki nematod yoğunluğunun yalnız nematod (N) uygulaması (4166 birey/kök)'nden yüksek olduğu tespit edilmiştir. *Pratylenchus thornei*'nin en düşük üreme oranı *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* (F+2N) uygulamasında (6.7) bulunurken, N (7.0), N+F (7.4) ve N+2F (7.4) uygulamalarının üreme oranları birbirine yakın saptanmıştır. Sadece *R. solani* uygulamasının (% 40.2) hastalık şiddeti N+F (% 48.6) ve N+2F (% 50.4) uygulamalarından daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç buğdayda *P. thornei*'nin *R. solani*'nin neden olduğu kök çürüklüğü hastalığını arttırdığını göstermektedir.

## Interaction of *Pratylenchus thornei* and *Rhizoctonia solani* on Wheat

### Keywords

Wheat,  
Root rot,  
Disease complex,  
Nematode-fungus interaction

**Abstract:** The present study was carried out with simultaneous and sequential inoculations of *Pratylenchus thornei* and *Rhizoctonia solani* on wheat with 6 different applications under controlled conditions between March and July 2021. Nematode and fungus inoculation was carried out ten days after sowing the wheat seeds according to the application priority. One thousand larva+adult from *P. thornei*, and 5% of the bran culture prepared with *R. solani* were mixed into sterile potting soil. Plants were removed after about 7 weeks and the evaluation was carried out on *R. solani* disease severity, *R. solani* density in soil, total nematode density in soil and root (PF) and *P. thornei* reproduction rate (PF (final)/PI (initial)). It was determined that the nematode density in the root was higher in simultaneous inoculation of *R. solani* and *P. thornei* (N+F) (4840 individuals/root) and *R. solani* inoculation 2 weeks after *P. thornei* (N+2F) (4946 individuals/root) applications than the *P. thornei* application alone (N) (4166 individuals/root). While the lowest reproduction rate of *P. thornei* was found in the application of *P. thornei* (6.7) which was performed two weeks after the application of *R. solani* (F+2N), the reproduction rates of *P. thornei* were found to be close to each other in N (7.0), N+F (7.4) and N+2F (7.4) applications. The disease severity of only *R. solani* application (40.2 %) was found lower than N+F (48.6 %) and N+2F (50.4 %) applications. These results show that *P. thornei* increases root rot disease caused by *R. solani* on wheat.

### 1. Giriş

İnsanlar için önemli bir besin kaynağı olan buğday serin ve ılıman ülkelerde bulunan temel bir tahıl

mahsulüdür. Buğday üretiminde bitki hastalıklarına neden olan bazı patojenler ürün kaybına neden olmaktadır [1]. Bu patojenler arasında yer alan *Rhizoctonia* türleri buğdayda genel olarak çökerten,

\*İlgili yazar: fatmagoze@isparta.edu.tr

kök ve sap çürüklüğü, yaprak ve kın yanıklığı, cüceleşme ve kardeşlenmede azalmaya sebep olmaktadır [2]. Hastalık nedeniyle bitkilerin kümeler halinde ölmesi ya da gelişme geriliği göstermesi sonucu tarlada açık yama (bare patch) adı verilen ve çapları birkaç metreye ulaşan boşluklar meydana gelmektedir [3]. *Rhizoctonia* türleri saprofitik rekabetçiliği, patojenik özellikleri, çok hızlı gelişimi ve geniş konukçu dizisi nedeniyle mücadelesi zor olan patojenlerdir [4]. Dünyada yapılan çalışmalarda tahıllarda *R. solani*, *R. oryzae*, *R. zaeae* ve *R. cerealis* türleri patojen olarak bulunmuştur [5-9]. Ancak başta buğday olmak üzere tahılları etkileyen en yaygın türler *R. solani* ve *R. cerealis*'dir [10, 11]. *Rhizoctonia solani* buğdayda Amerika Birleşik Devletlerinin Pasifik bölgesinde, Güney Afrika, Avustralya, Türkiye, Kanada [12], Birleşik Krallık [13], Asya ve Afrika [14,15], Okyanusya [16] ve Kuzey Amerika [17]'de coğrafik dağılım göstermektedir. Türkiye'de buğdayda *R. solani* ve anastomosis grupları farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir [8, 12, 18, 19].

*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 [20-23]. Türkiye'de de buğday üretim alanlarında *P. thornei*'nin en yaygın tür olduğu tespit edilmiştir [23, 24]. *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 [25]. Beslenmenin ve kök hücrelerinin içinde üremenin neden olduğu hasar nedeniyle su stresi, bodurluk, solma, klorozlu yapraklar gibi besin eksikliğinde görülen belirtiler ortaya çıkmaktadır [26]. Ayrıca kök lezyon nematodlarının bitkilerde penetrasyon ve beslenme sürecinde açtığı yaraların toprak kaynaklı patojenler için giriş kaynağı olduğu belirtilmektedir [27, 28]. *Pratylenchus thornei*'nin buğdayda Avustralya'da %85, Meksika'da %37, İsrail'de %70 ve ABD'de %50 kadar verim kaybına neden olduğu saptanmıştır [29-31].

Kültür bitkilerinde hastalık gelişiminin patojen, konukçu ve mevcut çevre koşulları arasındaki karmaşık etkileşimlere bağlı olduğu bilinmektedir [32]. Bir bitki aynı anda birden çok bitki patojeni ve zararlı tarafından istila edilebilir. Bitki patojeni funguslar ve nematodlar aynı bitkide birlikte ortaya çıktıklarında bağımsız olarak hareket edebilir ve hasar ve verim üzerinde ilave bir etkiye neden olabilir veya sırasıyla daha fazla ve daha az hasara yol açan sinerjistik veya antagonistik bir şekilde birbirleriyle etkileşime girebilirler [33, 34]. Bitki paraziti nematod ve fungus etkileşimlerinin arkasında birkaç olası mekanizma vardır. Birincisi; bitki paraziti nematodlar, konukçu bitkinin köklerinde fungus hiflerinin enfekte olmasını kolaylaştıran çeşitli lezyonlara veya konukçu bitkide kök salgılarının artışına yol açan fizyolojik

değişikliklere neden olabilmektedirler [35, 36]. İkincisi; artan yan kök sayısı ve fungusları çekebilecek kök eksüdatlarının kimyasal bileşimindeki değişiklikler fungus enfeksiyonuna duyarlılığı artırabilmektedir [37, 38]. Üçüncüsü; fungus enfeksiyonu, daha büyük nematod popülasyonlarına yol açabilen konukçu direncinin bozulmasına veya azalmasına neden olabilir [34, 38]. *Rhizoctonia solani* ile daha özelleşmiş beslenme davranışına sahip bitki paraziti nematodlar arasındaki etkileşimler üzerine çalışmalar mevcuttur. Yapılan bir sera çalışmasında *Heterodera avenae* ve *R. solani*'nin buğday bitkisi üzerindeki etkilerinin, her iki patojenin buğday bitkisinde birlikte olduğunda, her birinin ayrı ayrı bulunduğundan daha fazla olduğu gözlenmiştir [39]. Patateste *R. solani* ile enfekteli stolonlarda, köklere saldiren patates kist nematod larvalarının (*Globodera rostochiensis* ve *G. pallida*) yoğunluğunun daha yüksek olduğu belirtilmektedir [40, 41]. Kök ur nematodları ile *R. solani* etkileşimi farklı konukçularda çalışılmıştır ve bu çalışmaların çoğunda bu iki önemli patojen arasında sinerjik bir etkileşim olduğu bildirilmektedir [42-46].

Kök lezyon nematodları ve *R. solani* ile yürütülen az sayıda çalışma bulunmuştur. *Pratylenchus penetrans* ve *R. solani* ile enfekteli arazilerde patates bitkisinde yumru veriminin düşük oranda olduğu bulunmuştur [47]. Patateste yürütülen başka bir çalışmada ise *P. neglectus* ve *R. solani* arasında herhangi bir etkileşim bulunamamıştır [48]. Buğdayda *R. solani* varlığında kökteki *P. neglectus* popülasyon yoğunluğunun daha yüksek olduğu bildirilmektedir [49]. *Rhizoctonia solani* ve *P. penetrans*'ın patateste verim kaybı üzerinde ilave bir etkisinin olduğu ve fungus ile nematodların patates bitkisinin farklı kısımlarında birbirini farklı şekillerde etkilediği, ancak kesin mekanizmaların hala açıklığa kavuşturulmayı beklediği rapor edilmiştir [34].

Tahıl alanlarında dünyada ve Türkiye'de *R. solani* yaygın bir patojen olarak bildirilmesine rağmen yine tahıl alanlarında ekonomik olarak önemli zarar oluşturan ve yaygın bulunan *P. thornei* arasındaki etkileşim ile ilgili ayrıntılı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'den izole edilen *R. solani* ve *P. thornei* izolatlarının kontrollü koşullar altında buğdayda etkileşiminin araştırılmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Nematod popülasyonu olarak *P. thornei* SK24 popülasyonu kullanılmış [21], nematodun kitle üretimleri ISUBU Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarında Verdejo-Lucas ve Pinochet [50] yöntemiyle havuç disklerinde yapılmıştır. Çalışmanın diğer materyali olan *R. solani* izolatu Burdur Yeşilova ilçesinden toplanan buğday

köklerinden elde edilmiş, morfolojik ve mikroskopik karakterlerine bakılarak tanı ve teşhisi yapılmıştır [51-53]. Çalışma İkizce buğday çeşidinde yürütülmüştür.

## 2.2. Nematod inokulumunun hazırlanması

*Pratylenchus thornei* SK24 izolatının kitle üretimin gerçekleştirildiği havuç diskleri ayrı ayrı 120 mm Petri kutularına aktarılmıştır. Aktarılan havuç diski küçük parçalara bölünmüş ve Petri kutusunu 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 [54]. 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 100X büyütmede sayılmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılacak nematod yoğunluğu ayarlanarak saf su içeren ependorf tüpler içerisinde buzdolabında bekletilmiştir.

## 2.3. Fungus inokulumunun hazırlanması

Üçyüz g buğday kepek kültürü 1000 ml'lik cam şişede saf su ile nemlendirilerek otoklavda 1.2 atmosfer basıncında, 121°C'de 20 dakika bir gün arayla 2 kez steril edilmiştir. *Rhizoctonia solani* izolatı PDA besiyerinde 24°C'de 7 gün geliştirilmiş ve bunlardan alınan 5 mm çapındaki 16 miselyum diski buğday kepek kültürüne aktarılmış ve 15 gün, 24°C'de 14 saat ışık ve 10 saat karanlık koşullarda inkubasyona bırakılmıştır. Elde edilecek inokulumun homojen olabilmesi için gün aşırı çalkalanmıştır. Daha sonra denemenin yapılacağı toprağa % 5 oranında (1/19) karıştırılarak patojenle bulaşık topraklar elde edilmiştir [55].

## 2.4. Buğdayda *Pratylenchus thornei* ve *Rhizoctonia solani* etkileşiminin belirlenmesi

Çalışma 2021 yılının Mart-Temmuz ayları arasında kontrollü koşullar altında 25±2°C sıcaklık ve %60±5 orantılı nem içeren iklim odasında yürütülmüştür. Denemede otoklav edilmiş 500 g toprak karışımı olan 500 cc'lik plastik saksılar kullanılmıştır. Her saksıya 3 adet İkizce buğday tohumunun ekimi yapılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü ve her tekerrürde 3 buğday bitkisi olacak şekilde kurulmuştur. *Pratylenchus thornei* için inokulum yoğunluğu olarak 1 ml'lik saf su süspansiyonu içerisinde 1000 larva+ergin birey kullanılmıştır [56]. *Rhizoctonia solani* için hazırlanan inokulum steril saksı toprağına %5 oranında karıştırılmıştır [57]. Buğday tohum ekiminden 10 gün 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. Kontrol olarak nematod ve fungus uygulanmamış bitkiler kullanılmıştır. Çalışma 6 uygulamadan oluşmaktadır. Uygulamalar; Kontrol (K), Sadece *P. thornei* uygulaması (N), Sadece *R. solani* uygulaması (F), Eş zamanlı *P. thornei* ve *R. solani* uygulaması (N+F), *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* uygulaması (N+2F) ve *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulaması (F+2N) şeklinde planlanmıştır [27].

Bitkiler yaklaşık 7 hafta sonra sökülerek değerlendirme işlemi yapılmıştır. Değerlendirme işlemi; *R. solani* hastalık şiddeti, *R. solani*'nin topraktaki yoğunluğu (cfu/ g toprak), toprak ve kökteki toplam nematod yoğunluğu (PF) ve *P. thornei* üreme oranı (PF (final)/Pİ (ilk)) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Toprak ve kökteki nematodların elde edilmesinde Baerman huni yöntemi kullanılmıştır [54]. Toprak analizinde 100 g toprak kullanılırken, kökte her bir buğday bitkisinin tüm kökü kullanılmıştır. Hastalık değerlendirmesinde Aktaş ve Bora [58]'nin skala değeri kullanılmış (0: bitki sağlam, 1: kökte %1-15 sararma, 3: %16-40 sararma, 5: %41-70 sararma, 7: %71-100 sararma) ve hastalık şiddeti Tawsend-Heuberger formülü ile hesaplanmıştır [59]. Tawsend-Heuberger formülü: Hastalık şiddeti (%) =  $[\sum (n.V) / Z.N \times 100]$ , n: skalada farklı hastalık derecelerine isabet eden örnek adedi, V: skala değeri, Z: en yüksek skala değeri, N: gözlem yapılan toplam örnek adedi

## 2.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi için SPSS (versiyon 20.0) programı kullanılmış ve çalışma Tek-Yönlü Sınıflandırma/One-Way Anova/ Tesadüf Parselleri Deneme modeline göre yapılmıştır. Farklı grup ortalamalarını belirlemek amacıyla varyansların homojen olduğu durumlarda "Tukey" kullanılmıştır (p≤0,05).

## 3. Bulgular

Çalışmada İkizce buğday çeşidinde *P. thornei*'nin toprak yoğunluğunda *R. solani* ile farklı şekilde yapılan uygulamalar arasında fark bulunamazken, kökteki yoğunlukta farklılıklar görülmüştür. *Rhizoctonia solani* uygulamasından 2 hafta sonra nematod uygulamasında kökteki *P. thornei* yoğunluğunun (3800 birey/kök) sadece nematod uygulamasından (4166 birey/kök) daha düşük olduğu belirlenmiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (p≤0.05). Eş zamanlı *R. solani* ve *P. thornei* uygulaması (4840 birey /kök) ile *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* uygulamasında (4946 birey/kök) kökteki nematod yoğunluğunun yalnız nematod uygulaması ile karşılaştırıldığında önemli oranda arttığı saptanmıştır. Toprak ve kökteki toplam nematod yoğunluğu incelendiğinde yine eş zamanlı (7462 birey/kök) ve *P. thornei* uygulamasından

**Tablo 1.** İkizce buğday çeşidinde *Pratylenchus thornei* ve *Rhizoctonia solani* etkileşiminin nematod yoğunluğu ve üreme oranına etkisi

Uygulama <sup>1</sup>	Topraktaki nematod	Kökteki nematod	Toplam nematod	Üreme oranı
	yoğunluğu / 500 g	yoğunluğu/ kök	yoğunluğu (toprak+kök)	
Ortalama±Standart hata				
K	-	-	-	-
N	2838.0±212.3 a	4166.0±135.1 b	7004.0±179.4 ab	7.0±0.1 ab
F	-	-	-	-
N+F	2616.0±243.2 a	4840.0±113.0 a	7462.0±138.7 a	7.4±0.1 a
F+2N	2900.0±124.7 a	3800.0±62.9 c	6700.0±130.3 b	6.7±0.1 b
N+2F	2490.0±149.7 a	4946.0±76.9 a	7436.0±194.2 a	7.4±0.1 a

<sup>1</sup>K: Kontrol, N: Sadece *P. thornei* uygulaması, F: Sadece *R. solani* uygulaması, N+F: Eş zamanlı *P. thornei* ve *R. solani* uygulaması, N+2F: *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* uygulaması, F+2N: *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulaması

\* Aynı sütundaki küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farklılıkları gösterir (p≤0.05).

2 hafta sonra *R. solani* uygulamasında (7436 birey/kök) yoğunluğun yalnız nematod (7004 birey/kök) uygulamasından yüksek olduğu görülmüş ancak aralarında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p≥0.05). En düşük üreme oranı 6.7 ile *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulamasında tespit edilmiştir. *Pratylenchus thornei* üreme oranı bakımından sadece nematod (7.0), eş zamanlı nematod (7.4) ve fungus inokulasyonu ile nematod uygulamasından 2 hafta sonra fungus uygulamasında (7.4) istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p≥0.05) (Tablo 1).

**Tablo 2.** İkizce buğday çeşidinde *Pratylenchus thornei* ve *Rhizoctonia solani* etkileşiminin hastalık şiddetine etkisi

Uygulama <sup>1</sup>	<i>Rhizoctonia solani</i>	
	Hastalık şiddeti	yoğunluğu (cfu/g toprak)
Ortalama±Standart hata		
K	-	-
N	-	-
F	40.2±1.8 b	1482.0±53.3 b
N+F	48.6±2.4 a	1794.0±37.0 a
F+2N	43.4±3.0 ab	1544.1±40.5 b
N+2F	50.4±1.7 a	1828.0±40.2 a

<sup>1</sup>K: Kontrol, N: Sadece *P. thornei* uygulaması, F: Sadece *R. solani* uygulaması, N+F: Eş zamanlı *P. thornei* ve *R. solani* uygulaması, N+2F: *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* uygulaması, F+2N: *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulaması

\* Aynı sütundaki küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farklılıkları gösterir (p≤0.05).

Hastalık şiddetinde eş zamanlı uygulama (% 48.6), *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* (% 50.4) ve *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulamaları arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır (p≥0.05). Ancak İkizce buğday çeşidinde *R. solani* hastalık şiddetinin nematod ile fungusun beraber olduğu bu uygulamalarda sadece fungus uygulamasından daha yüksek olduğu saptanmıştır. *Pratylenchus thornei*'nin *R. solani* hastalık şiddetine olumlu anlamda katkısının olduğu görülmektedir. Eş zamanlı (1794.0 cfu/ g toprak) ve *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* (1828.0 cfu/ g toprak) uygulamalarının topraktaki *R.*

*solani* yoğunluğu ise sadece *R. solani* (1482.0 cfu/ g toprak) ve *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulamasından daha yüksek tespit edilmiştir. *Pratylenchus thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* uygulamasının topraktaki *R. solani* yoğunluğu *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulamasından daha yüksek belirlenmiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p≤0.05) (Tablo 2).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada *R. solani* uygulama zamanının *P. thornei* nematod üremesinde önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Çalışmada buğdayda eş zamanlı uygulama ve *P. thornei* uygulamasından 2 hafta sonra *R. solani* uygulamasında kökteki *P. thornei* yoğunluğunda artış bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada kökteki patojenlerin nematodların köke giriş ve yumurtadan çıkışı etkileyerek nematod popülasyonunu arttırdığı belirtilmektedir [60]. Hoseini et al. [27] çay bitkisinde *R. solani* ile *P. loosi*'nin eş zamanlı ve ardışık inokulasyonlarında kökteki nematod yoğunluğunu yalnız *P. loosi* uygulamasından daha yüksek olarak bulmuştur. Patateste *R. solani* ile enfekteli stolonlarda köklere saldıran patates kist nematodları larvalarının yoğunluğunun daha yüksek olduğu belirtilmektedir [40, 41]. Ayrıca yapılan bu çalışmada *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulamasında kökteki *P. thornei* yoğunluğunun yalnız nematod uygulamasının yoğunluğunun daha da altına düştüğü belirlenmiştir. Buna nematod penetrasyonunu engelleyecek düzeyde fungus kitlesinin bulunması ya da nematodun beslenmek için seçeceği yerleri fungusun istila etmesi neden olabilir [43]. Ayrıca Varian [61] nematodların çürüyen kökten çıkarak toprağa yönelmelerinin bunun sonucunda da nematod üremesinin azaldığını bildirmektedir. Farklı araştırmacılar farklı konukçularda *R. solani* varlığında kök ur nematodunun meydana getirdiği ur oluşumunun ve nematod popülasyonunun azaldığını belirtmiştir [44-46, 62]. Ayrıca Göze Özdemir ve Arıcı [63], *in vitro* çalışmalarında *R. solani* kültür filtratının *Meloidogyne incognita* ve *M. hapla* yumurtadan çıkışını sırasıyla %86.3 ve %76.7

oranında baskımlarken, yumurta paketinden çıkışı sırasıyla %67.0 ve %54.2 oranında baskıladığını bulmuşlardır. Ayrıca aynı araştırmacılar 2. dönem larva üzerinde ölüm oranını *M. incognita* da %93.8, *M. hapla* da %83.2 olarak bildirmişlerdir. Bu sonuçlar *R. solani*'nin kök ur nematodu üzerinde nematodsal etkisinin olduğunu göstermektedir.

*Rhizoctonia solani* ve *P. thornei*'nin birlikte olduğu uygulamaların hastalık şiddeti sadece *R. solani* uygulamasından daha yüksek olarak bulunurken, topraktaki *R. solani* yoğunluğunda sadece *R. solani* ve *R. solani* uygulamasından 2 hafta sonra *P. thornei* uygulaması arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Eş zamanlı uygulama ve *P. thornei* inokulasyonundan 2 hafta sonra *R. solani* uygulamalarında hastalık şiddeti ve topraktaki *R. solani* yoğunluğu önemli oranlarda artmıştır. Bu nematod beslenmesi sonucu kök eksüdatlarının ve rizosfer genişliğinin artması ile fungus kök temas sayısının artmasından kaynaklanabilir [35, 36]. Bir diğer neden de kök eksüdatlarının kimyasal bileşiminde meydana gelen değişiklikler sonucu fungus enfeksiyonuna duyarlılığın artması olabilir [37, 38]. Yapılan bu çalışmada buğdayda eş zamanlı *P. thornei* ve *R. solani* uygulaması ile *P. thornei* inokulasyonundan 2 hafta sonra *R. solani* uygulamalarında nematod ve fungusun birbirinin gelişimine olumlu katkısının olduğu belirlenmiş ve aralarında sinerjistik etki tespit edilmiştir. Özellikle sabit endoparazit beslenme gösteren kök ur nematodlarında farklı konukçularda *R. solani* ile sinerjik bir etkileşim bildirilmektedir [42, 43, 46].

Buğdayda hareketli endoparazit beslenme gösteren *P. thornei* ile *R. solani* arasında da sinerjistik bir ilişki olduğu ve birlikte enfeksiyonun verimde ciddi kayıplara neden olabileceği öngörülmektedir. Verimdeki kayıpları en aza indirmek için bu 2 etmenle de mücadele edilmesi gerekmektedir. İki etmende bitkide erken dönemde daha fazla zarara neden olduğu için buğdayda çıkış öncesi ve çıkış sonrası yapılan ilk uygulamalar hastalık ve nematod baskılanmasında oldukça önemli görülmektedir.

### Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

### Kaynakça

[1] González García, V., Portal Onco, M., Rubio, V. (2006). Biology and Systematics of the fern genus *Rhizoctonia*. Spanish Journal of Agricultural Research, 4(1), 55-79.

[2] Garrett, K. A., Dendy, S. P., Frank, E. E., Rouse, M. N., Travers, S. E., 2006. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. Annual Rev Phytopathology, 44, 489-509.

[3] Schillinger, W. F., Paulitz, T. C. 2006. Reduction of *Rhizoctonia* bare patch in wheat with barley rotations. Plant Disease, 90(3), 302-306.

[4] Mohammadi, M., Banihashemi, M., Hedjaroude, G. A., Rahimian, H. 2003. Genetic diversity among Iranian isolates of *Rhizoctonia solani* Kühn anastomosis group1 subgroups based on isozyme analysis and total soluble protein pattern. Journal of Phytopathology, 151(3), 162-170.

[5] Tomaso-Peterson, M., Trevathan, L. E. 2007. Characterization of *Rhizoctonia*-like fungi isolated from agronomic crops and turfgrasses in Mississippi. Plant Disease, 91(3), 260-265.

[6] Hamada, M. S., Yin, Y., Chen, H., Ma, Z. 2011. The escalating threat of *Rhizoctonia cerealis*, the causal agent of sharp eyespot in wheat. Pest Management Science, 67(11), 1411-1419.

[7] Shu, C., Sun, S., Chen, J., Chen, J., Zhou, E. 2014. Comparison of different methods for total RNA extraction from sclerotia of *Rhizoctonia solani*. Electronic Journal of Biotechnology, 17(1), 50-54.

[8] Ünal, F., Dolar, S., Akan, A.K. 2015. Determination of reactions of some wheat cultivars against pathogen *Rhizoctonia* species and anastomosis groups. Plant Protection Bulletin, 55(3), 225-237.

[9] Dada, T. E. 2017. Epidemiology of wheat *Rhizoctonia*. International Journal of Scientific and Research Publications, 7(5), 463-473.

[10] Lewis, J. A., Lumsden, R. D. 2001. Biocontrol of damping-off of greenhouse-grown crops caused by *Rhizoctonia solani* with a formulation of *Trichoderma* spp. Crop Protection, 20(1), 49-56.

[11] Budge, G. E., Shaw, M. W., Colyer, A., Pietravalle, S., Boonham, N. 2009. Molecular tools to investigate *Rhizoctonia solani* distribution in soil. Plant Pathology, 58(6), 1071-1080.

[12] Demirci, E., 1998. *Rhizoctonia* species and anastomosis groups isolated from barley and wheat in Erzurum, Turkey. Plant Pathology, 47(1), 10-15.

[13] Dillion, W. A. R., Garrett, S. D. 1943. *Rhizoctonia solani* associated with a root rot of cereals in Norfolk. Annals of Applied Biology, 30(1), 79-79.

[14] Tsuda, M., Itoh, H., Wakabayashi, K., Ohkouchi, T., Kato, S., Masuda, K., Sasaki, M. 2000. Simeconazole (F-155), a novel systemic fungicide with broad-spectrum activity for seed treatment. Proceedings of the Brighton Crop Prot Conf – Pests Dis, Brighton Crop Protection Conference (BCPC), Farnham, Surrey, UK, pp 557-562.

- [15] Hammouda, A. M. 2003. First report of sharp eyespot of wheat in Egypt. *Plant Disease*, 87(5), 598-598.
- [16] Cromeey, M. G., Parkes, R. A., Fraser, P. M. 2006. Factors associated with stem base and root diseases of New Zealand wheat and barley crops. *Australasian Plant Pathology*, 35(4), 391-400.
- [17] Wiese, M. V. 1987. Compendium of wheat diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA.
- [18] Ünal, F., Dolar, F. S. 2013. İç Anadolu Bölgesi buğday üretim alanlarındaki *Rhizoctonia* türlerinin anastomosis gruplarının ve bazı buğday çeşitlerinin reaksiyonlarının belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, 157.
- [19] Dolar, F., Yeğin, S., Ünal, Filiz, N. Z. 2019. Kırşehir ve Kırıkkale illerinde buğday ve arpa ekim alanlarında görülen kök ve kök boğazı hastalıklarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(1), 71-84.
- [20] Nicol, J. M., Rivoal, R. 2008. Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat. In *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*, Springer, Dordrecht. pp. 251-294.
- [21] Thompson, J. P., Clewett, T. G., Sheedy, J. G., Reen, R. A., O'reilly, M. M., Bell, K. L. 2010. Occurrence of root-lesion nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*) and stunt nematode (*Merlinius brevidens*) in the northern grain region of Australia. *Australasian Plant Pathology*, 39(3), 254-264.
- [22] Toktay, H., Yavuzaslanoglu, E., İmren, M., Nicol, J., Elekcioglu, İ. H., 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. *Turkish Journal of Entomology*, 36(4), 455-461.
- [23] Toktay, H., Imren, M., Akyol, B. G., 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.
- [24] Göze Özdemir, F. G., Yaşar, B., Elekcioglu, 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.
- [25] 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.
- [26] Wish, 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] Armstrong, J. S., Peairs, F. B., Pilcher, S. D., Russell, C. C. 1993. The effect of planting time insecticides and liquid fertilizer on the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) and the lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) on winter wheat. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 69-74.
- [30] Nicol, J. M., Ortiz-Monasterio, I., 2004. Effects of the root-lesion nematode, *Pratylenchus thornei*, on wheat yields in Mexico. *Nematology*, 6(4), 485-493.
- [31] Smiley, R. W., Whittaker, R. G., Gourlie, J. A., Easley, S. A., Ingham, R. E., 2005. Plant-parasitic nematodes associated with reduced wheat yield in Oregon: *Heterodera avenae*. *Journal of Nematology*, 37(3), 297.
- [32] Wallace, H. R. 1987. Effects of nematode parasites on photosynthesis, in *Vistas on Nematology*. Veech, J. A., Dickson, D. W., eds. Society of Nematologists, Hyattsville, pp. 253-259.
- [33] Edin, E., Gulsher, M., Andersson Franko, M., Englund, J-E., Flöhr, A., Kardell, J., Viketoft, M. 2019. Temporal Interactions between root-lesion nematodes and the fungus *Rhizoctonia solani* lead to reduced potato yield. *Agronomy* 9, 361.
- [34] Viketoft, M., Flöhr, A., Englund, J. E., Kardell, J., Edin, E. 2020. Additive effect of the root-lesion nematode *Pratylenchus penetrans* and the fungus *Rhizoctonia solani* on potato yield and damage. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127(6), 821-829.
- [35] Francl, L. J., Wheeler, T. A. 1993. Interaction of plant-parasitic nematodes with wilt-inducing fungi. Khan, M. W., eds. *Nematode interactions*. Chapman & Hall, London, pp. 79-103.
- [36] LaMondia, J. A. 2003. Interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Rhizoctonia fragariae* in strawberry black root rot. *Journal of Nematology*, 35, 7-22.

- [37] Webster, J. M. 1985. Aspects of the host-parasite relationships of plant parasitic nematodes. *Advances in Parasitology*, 13, 225-250.
- [38] 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.
- [39] Meagher, J. W., Brown, R. H., Rovira, A. D. 1978. The effects of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and *Rhizoctonia solani* on the growth and yield of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(6), 1127-1137.
- [40] Back, M., Jenkinson, P., Deliopoulos, T., Haydock, P. 2010. Modifications in the potato rhizosphere during infestations of *Globodera rostochiensis* and subsequent effects on the growth of *Rhizoctonia solani*. *European Journal of Plant Pathology*, 128, 459-471.
- [41] Bhattarai, S., Haydock, P. P., Back, M. A., Hare, M. C., Lankford, W. T. 2009. Interactions between the potato cyst nematodes, *Globodera pallida*, *G. rostochiensis*, and soil-borne fungus, *Rhizoctonia solani* (AG3), diseases of potatoes in the glasshouse and the field. *Nematology*, 11(4), 631-640.
- [42] Bhagawati, B., Das, B. C., Sinha, A. K. 2007. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* on okra. *Annals of Plant Protection Sciences*, 1, 533-535.
- [43] Mokbel, A. A., Ibrahim, I. K. A., Shehata, M. R. A., El-Saedy, M. A. M. 2007. Interaction between certain root-rot fungi and the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on sunflower plants. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 35(1), 1-11.
- [44] Kumar, V., Haseeb, A. 2009. Interactive effect of *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* on the growth and yield of tomato. *Indian Journal of Nematology*, 39(2), 178-181.
- [45] Sagar, B. V., Rao, V. K., Varaprasad, K. S. (2012). Interaction of *Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne incognita* on Tomato. *Indian Journal of Nematology*, 42(1), 66-70.
- [46] Al-Hazmi, A. S., Al-Nadary, S. N. 2015. Interaction between *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* on green beans. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(5), 570-574.
- [47] Kotcon, J. B., Rouse, D. I., Mitchell, J. E. 1985. Interactions of *Verticillium dahliae*, *Colletotrichum coccodes*, *Rhizoctonia solani*, and *Pratylenchus penetrans* in the early dying syndrome of Russet Burbank potatoes. *Phytopathology*, 75(1), 68-74.
- [48] Scholte, K., s' Jacob, J. J. 1989. Synergistic interactions between *Rhizoctonia solani* Kühn, *Verticillium dahliae* Kleb., *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus neglectus* (Rensch) Chitwood & Oteifa, in potato. *Potato Research*, 32(3), 387-395.
- [49] 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.
- [50] Verdejo-Lucas, S., Pinochet, J. 1992. Population densities of five migratory endoparasitic nematodes in carrot disk cultures. *Journal of Nematology*, 24(1), 96-98.
- [51] Parmeter, J. R. 1970. *Rhizoctonia solani*: the organism. *Rhizoctonia solani*: the saprophyte. *Rhizoctonia solani*: the pathogen. University of California Press, 255 pp.
- [52] Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* Species. St Paul, MN, APS Press, 133 pp.
- [53] Carling, D. E., Summer, D. R. 1992. *Rhizoctonia* in: Singleton L.L., Mihail, J.D. ve Rush, C.M. (eds.) *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*, APS Press, St. Paul Minnesota. pp 157-165.
- [54] Mudiope, 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.
- [55] Erdurmuş, D. 2006. Buğdayda önemli kök ve kök boğazı hastalık etmenlerine karşı *Trichoderma harzianum*' un Etkinliğinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anbilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 41 pp.
- [56] Göze Özdemir, F.G. 2020. Isparta ve Burdur illeri tahıl alanlarında bitki paraziti nematodların belirlenmesi ve buğdayda endoparazit nematodların *Fusarium culmorum* ile etkileşimlerinin araştırılması. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anbilim Dalı, Doktora Tezi, 273 pp.
- [57] Arslan, Ü., Baykal, N., 2002. Kök ve Kökboğazı fungal patojenlerine karşı bazı buğday çeşitlerinin reaksiyonları ve tohum koruyucu fungusitlerin *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc.'a etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16, 69-76.
- [58] Aktas, H., Bora, T. 1981. Untersuchungen über die Biologie und Physiologische Variation von auf Mittelanatolischen Gernsten vorkommenden *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. and Jain und die Reaction der Befallenen Gerstensorten auf den Parasiten. *J.Turkish Phytopath.* 10(1), 1-24.

- [59] Karman, M., 1971. Bitki koruma araştırmalarında genel bilgiler. Denemelerin kuruluşu ve değerlendirme esasları. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Zirai Müc. ve Zir. Karantina Gen. Md. Yayınları, İzmir, 279 s.
- [60] Khan, M. W., 1993. Mechanisms of interactions between nematodes and other plant pathogens. In Nematode interactions (pp. 55-78). Springer, Dordrecht.
- [61] Varian, T.C., 1987. Effect of *Ditylenchus dipsaci* and *Pratylenchus penetrans* on verticillium wilt on alfalfa. Journal of Nematology, 19 (3), 379-383.
- [62] Misiha, P. K., Aly, A. Z., Mahrous, M. E., Tohamy, M. R. A., 2013. Effect of culture filterates of Three *Trichoderma* Species, *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* on egg hatching and juvenile mortality of *Meloidogyne incognita* in vitro. Zagazig Journal of Agricultural Research, 40 (3), 1-9.
- [63] Göze Özdemir, F. G., Arıcı, Ş. E. 2021. Effect of culture filtrate concentration of *Rhizoctonia solani* Kühn against *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla* in vitro. International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, 5(1), 74-79.