

T.C.

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI



BUĞDAYDA KÖK YARA NEMATODU *Pratylenchus thornei* VE
KÖK ÇÜRÜKLÜĞÜ ETMENİ *Fusarium culmorum*'un
ETKİLEŞİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVİM AYDIN

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Mustafa İMREN

BOLU, TEMMUZ - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sevim AYDIN tarafından hazırlanan “BUĞDAYDA KÖK YARA NEMATODU *Pratylenchus thornei* VE KÖK ÇÜRÜKLÜĞÜ ETMENİ *Fusarium culmorum*’un ETKİLEŞİMİ” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir. 20/07/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Mustafa İMREN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Gülay KAÇAR
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Refik BOZBUĞA
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin 08/08/2023 tarihinde Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 16 olarak tespit edilmiştir.

.....

SEVİM AYDIN

ÖZET

BUĞDAYDA KÖK YARA NEMATODU *Pratylenchus thornei* VE KÖK ÇÜRÜKLÜĞÜ ETMENİ *Fusarium culmorum*'un ETKİLEŞİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVİM AYDIN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MUSTAFA İMREN)

BOLU, TEMMUZ - 2023

XII+36

Kök yara nematodu *Pratylenchus thornei*, Sher & Allen (Tylenchida: Pratylenchidae) ve Kök boğazı çürüklüğü etmeni *Fusarium culmorum*, Wm.G.Sm. (Hypocreales: Nectriaceae), buğdayda (*Triticum aestivum* L.) önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bu çalışmada toprak kökenli iki patojenin farklı inokulasyon zamanlarında birbirleriyle olan etkileşiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan hassas (Seri 82 ve Bezostaya) ve orta dayanıklı (GS50A ve CROC_1/AE.SQUAROSSA (224)//OPATA) buğday genotipleri Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT)'nin Toprak Kökenli Patojenler (SBP) programından temin edilmiştir. Çalışmada *Pratylenchus thornei* ve *Fusarium culmorum* ayrı ayrı ve birlikte olmak üzere yedi farklı uygulamasının buğday genotipine bağlı olarak etkileşimleri ve bitki biomass (kök ağırlığı, kök uzunluğu, bitki uzunluğu ve bitki ağırlığı) parametrelerine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, *Pratylenchus thornei* ve *Fusarium culmorum*'un birlikte inokulasyonunda, nematod yoğunluğu ve hastalık skorunun en yüksek seviyeye ulaştığı, bitki biomass'ının düştüğü tespit edilmiştir. Hassas genotiplerde bitki biomass'nın değerlerinin zayıf, orta dayanıklı çeşitlerde ise oldukça güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Uygulama zamanının buğday genotipine göre değişmekle birlikte patojenlerin birbirleri olan etkileşimlerini etkilediği saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Buğday, *Pratylenchus thornei*, *Fusarium culmorum*, İnokulasyon, Etkileşim

ABSTRACT

THE INTERACTION BETWEEN ROOT LESION NEMATODE *Pratylenchus thornei* AND ROOT ROT PATHOGEN *Fusarium culmorum* in WHEAT

MSC THESIS

SEVİM AYDIN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

(SUPERVISOR: PROF. DR. MUSTAFA İMREN)

BOLU, JULY 2023

XII+36

The root lesion nematode *Pratylenchus thornei* (Sher & Allen) and the root rot pathogen *Fusarium culmorum* cause significant crop losses in wheat production (*Triticum aestivum* L.). This study was aimed to determine the interaction among these two soil-borne pathogens at different inoculation times. The susceptible (Seri 82 and Bezostaya) and moderately resistant (GS50A and CROC_1/AE.SQUAROSSA (224)//OPATA) wheat genotypes used in the study were obtained from the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)'s Soil-Borne Pathogens (SBP) program. The interactions between *Pratylenchus thornei* and *Fusarium culmorum*, both individually and together, were investigated, and their effects on plant biomass parameters (root weight, root length, plant height, and plant weight) were assessed depending on the wheat genotypes. The results showed that the combined inoculation of *Pratylenchus thornei* and *Fusarium culmorum* led to the highest nematode density and disease score, resulting in decreased plant biomass. Low values of plant biomass were observed in susceptible genotypes, while moderately resistant varieties revealed significantly higher values. The application time was found to influence the interactions between the pathogens, varying according to the wheat genotypes.

KEYWORDS: Wheat, *Pratylenchus thornei*, *Fusarium culmorum*, Inoculation, Interaction

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
FOTOĞRAF LİSTESİ	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xi
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1 Nematodun Kitle Üretimi ve İnokulum Hazırlığı.....	10
3.2 <i>Fusarium culmorum</i> 'un Kepek Üzerinde Çoğaltılması ve İnokulum Hazırlığı.....	13
3.3 <i>Pratylenchus thornei</i> ve <i>Fusarium culmorum</i> interaksiyonunun büyütme odası koşullarında buğdayda test edilmesi	15
3.4 Uygulamaların Değerlendirilmesi	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	19
4.1 Seri 82 Hassas Buğday Genotipi	19
4.2 Bezostaya Hassas Buğday Genotipi	21
4.3 GS50A Orta Dayanıklı Buğday Genotipi	24
4.4 CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA Orta Dayanıklı Buğday Genotipi	26
5. TARTIŞMA	29
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	32
7. KAYNAKÇA	33

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Kök Yara Nematodlarının yaşam döngüsü.....	2
Şekil 1.2. <i>Fusarium culmorum</i> 'un buğdaydaki yaşam döngüsü	4



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3. 1 Çalışmada kullanılan buğday genotiplerinin dayanıklılık reaksiyonları.....	10
Tablo 3. 2 Çalışmada kullanılan uygulamaların listesi ve <i>Pratylenchus thornei</i> , <i>Fusarium culmorum</i> türlerinin uygulama zamanı.....	15
Tablo 4.1. Seri 82 hassas buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi.....	20
Tablo 4.2. Bezostaya buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi.....	22
Tablo 4.3. GS50A buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi.....	25
Tablo 4.4. CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi	27

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1. <i>Pratylenchus thornei</i> inokulum hazırlığı	12
Fotoğraf 3.2. <i>Fusarium culmorum</i> süspansiyon hazırlığı	14
Fotoğraf 3.3. Büyütme odasında test edilme hazırlıkları	16
Fotoğraf 3.4. Deneme hasat aşamaları	18



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
Cm	: Santimetre
ml	: Mililitre
spp.	: Bir cinse ait tüm türler
vb.	: Ve benzeri
vd.	: Ve diğerleri
µL	: Mikrolitre
kPa	: Kilopascal

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimi ile çalışmamı şekillendiren danışman hocam Prof. Dr. Mustafa İMREN başta olmak üzere her konuda bilgi ve yardımını eksik etmeyen Dr. Gül ERGİNBAŞ ORAKCI'ya, desteklerinden dolayı Prof. Dr. Halil KÜTÜK, Prof. Dr. Gülay KAÇAR, Doç. Dr. Refik BOZBUĞA, Dr. Amer DABABAT, Arş. Gör. Dr. A. Sami KOCA ve Öğr. Gör. Nagihan DUMAN hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca tez sürecim boyunca her zaman yanımda olan ve her konuda desteklerini gösteren arkadaşlarım Şerife Gül KORKULU, Ayça İrem KEÇİCİ ve Furkan ULAŞ'a, tüm yardımlarından dolayı Sevil YAVUZ'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

İnsan ve hayvan beslemesindeki öneminden dolayı buğday birçok ülke için stratejik ürün olarak kabul edilmektedir. Dünyada yıllara göre değişmekle birlikte 21 milyon ha alanda, 776 milyon tona buğday üretimi yapılmaktadır (USDA, 2022). Türkiye’de ise 8 milyon ha alanda 18 milyon tonluk buğday üretimi yapılmakta olup, yaklaşık 4 milyon ton ithalat ve 6 milyon ton ihracat yapılmaktadır (TUİK, 2022).

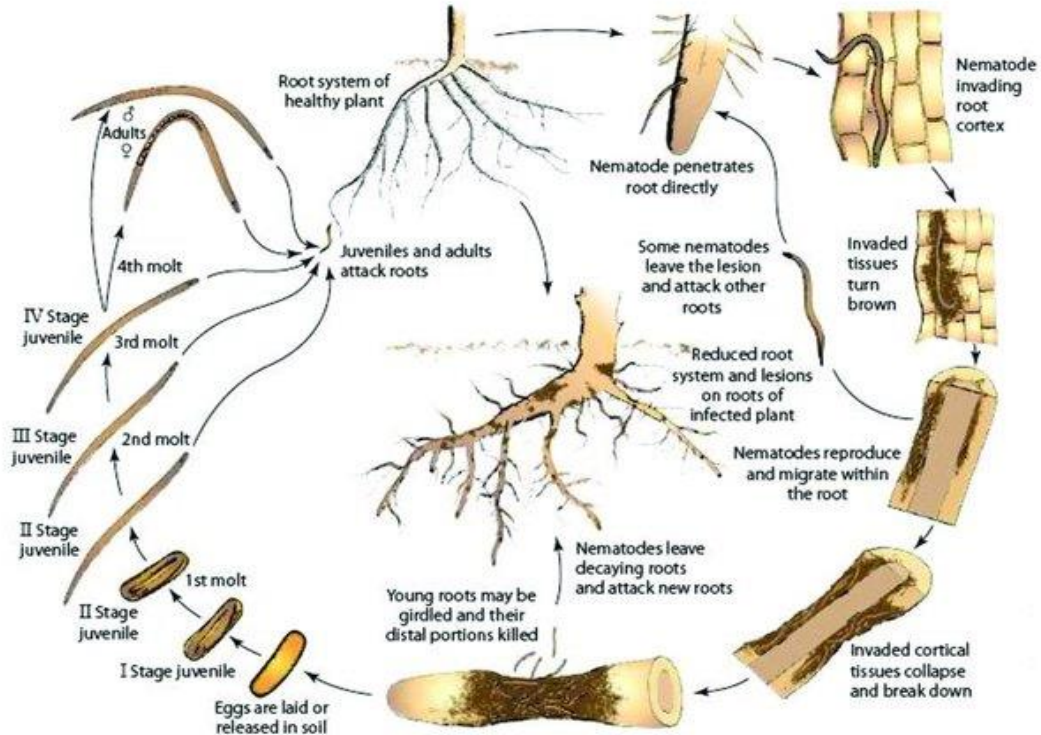
Buğday üretimini birçok abiyotik ve biyotik stres faktörü olumsuz etkilemektedir (Windels, 2000). Kımıl (*Aelia* spp.), Süne (*Eurygaster* spp.), Ekin Kambur Böceği (*Zabrus* spp.), Ekin Bambul Böceği (*Anisoplia* spp.), Hububat Hortumlu Böceği (*Pachytychius hordei*), Kök Yara Nematodları (*Pratylenchus* spp.) ve Tahıl Kist Nematodları (*Heterodera* spp.) gibi zararlılar ve Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü (*Fusarium* spp.), Rastık (*Ustilago nuda tritici*), Septorya (*Septoria tritici*), Sürme (*Tilletia foetida*, *Tilletia caries*), Pas (*Puccinia* spp.), Çökerten (*Gaeumannomyces graminis*) gibi hastalıklar biyotik faktörleri oluşturmaktadır (ZMTT, 2008). Biyotik ve abiyotik etkenler buğdayın kalite ve kantitesini olumsuz yönde etkilemekte ve üründe önemli kayıplara neden olabilmektedir.

Bitki paraziti nematodlar kültür bitkilerinin köklerinden beslenerek ekonomik kayıplar meydana getirmektedir. *Pratylenchus* cinsine ait Kök yara nematodu (KYN) türleri tahıl ve baklagiller dahil olmak üzere geniş bir konukçu aralığına sahiptir (O'Brien, 1982; Vanstone & Russ, 2001; Owen vd, 2014). Kök yara nematodları, Kök ur nematodları (KUN) ve Tahıl kist nematodlarından (TKN) sonra üçüncü önemli bitki paraziti nematod grubu olarak bilinmektedir (Castillo ve Vovlas, 2007).

Pratylenchus türleri buğdayda az yağış görülen ya da hafif bünyeli toprak yapısına sahip alanlarda daha fazla zarar oluşturmaktadır (Smiley ve Nicol, 2009). *Pratylenchus* türleri, styleti ile kök dokusuna giriş yaparak, kök korteksinden hücre içi ve hücreler arası hareket ile kök hücrelerinin özsuyunu emerek zarar verirler. *Pratylenchus* türleri kökte açtıkları bu yaralar ile fungus ve bakteri gibi ikincil patojenlerin bitkiye girişinde hızlanmasına yardım etmektedirler (La Mondia, 2003). *Pratylenchus* türlerinin semptomları spesifik

değildir, diğer patojenlerin ya da besin ve su eksikliklerinin neden olduğu semptomlar ile karıştırılabilirler. Zararları sonucu köklerde renk değişimine (kırmızımsıdan koyu kahverengiye), kök nekrozuna, bodur bitkilere, bitkide solgunluğa neden olurlar (Ferraz, 1999).

Pratylenchus spp. yaşamlarının çoğunu konukçu bitki üzerinde geçirirler. Bununla birlikte kök yüzeyinde ve toprakta da bulunabilirler. Üreme genel olarak partenogenetik olarak gerçekleşir. Dişiler erkek bireyler olmadan yumurta üretmektedirler. Larvaların ergin olma süresi yaklaşık 35-40 gündür (Şekil 1.1). Dünyanın ılıman bölgelerinde en yaygın rastlanan on iki kök yara nematodunun (*Pratylenchus neglectus*, *P. thornei*, *P. coffeae*, *P. penetrans*, *P. scribneri*, *P. brachyurus*, *P. vulnus*, *P. crenatus*, *P. loosi*, *P. goodeyi*, *P. pratensis* ve *P. zae*) önemli türler olduğu bilinmektedir. (Castillo ve Vovlas, 2007).



Şekil 1.1 Kök Yara Nematodlarının yaşam döngüsü (Agrios, 1997).

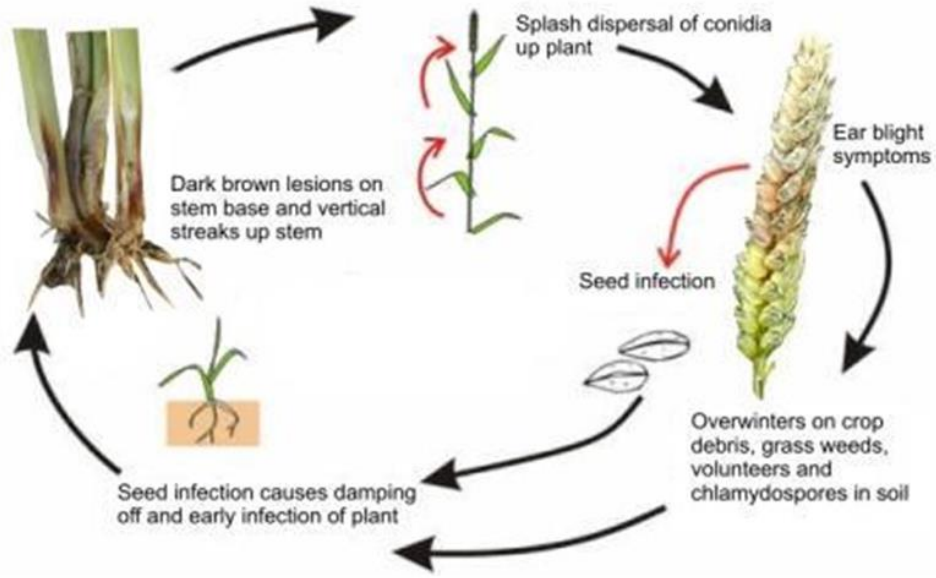
Türkiye’de buğday alanlarında Kök yara nematodu *P. thornei*’nin en yaygın tür olduğu bilinmektedir (Mısırlıoğlu ve Pehlivan, 2007; Yıldız, 2007; Göze Özdemir vd. 2021). *Pratylenchus thornei*’nin, Türkiye’de ve dünyada

tahıllarda önemli ürün kayıplarına neden olduğu rapor edilmiştir (Imren vd. 2017; Dababat vd. 2018).

Pratylenchus thornei nedeniyle Avustralya'da %38-85, ABD Oregon'da %50, Meksika'da %12-37 ve İsrail'de %70 buğdayda ürün kaybının olduğu rapor edilmiş olup (Nicol vd. 2004), bu oranın ülkemizde %19-32 olduğu bildirilmiştir (Toktay, 2008, Dababat vd. 2018).

Kök yara nematodlarıyla mücadelede dayanıklı çeşitlerin kullanımı, kültürel, biyolojik ve kimyasal uygulamaları başlıca mücadele yöntemler arasındadır (Urwin vd. 1997). En sağlıklı mücadele yöntemi ise dayanıklı çeşitlerin kullanımıdır (Riggs & Schuster, 1997). Nematodların çoğalamadığı bitkiler dayanıklı bununla birlikte nematodların serbestçe çoğaldığı bitkiler duyarlı veya hassas olarak tanımlanır (Cook ve Evans, 1987). Toleranslı bitkiler şiddetli nematod enfeksiyonundan az zarar görmüş bitkiler olarak tanımlanır, toleranssız bitkiler ise nematod enfeksiyonundan çok zarar görmüş bitkiler olarak tanımlanır (Cook & Evans, 1987).

Buğdayda en çok *Fusarium* cinsi fungusların neden olduğu kök ve kök boğazı hastalığı rapor edilmiştir. *Fusarium* cinsi 20'den fazla tür içermektedir (De Hoog vd. 2000). *Fusarium pseudograminearum*, *F. graminearum*, *F. culmorum* ve *F. avenaceum* patojenitesi en yüksek türler olarak bildirilmiştir (Parry,1990). *F. culmorum* ise en önemli hastalık kaynaklarından biri olarak rapor edilmiştir (Wagacha ve Muthomi, 2007; Hogg vd., 2010; Erginbas Orakcı vd. 2018). *Fusarium culmorum* ılıman iklimlerde buğdayın önemli bir patojeni olup Avrupa, Kanada, Avustralya, Kuzey Amerika, Afrika ve Batı Asya'da mevcut olduğu bilinmektedir (Schem vd. 2013). *Fusarium culmorum* kök ve kök boğazı çürüklüğüne, uygun koşullar altında buruşuk tanelere ya da tanesiz başaklara sebep olmaktadır (Scherin vd. 2013). *Fusarium culmorum*, köklerin kahverengileşmesine, nekrozuna neden olur ve sonuç olarak fideyi zayıflatır, kök ve kök boğazı fonksiyonlarını etkileyerek verimin ve tane kalitesinin düşmesine neden olduğu bildirilmiştir (Mergoum vd. 1998).



Şekil 1.2 *Fusarium culmorum*'un buğdaydaki yaşam döngüsü (HGCA, UK)

Fusarium culmorum enfeksiyonları, fungusun kökleri ve sürgünleri kolonize ettiği hipokotil yoluyla da gerçekleşebileceği bildirilmiştir (Knudsen vd., 1995). *Fusarium culmorum* en yaygın DON (deoksinivalenol) olan trikotesen mikotoksinleri üretebilir. DON' un buğdayın enfeksiyonu için bir saldırganlık faktörü olarak hareket ettiği düşünülmüştür (Proctor vd., 1995; Desmond vd., 2008). DON konukçu bitkiler tarafından aktive edilen savunma mekanizmalarını engelleyerek hastalığın yayılmasından sorumludur (Demeke vd. 2005). DON besin zinciri aracılığıyla da insan ve hayvanların sağlığını tehdit etmektedir (Bai vd., 2001). *Fusarium culmorum* klamidosporeler aracılığıyla toprakta birkaç yıl hayatta kalabilir, bu durum hastalıkla mücadele yöntemlerinden biri olan ürün rotasyonunu uygunsuz hale getirdiği bildirilmiştir (Demeke vd., 2005).

Fusarium culmorum'un neden olduğu hastalığı yalnızca sağlıklı, dayanıklı tohum kullanarak veya tohuma fungusit uygulaması yaparak en aza indirmek mümkündür, ancak toprak kaynaklı inokulumdan veya enfekteli bitki artıklarından kaynaklanan ikincil enfeksiyonun kontrol edilmesi zordur (Knudsen vd., 1995). Dünya çapında buğdayda *F. culmorum*'u kontrol etmenin en pratik yolu dayanıklı çeşitlerin kullanımı olduğu rapor edilmiştir (Waldron vd., 1999; Buertsma yr vd., 2002).

Bitki paraziti nematodlar toprak kaynaklı patojenler ile birlikte birçok üründe hastalık oluşturabilmektedirler (Back vd., 2002; Hassan vd., 2012). Kök yara nematodlarının bitkilerde penetrasyon ve beslenme sürecinde açtığı yaralar funguslar için enfeksiyon alanları oluşturmaktadır (LaMondia, 2003; Hoseini vd., 2010; Mallaiah vd., 2014). Köklerde patojen fungus enfeksiyonundan sonra nematod penetrasyonunun arttığı saptanmıştır (Nord-Meyer ve Sikora, 1983). Hem *P. thornei*'nin hem de *F. culmorum*'un dünyanın başlıca tahıl üretim alanlarında geniş bir dağılıma sahip olduğu bildirilmektedir (Nicol vd., 2002).

Türkiye'deki bazı buğday üretim alanlarında, bitkilerin zayıf geliştiği veya hiç gelişmediğini gözlemlenmiştir. Bu alanlarda bitki paraziti nematod *P. thornei* ve fungal patojen *F. culmorum* ile yoğun olduğu görülmüştür. Günümüzde *P. thornei* ve *F. culmorum*'un buğdayda enfeksiyonlarını ve etkileşimlerini ortaya koyan kapsamlı araştırmalar oldukça sınırlıdır. Çalışmada *P. thornei* ve *F. culmorum*'un ayrı ve birlikte olmak üzere yedi farklı uygulamasının buğday genotipine bağlı olarak interaksiyonları ve bitki biomass (kök ağırlığı, kök uzunluğu, bitki uzunluğu ve bitki ağırlığı) parametrelerine olan etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Van Gundy vd., (1974); Buğdayda *P. thornei*'ye karşı nematisitlerin, nematodları kontrol altına aldığını ve verimi arttırdığını, ancak ekonomik olmadığını belirtmişlerdir. Mevcut ticari buğday çeşitlerinde ise direnç saptamamışlardır. Çeşit seçimi, azotlu gübre, serin toprakta ekim ve ürün rotasyonu gibi mücadele yöntemlerinin, ticari ölçekte bu sorunun en pratik çözümü olduğunu belirtmişlerdir.

Hajihassani vd., (2013); *P. thornei* ve *F. culmorum* patojenlerinin birlikte inokulasyonlarının kışlık buğdayın büyümesi ve verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır, *P. thornei* oranının bitki boyunu, sürgün ağırlığını, kök ağırlığını ve tane verimini sırasıyla %19, %17, %48 ve %31 oranında azalttığını, *F. culmorum*'un tek başına bu parametreleri sırasıyla %15, %16, %22 ve %22 azalttığını birlikte inokule edildiklerinde sırasıyla %27, %38, %61 ve %63'lük azalmalara neden olduğunu saptamışlardır. *Pratylenchus thornei*'nin üreme oranının, *F. culmorum* ile birlikte inokule edildiğinde büyük ölçüde etkilenmediğini, her iki bitki büyüme evresindeki hastalık şiddetinin nematod yoğunluğu arttıkça arttığını bildirmişlerdir.

İmren vd., (2017); kök yara nematod türü *P. thornei*'nin Bolu ili tarla koşullarında 'Bayraktar' kışlık buğday çeşidinde ortaya çıkışını ve popülasyon dinamiklerini incelemişlerdir. Surveylerde toplam 145 kök ve toprak örneği toplanmıştır. Toplam 25 toprak örneğinde (%17.2'si) *P. thornei* saptanmıştır. Saha çalışmalarında, *P. thornei* popülasyonlarının kış aylarında (kasım-şubat arası) en düşük yoğunlukta olduğunu, ardından temmuz ayında kademeli olarak maksimuma çıktığını ve ardından kuru yaz dönemlerinde tekrar azaldığını bulmuşlardır. Nematod sayısının, sıcaklık ile pozitif olarak ilişkili olduğunu ve nematod üreme oranının 0.8 ile 4.6 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Özdemir vd., (2018); üç farklı *F. culmorum* izolatınının (B4, ISP, Fc5) *P. thornei*, *P. neglectus* ve *P. penetrans* üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. ISP izolatının kök nematodları üzerinde en yüksek ölüm etkisine sahip olduğu ve *P. thornei* üzerinde daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. En düşük etki Fc5 olduğu saptanırken bunun *P. neglectus* üzerindeki etkisinin, ISP ve B4 izolatlarından daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. B4 izolatu en düşük etkiyi *P. neglectus* üzerinde göstermiştir. *F. culmorum* spor süspansiyonunun kök yara nematodlarını düşük

seviyelerde baskılayabildiğini ve izolatlara göre değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Özdemir (2020); *Pratylenchus* spp. ve *Pratylenchoides* spp. Bitki paraziti nematodlarını Isparta ve Burdur illerinin tahıl alanlarında yaygın olarak bulmuş ve birçok alanda kök yoğunluklarının ekonomik zarar düzeyinde veya bunun üzerinde olduğunu tespit etmiştir. Yapılan morfolojik teşhis sonucunda Kök yara nematodlarından (*Pratylenchus penetrans*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *P. crenatus*) 4 adet tür belirlenmiştir. Burdur ve Isparta illerinde buğday yetiştirme alanlarında baskın tür *P. neglectus* iken arpada *P. thornei* daha fazla bulunmuştur. *F. culmorum* izolatlarının (ISP, B4, FC5) spor süspansiyonu ve kültür filtratlarının *P. thornei*, *P. neglectus* ve *P. penetrans* üzerine in vitro koşullarda etkisi araştırılmış ve kültür filtratlarında yüksek nematisit etki saptanmıştır. *Fusarium culmorum*'a dayanıklı 2-49 buğday hattında kök yara nematodlarının beslenme yaralarının hastalık şiddeti üzerine olumlu yönde önemli bir katkısı olmamıştır. Ancak artan nematod yoğunluğu ile hastalık şiddetinin artabileceği belirlenmiştir. *Fusarium culmorum*'un spor süspansiyonu veya kültür filtratı şeklinde uygulanması kök yara nematodlarının yoğunluğunu ve üreme oranını etkilemezken, uygulama süresinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Buğday bitkisine giren ilk faktörün diğer faktörün gelişimini olumsuz etkilediği bildirmiştir.

Duman vd., (2021); 19 adet Türk yazlık buğday çeşidinin *P. thornei* ve *P. neglectus*'a reaksiyonunu in vitro koşullarda değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda dokuz buğday çeşidi (Adana99, Ata89, Bürküt, Cumhuriyet75, Gönen98, Marmara86, Meta2002, Troya ve Uludağ) *P. thornei*'ye karşı orta derecede dayanıklı bulunurken, beş buğday çeşidi (Adana99, Alibey, Ata89, Ceyhan99 ve Uludağ) *P. neglectus*'a orta derecede dayanıklı bulunmuştur. Aynı zamanda Adana99, Ata89 ve Uludağ çeşitlerinin her iki nematod türüne de dayanıklı olduğu rapor edilmiştir.

Ahmadi vd., (2022); Tahıl kist nematodlarına karşı farklı direnç/tolerans seviyelerine sahip bir dizi buğday genotipleri üzerinde *Heterodera filipjevi*, *F. culmorum* ve kuraklık arasındaki etkileşimi araştırmışlardır. *F. culmorum* ve *H. filipjevi*'nin bulunduğu su stresi ortamında tohumlar ekildiğinde bitki çıkışının önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır (%56 fide ölümü). Kök çürüklüğünün, tek başına *Fusarium* inokulasyonuna kıyasla su stresi altında daha şiddetli olduğunu belirtmişlerdir. *H. filipjevi*, *F. culmorum* birlikte aşılandığında kist sayısının önemli

ölçüde düştüğünü ve bunun da nematod ile fungus arasında antagonistik bir etkileşimi ortaya koyduğunu belirtmişlerdir. Su stresi koşullarında en yüksek sayıda kisti, hassas 'Seri' buğday genotipinde bulmuşlardır. Tekli streslerin her birinin verim bileşenlerini önemli ölçüde azalttığını ve bitkilerin çift veya üçlü strese maruz kaldığında kayıpların daha fazla olduğunu saptamışlardır. Su stresi ve *F. culmorum* inokulasyonu, başak ağırlığında ve başak başına düşen tohumlarda önemli bir azalmaya neden olmuştur. Buğday yapraklarının klorofil içeriğinin, su stresinden ve nematod ile fungus inokülasyonundan olumsuz etkilendiğini saptamışlardır.

Özdemir vd., (2022); İkizce buğday çeşidinde üç *P. thornei* popülasyonu ile *F. culmorum*'un etkileşimini eş zamanlı ve sıralı inokulasyonlarla kontrollü koşullarda araştırmışlardır. Çalışmada nematod ve fungus etkileşimlerinde nematod yoğunluğunun patojenite açısından daha önemli olduğu belirlenmiştir. Fungusun oluşturduğu hastalık şiddetinde aynı anda ve ardışık inokulasyonlarda nematod popülasyonları arasında farklılık bulunmadığını belirtmişlerdir.

Laasli vd., (2022); 150 adet yazlık buğday hattını, ayrı ayrı veya kombinasyon halinde olmak üzere inokule ederek, *P. thornei* ve *F. culmorum*'a karşı konukçu direncini incelemişlerdir. Kırk sekiz hat *P. thornei*'ye dayanıklı, 16 hat *F. culmorum*'a orta derecede dayanıklı olarak rapor edilmiştir. Bunların arasında dokuz hat her iki patojene karşı dayanıklılık gösterirken, sadece dört hattın ayrı ayrı ve birlikte inokulasyon koşullarında dayanıklılık gösterdiğini bildirmektedir.

Özdemir vd., (2022); ard arda ve aynı anda inokulasyonda Kök yara nematodları kontrollü koşullarda *F. culmorum* (2-49) 'a orta dayanıklı buğday hattı ve hassas buğday çeşidi (İkizce) üzerinde *F. culmorum* etkisi bitki hastalık şiddeti ve nematod yoğunluğu üzerinde değerlendirmişlerdir. Hastalık şiddetinin İkizce çeşidinde daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. N+F uygulaması İkizce çeşidinde *P. neglectus* yoğunluğunu olumlu yönde etkilerken, *F. culmorum* uygulamalarında inokulasyon öncesi ve sonrası olumsuz etki bulunduğunu belirtmişlerdir. *P. thornei*'nin İkizce çeşidinde *F. culmorum*'dan önce ve eş zamanlı olarak bitkiye penetre olduğunda hastalık şiddeti üzerine olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir.

Sohail vd., (2022); Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi'nden (CIMMYT) temin edilen 189 adet ileri ekmeklik buğday çeşidini, 4056 adet tek nükleotid polimorfizmi (SNP) markörü ile genotipledikleri çalışmada ekmeklik buğdayları kök yara nematodları ve kök boğazı çürüklüğü direnci açısından

araştırmışlar ve genotiplerin beş alt popülasyona ayrılabilirliğini ortaya koymuşlardır. 1A, 1B, 2A, 3A, 4A, 5B ve 5D kromozomları üzerindeki 11 farklı SNP, kök yara nematod direnci ile önemli ölçüde ilişkilendirmişlerdir. Yedi belirteç *P. neglectus* ile ilişki gösterirken, geri kalan dört belirtecin *P. thornei* direnci ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Kök boğazı çürümesi durumunda, 1A, 2B, 3A, 4B, 5B ve 7D kromozomları üzerindeki sekiz farklı işareti, Fusarium kök boğazı çürüklüğü direnci ile ilişkilendirmişlerdir.

Özdemir vd., (2023); Burdur ve Isparta illerinden elde edilen on iki *F. culmorum* izolatının *P. thornei* ile etkileşimini ikizce buğday çeşidi üzerinde incelemişlerdir. Çalışmada on iki *F. culmorum* izolatından üç tanesi *P. thornei* çoğalma oranını olumlu yönde etkilediğini, *P. thornei*'nin ise sadece bir *F. culmorum* izolatında hastalık şiddetinde artışa yardımcı olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemede kullanılan hassas ve dayanıklılık reaksiyonları bilinen buğday genotipleri CIMMYT-SBP programı tarafından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan genotipler Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan buğday genotiplerinin dayanıklılık reaksiyonları.

No	Genotip	Reaksiyon
1	Seri 82	Hassas
2	Bezostaya	Hassas
3	GS50A	Orta dayanıklı
4	CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA	Orta dayanıklı

Çimlenen tohumlar içinde kum: toprak: hayvan gübresi (70:29:1) karışımı bulunan standlardaki plastik tüplere (16 cm × 2.5 cm) her tüpe bir tohum olacak şekilde dikilmiştir. Tarla toprağı ve kum elendikten sonra 110°C, de 2 saat boyunca, ardışık 2 gün, hayvan gübresi ise 70°C’ de 5 saat boyunca etüvde steril edilmiştir.

3.1 Nematodun Kitle Üretimi ve İnokulum Hazırlığı

Steril petri kapları içerisinde havuç diskleri üzerinde geliştirilmiş (Moody vd. 1973), *P. thornei* izolatu Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarı’ndan temin edilmiştir. Temin edilen *P. thornei* izolatu havuç üzerinde geliştirilmiştir. Bunun için, öncesinde %10’luk çamaşır suyunda 15 dakika bekletilen havuçlar soyulmuştur. Daha sonra %95’lik etanol içine daldırılıp yakılarak yüzey sterilizasyonu sağlanan havuçlar tekrar soyulmuştur. Havuçlar 8 mm kalınlığında diskler halinde kesilip 5 cm çapındaki plastik petriler içerisine yerleştirilmiştir. Nematodların yeni hazırlanan havuç diskleri üzerinde çoğaltılması amacıyla, elimizdeki 3-4 aylık nematod üremiş havuç diskleri inokulum kaynağı olarak kullanılmıştır. Üzerinde nematod gelişmiş havuç diskleri küçük parçalara ayrılarak yeni hazırlanan içinde steril havuç diskleri bulunan petrilere yerleştirilmiştir. Petriler 19°C de 3-4 ay boyunca inkübasyona

bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda kitle üretimi gerçekleşen havuç diskleri küçük parçalara bölünüp, 15 cm çapında içinde su bulunan plastik petri kaplarına aktarılmıştır. Nematodların Baermann huni yöntemi kullanılarak (Southey 1986), suya geçişi sağlanmıştır.

Elde edilen nematod süspansiyonu mezürler içinde çöktürülerek, hacmi 15-20 ml'ye düşürülmüştür. Nematod süspansiyonu ml'de 400 nematod olacak şekilde ayarlanıp, inokulum olarak kullanılıncaya kadar (inokulasyondan bir gün önce hazırlanmıştır) +4 °C de buzdolabında bekletilmiştir.





Fotoğraf 3.1 *Pratylenchus thornei* inokulum hazırlığı **a.** Çamaşır suyunda (%10) bekletilip yıkanan havuçların soyulması, **b.** Havucun alkole daldırıldıktan sonra yakılması, **c.** Yakılan havucun tekrar soyulması, **d.** Diskler halinde dilimlenmesi, **e.** Daha önceden üzerinde nematod üretilmiş havucun parçalara ayrılıp steril havuç disklerine koyulması, **f.** Havuç üzerinde üremiş nematodun mikroskop altındaki görüntüsü, **g.** Kitle üretimi gerçekleşen havuç disklerinin parçalara ayrılıp içerisine su eklenmesi, **h.** Petrilere geçiş yapan nematodun suda çöktürülmek üzere mezüre alınması, **ı.** İnokulasyona hazır nematod süspansiyonu.

3.2 *Fusarium culmorum*'un Kepek Üzerinde Çoğaltılması ve İnokulum Hazırlığı

Saflaştırılmış ve moleküler olarak identifiye edilmiş (Nicholson vd., (1998), agresif olduğu bilinen *F. culmorum* izolatu CIMMYT-SBP programı tarafından temin edilmiştir. *Fusarium culmorum* izolatu, Synthetic Nutrient Agar (SNA) ortamı (KH₂PO₄ 1 g, KNO₃ 1 g, MgSO₄·7H₂O 0.5 g, KCl 0.5 g, Glukoz 0.2 g, Sukroz 0.2 g, Agar 20 g, distile su 1000 ml) üzerinde 10 gün boyunca, 24 ± 1°C sıcaklık koşullarında geliştirilmiştir. Fırın torbaları (25cm x 38 cm) içerisine 200 g buğday kepeği ve 30 ml su ilave edildikten sonra, hava ile temasını kesecek şekilde, bir tel ile bağlanmış ve 121 °C'de 20 dakika süreyle otoklavlanmıştır (103 kPa). Sterilizasyonun tam olarak sağlanması amacıyla bu işlem her bir torba için ardışık 3 gün ve 3 kez tekrar edilmiştir.

Her bir steril kepek içeren buğday torbası soğuduktan sonra, 1 petri üzerinde *Fusarium culmorum* gelişmiş SNA besiyerinden hazırlanan spor süspansiyonu ile bulaştırılmıştır (Erginbas-Orakci vd., 2016). Spor süspansiyonu ilave edilmiş kepek torbaları ağız kısmı steril pamuk ile kapatıldıktan sonra 23 °C de 2 hafta boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sırasında torbalar kepeğin ve sporların homojen dağılımını sağlamak amacıyla gün aşırı karıştırılmıştır. İki hafta sonunda *F. culmorum* ile inokule edilmiş kepek torbaları açılıp, spor süspansiyonu hazırlamak amacıyla, spor ile kolonize olmuş kepekler steril distile su (SDS) içinde süspanse edilip, iki katlı tülbent bezi aracılığıyla süzölmüştür. Spor süspansiyonu konsantrasyonu 1x10⁶ spor /ml olacak şekilde hazırlanmış ve içerisine metil selüloz (0.1%, v/v) ilave edilerek bulaştırmadan önce kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Fotoğraf 3. 2 *Fusarium culmorum* süspansiyon hazırlığı

- a.** İçinde buğday kepeği bulunan otoklavlanmış ısıya dayanıklı fırın torbası, **b.** Buğday kepeği üzerine SNA besiyerinde geliştirilmiş *Fusarium culmorum*'un bulaştırılması, **c.** Bulaşık kepeğin karıştırılıp ağzının steril pamuk ile kapatılması, **d.** *Fusarium culmorum* ile kolonize olmuş 10 günlük kepek, **e.** Üzerinde *F. culmorum* gelişmiş kepeğin elek yardımı ile küçük parçalara ayrılması, **f.** Gelişmiş kepeğin distile su ile süspansiyonu, **g.** Kullanılmak üzere tülbent bezi ile süzülmesi, **h.** Elde edilen *Fusarium culmorum* süspansiyonunun mikroskop altındaki görüntüsü, **i.** Hazırlanmış süspansiyonun dikimden bir hafta sonra inokule edilmesi.

3.3 *Pratylenchus thornei* ve *Fusarium culmorum* interaksiyonunun büyütme odası koşullarında buğdayda test edilmesi

Denemede kullanılacak buğday tohumları, ilk aşamada çeşme suyu ile yıkandıktan sonra, %1'lik NaClO (çamaşır suyu)'de 3 dakika boyunca bekletilmiştir. Daha sonra 3 kez SDS ile yıkanmıştır. Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar, içerisinde nemlendirilmiş kurutma kağıdı bulunan steril petri kaplarına her petriye 15 tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Petriler 3-4 gün boyunca 19 °C' ye ayarlı inkübatörde çimlenmeye bırakılmıştır. Günlük olarak petrilerin su takibi yapılmış ve gerekli görüldükçe yeterli miktarda su ilave edilmiştir.

Her bir tüpe *P. thornei* ve *F. culmorum* inokulasyonu Tablo 2'de özetlendiği gibi, aynı ve farklı zaman aralıklarında uygulanmıştır.

İçine dikim yapılmış her bir tüpe, mililitrede 400 adet nematod ve mililitrede 1×10^6 *F. culmorum* sporu bir arada ve/veya ayrı olacak şekilde bulaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek amacıyla bir uygulamaya hastalık bulaştırılmamıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan uygulamaların listesi ve *Pratylenchus thornei*, *Fusarium culmorum* türlerinin uygulama zamanı.

No	Karakter
T1	Nematod (DSU - 0)
T2	Fungus (DSU - 0)
T3	Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)
T4	Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)
T5	Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)
T6	Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)
T7	Kontrol

DSU: Dikim sonrası uygulama zamanı, DSU – 0: Dikimle aynı gün uygulama, DSU – 7: Dikimden bir hafta sonra uygulama

Denemeler 7 karakter ve 4 tekerrürlü olarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve tekrar edilmiştir.



Fotoğraf 3.3 Büyütme odasında test edilme hazırlıkları

a. Buğday genotiplerinin steril edilmesi, **b.** 19 °C inkübatörde 3-4 gün boyunca çimlenmiş buğdaylar, **c.** Dikimle aynı gün *Pratylenchus thornei* inokulasyonu, **d.** Dikimden 7 gün sonra *Fusarium culmorum* inokulasyonu.

3.4 Uygulamaların Değerlendirilmesi

Nematod değerlendirmesi; topraktaki ikinci dönem larva popülasyonunun belirlenmesinde “Geliştirilmiş Baermann-Huni Yöntemi” kullanılmıştır (Hooper, 1986). Burada 12 cm çapında, 2 cm yüksekliğinde plastik petriler ve petrilerin içerisine girebilen elekler kullanılmıştır. Eleklerin yüzeyine bir çift filtre kağıdı ıslatılarak elek üzerine serilmiştir. Daha sonra her saksıdaki toprak elek üzerine yerleştirilmiştir. Petri kutularının içerisinde elekte bulunan topraklar ıslanmaya kadar alt taraftan su eklenmiş ve iki gün boyunca suları kontrol edilmiştir. Bu şekilde 48 saat içerisinde toprakta bulunan nematodların petri kutusundaki suya geçişi sağlanmıştır (Fotoğraf 3.4 c, f ve g). Daha sonra 48 saat bekleyen petri içerisindeki su, 100 ml’lik uzun mezürlere alınmış ve nematodların dibe çökmesi

için en az 8 saat beklenmiştir. Mezürdeki su en az 8 saat bekledikten sonra 10 ml su kalacak şekilde ve dipteki nematodlara zarar gelmeden üst taraftan alınmıştır. Mezürdeki kalan 10 ml su 10 ml'lik tüplere alınmış ve bu tüplerde en az 2 saat bekletilmiştir (Fotoğraf h ve ı). En az 2 saat bekleyen tüpteki örnekler 1 ml'ye pastor pipet yardımıyla indirilerek 50 µl'de ışık mikroskopunda sayımlar gerçekleştirilmiş ve 100 g topraktaki ikinci dönem larva sayıları hesaplanmıştır (Hooper, 1986).

Hastalık değerlendirilmesi dikimden dokuz hafta sonra yapılmıştır. *Fusarium culmorum*' un sebep olduğu kök boğazı çürüklüğü hastalığı okuması Wildermuth ve McNamara (1994) alışmasından modifiye edilen ve Erginbaş-Orakcı vd. (2018) tarafından kullanılan 1-5 skalası ile yapılmıştır. Bitkilere kök boğazındaki kahverengileşme yüzdesine göre skala değeri verilmiştir. Kullanılan skalada, kök boğazındaki kahverengileşme yüzdesi sırasıyla; %1-9= 1 (dayanıklı), %10-29= 2 (orta derecede dayanıklı), %30-69= 3 (orta derecede hassas), %70-89= 4 (hassas) ve %90-99= 5 (ok hassas) olarak değerlendirme yapılmıştır.

Uygulamaların *P. thornei* yoğunluğu, *F. culmorum* skoru, bitki kök ağırlığı, bitki kök uzunluğu, bitki uzunluğu ve bitki ağırlıkları esas alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Uygulamalara ait değerlere tek yönlü varyans analizi yapılarak One-way ANOVA ile uygulamaların etkisi arasındaki farklılık istatistiksel olarak teyit edilmiştir. ortalamaların karşılaştırması Duncan testine göre $p \leq 0.05$ düzeyinde yapılmıştır.



Fotoğraf 3.4 Deneme hasat aşamaları **a.** Dikimden 7 gün sonra buğdayların görüntüsü, **b.** Hasat öncesi buğdayların görüntüsü, **c.** Tüpten nematod ekstraksiyonu için petri üzerine toprağın çıkarılması, **d.** Skor verilmek üzere kök boğazının yıkanması, **e.** 1-5 skalası skor sıralamasına göre kök boğazları, **f** ve **g.** Baermann huni yöntemi ile kök ve topraktaki nematodların suya geçirilmesi, **h.** İki gün bekleyen petrilere suyun mezürlere alınması, **i.** Bir gün sonra mezürlerde çökmüş durumdaki nematodları sayım için tüplere almak üzere suyun 15 ml'ye indirilmesi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada *P. thornei* ve *F. culmorum* ayrı ayrı ve birlikte olmak üzere yedi farklı uygulamasının buğday genotipine bağlı olarak interaksiyonları ve bitki biomass (kök ağırlığı, kök uzunluğu, bitki uzunluğu ve bitki ağırlığı) parametrelerine olan etkisi araştırılmıştır.

Çalışma sonucunda, *P. thornei* ve *F. culmorum*'un birlikte inokulasyonunda, nematod yoğunluğu ve hastalık skorunu çalışmada kullanılan çeşitler [Seri 82 (Hassas), Bezostaya (Hassas), GS50A (Orta dayanıklı) ve CROC_1/AE.SQUARROSA (224)/OPATA (Orta dayanıklı)] bazında ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1 Seri 82 Hassas Buğday Genotipi

Seri 82 buğday genotipinde uygulamalar bazında hastalık şiddeti [$F(6,55) = 51.592$; $p = 0.000$] ve nematod [$F(6,55) = 27.402$; $p = 0.000$] popülasyonları arasında istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiştir. *Fusarium culmorum* skoru “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 3.38 ± 0.51), “Fungus (DSU - 0)” uygulaması ise en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 2.75 ± 0.46). (Tablo 4.1)

Tablo 4.1.Seri 82 hassas buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi [Ortalama±St. Hata (min-max)].

Karakterler	Hastalık şiddeti	Nematod yoğunluğu (ml)	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Ağırlığı (g)	Bitki Uzunluğu (cm)	Bitki Ağırlığı (g)
Nematod (DSU - 0)	1±0 (1-1) (a)	133±42 (73-204) (b)	9.8±2.3 (6.5-13) (a)	0.31±0.12 (0.18-0.54) (ab)	49±4.0 (42-53) (ab)	7±17 (0.66-50) (a)
Fungus (DSU - 0)	2.75-0.46 (2-3) (b)	0-0 (0-0) (a)	17.7±2.2 (15-22) (cd)	0.43±0.13 (0.24-0.58) (ab)	48±6 (39.5-55) (ab)	0.74±0.31 (0.24-) (a)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)	3.37±0.51 (3-4) (b)	61±28 (23-101) (a)	10.1±2.3 (7-14) (a)	0.17±0.11 (0.0-0.3) (a)	51±4 (44-56) (ab)	0.85±0.32 (0.39-) (a)
Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)	3.25±0.46 (3-4) (b)	125.5±45 (74-196) (b)	11.3±2.3 (9-16.5) (abc)	0.28±0.13 (0.12-0.46) (ab)	50±2 (46-53) (ab)	0.92±0.18 (0.69-) (a)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)	3.25±0.46 (3-4) (b)	170±65 (100-251) (b)	12.9±5.2 (3-20) (ab)	0.19±0.15 (0.03-0.37) (ab)	49±2 (44-52) (ab)	0.71±0.18 (0.38-1) (a)
Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)	3.12±0.35 (3-4) (b)	141±31 (93-181) (b)	16.4±3.4 (12.5-21) (bcd)	0.46±0.17 (0.23-0.68) (b)	54±3 (47-57) (b)	1.21±0.3 (0.87-) (a)
Kontrol	1±0 (1-1) (a)	0-0 (0-0) (a)	18±4 (10-24) (d)	0.45±0.19 (0.06-0.69) (ab)	49±3 (46-54.5) (a)	1±0.1 (0.77-) (a)

DSU: Dikim sonrası uygulama zamanı, DSU – 0: Dikimle aynı gün uygulama, DSU – 7: Dikimden bir hafta sonra uygulama *Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($p \leq 0.05$)

Pratylenchus thornei yoğunluğu ise “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama sahip olurken (Ort=170±65), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” ise en düşük ortalama görülmüştür (Ort=61±28) (Tablo 4.1).

Seri 82 buğday genotipinde uygulamalar bazında kök uzunluğu [F (6,54) = 8.537; p= 0.000] ve kök ağırlığı [F (6,54) = 5.104; p= 0.000] değerleri arasında istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır.

Bitki kök uzunluğu “Kontrol” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 18.25±4), “Nematod (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 9.88±2.3). Kök ağırlığı “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 0.46±0.17), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 0.19±0.15) (Tablo 4.1).

Bitki uzunluğu “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 54,61±3), “Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 48.31±6). Bitki ağırlığı “Nematod (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 7±17), “Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 0.74±0.31) (Tablo 4.1).

4.2 Bezostaya Hassas Buğday Genotipi

Bezostaya hassas buğday genotipinde uygulamalar bazında hastalık şiddeti [F (6,55) = 79.411; p= 0.000] ve nematod [(F (6,55) = 22.120; p= .000)] popülasyonları arasında istatistiksel farklılık tespit edilmiştir. *Fusarium culmorum* şiddeti “Fungus (DSU - 0)” ve “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” uygulamalarında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 3.00±0) , “Fungus (DSU - 0) +Nematod (DSU - 7)” uygulaması ise en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 2.00±0). *Pratylenchus thornei* yoğunluğu ise “Nematod (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama sahip olurken (Ort= 302.13±70), “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” ise en düşük ortalama görülmüştür (Ort= 140.25±44). (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Bezostaya buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi. [Ortalama±St. Hata (min-max)].

Karakterler	Hastalık şiddeti	Nematod yoğunluğu (ml)	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Ağırlığı (g)	Bitki Uzunluğu (cm)	Bitki Ağırlığı (g)
Nematod (DSU - 0)	1±0 (1-1) (a)	302±70 (190-436) (d)	13.4±2.4 (11-17) (a)	0.7±0.3 (0.2±1.1) (bc)	58±5 (51-66) (b)	1.55±0.24 (1.28-1.98) (b)
Fungus (DSU - 0)	3±0 (3-3) (d)	0-0 (0-0) (a)	11.5±2.5 (8-15) (a)	0.67±0.32 (0.34-1.33) (ab)	58±2 (53-62) (b)	1.2±0.2 (0.7-1.5) (ab)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)	2.6±0.5 (2-3) (d)	271±145 (84-485) (cd)	14±3 (9-20) (a)	0.7±0.4 (0.2-1.4) (ab)	58±2 (54-63) (b)	1.1±0.3 (0.6±1.8) (ab)
Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)	2±0 (2-2) (b)	150±66 (76-250) (bc)	13±4 (7-22) (a)	1.2±0.7 (0.5-2.8) (c)	59±6 (54-75) (b)	1.3±0.2 (0.9-1.6) (ab)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)	2.6±0.5 (2-3) (c)	174±53 (108-257) (bcd)	15±6 (8-24) (a)	0.9±0.3 (0.6-1.3) (ab)	58±2 (55-62) (b)	1.4±0.2 (1-1.8) (ab)
Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)	3±0 (3-3) (d)	140±44 (93-201) (b)	14±6 (8-26) (a)	0.8±0.3 (0.3-1.4) (ab)	55±4 (46-62) (b)	1.2±0.2 (0.8-1.5) (a)
Kontrol	1±0 (1-1) (a)	0-0 (0-0) (a)	14±3 (7-18) (a)	0.5-0.1 (0.4-0.6) (a)	52±4 (45-57) (a)	1.3±0.2 (0.8-1.6) (ab)

DSU: Dikim sonrası uygulama zamanı, DSU – 0: Dikimle aynı gün uygulama, DSU – 7: Dikimden bir hafta sonra uygulama *Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir (p ≤ 0.05)

Bezostaya buğday genotipinde uygulamalar bazında kök ağırlığı [$F(6,54) = 2.324$; $p = .047$] ve bitki uzunluğu [$F(6,54) = 2.569$; $p = .030$] değerleri arasında istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır.

Bitki kök uzunluğu “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 15.88 ± 6), “Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 11.5 ± 2.5). Kök ağırlığı “Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 1.24 ± 0.7), “Kontrol” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 0.57 ± 0.1) (Tablo 4.2).

Bitki uzunluğu “Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 59.25 ± 6), “Kontrol” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 52.56 ± 4). Bitki ağırlığı “Nematod (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 1.55 ± 0.24), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 1.1 ± 0.3) (Tablo 4.2).

4.3 GS50A Orta Dayanıklı Buğday Genotipi

GS50A Orta dayanıklı buğday genotipinde uygulamalar bazında hastalık şiddeti [$F(6,55)= 48.338$; $p= 0.000$] ve nematod [$F(6,55)= 34.987$; $p= 0.000$] popülasyonları arasında istatistiksel farklılık tespit edilmiştir. (Tablo 4.3)

Fusarium culmorum şiddeti “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 3.50 ± 0.5), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” uygulaması ise en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 2.50 ± 0.5). *Pratylenchus thornei* yoğunluğu ise “Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 153.75 ± 37), “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” ise en düşük ortalama değere sahiptir (Ort= 48 ± 26). (Tablo 4.3).

GS50A buğday genotipinde uygulamalar bazında kök ağırlığı [$F(6,55)= 2.305$; $p= 0.049$], bitki uzunluğu [$F(6,55)= 3.408$; $p= 0.007$] ve bitki ağırlığı [$F(6,55)= 3.526$; $p= 0.006$] değerleri arasında istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır (Tablo 4.3).

Bitki kök uzunluğu “Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 25 ± 26), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 13.88 ± 3). Kök ağırlığı “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 1 ± 0.5), “Kontrol” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 0.5 ± 0.1) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. GS50A buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi [Ortalama±St. Hata (min-max)].

Karakterler	Hastalık Şiddeti	Nematod yoğunluğu (ml)	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Ağırlığı (g)	Bitki Uzunluğu (cm)	Bitki Ağırlığı (g)
Nematod (DAP - 0)	1±0 (1-1) (a)	113±41 (62-171) (c)	16±1 (14-19) (a)	0.7±0.3 (0.4-1.5) (a)	54±6 (46-65) (c)	1.6±0.8 (1.1-2.8) (c)
Fungus (DSU - 0)	3.1±0.3 (3-4) (bc)	0-0 (0-0) (a)	16±6 (5-26) (a)	0.6±0.3 (0.1±1.0) (a)	45±4 (40-52) (a)	1.1±0.3 (0.3-1.4) (bc)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)	2.5±0.5 (2-3) (b)	130±41 (80-200) (c)	15±2 (12-21) (a)	1±0.5 (0.5-1.7) (a)	52±7 (44-69) (bc)	1.2±0.4 (0.8-2.2) (bc)
Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)	3.1±0.6 (2-4) (bc)	153±37 (103-205) (d)	25±26 (12-91) (a)	1±0.5 (0.3-2.1) (a)	46±3 (41-50) (ab)	1±0.6 (0.2-2.2) (bc)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)	3.5±0.5 (3-4) (c)	71±24 (33-95) (bc)	13±3 (9-18) (a)	0.5±0.2 (0.1-0.9) (a)	49±3 (42-53) (abc)	0.9±0.2 (0.6-1.2) (ab)
Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)	3.2±0.4 (3-4) (c)	48±26 (18-89) (b)	17±3 (13-22) (a)	0.6±0.4 (0.1-1.5) (a)	48±2 (46-55) (ab)	0.7±0.3 (0.2-1.4) (a)
Kontrol	1±0 (1-1) (a)	0-0 (0-0) (a)	14±2 (11-17) (a)	0.5±0.1 (0.3-0.7) (a)	49±3 (45-58) (ab)	1.3±0.3 (0.6-1.8) (bc)

DSU: Dikim sonrası uygulama zamanı, DSU – 0: Dikimle aynı gün uygulama, DSU – 7: Dikimden bir hafta sonra uygulama *Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($p \leq 0.05$)

Bitki uzunluğu “Nematod (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 54±6), “Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 45±4). Bitki ağırlığı “Nematod (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 1.6±0.8), “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 0.79±0.3) (Tablo 4.3).

4.4 CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA Orta Dayanıklđ Buğday Genotipi

CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA Orta dayanıklı buğday genotipinde uygulamalar bazında hastalık şiddeti [F(6,55)= 29.989; p= 0.000)] ve nematod [(F(6,55)= 10.566; p= 0.000)] popölasyonları arasında istatistiksel farklılık tespit edilmiştir.

Fusarium culmorum şiddeti “Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 3.13±0.3), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” uygulaması ise en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 1.63±0.5). *Pratylenchus thornei* yoğunluğu ise “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en yüksek ortalamaya sahip olurken (Ort= 28.67±14), “Nematod (DSU - 0)” ise en düşük ortalama görölmüştür (Ort= 10.88±5) (Tablo 4.4).

CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA (Orta dayanıklı) buğday genotipinde uygulamalar bazında yalnızca kök ağırlığı [F(6,55)= 3.174; p= 0.011)] değerleri arasında istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA buğday genotipinde uygulamaların hastalık şiddeti, nematod yoğunluğu (ml) ve bazı biomass değerlerine etkisi [Ortalama±St. Hata (min-max)].

Karakterler	Hastalık Şiddeti	Nematod yoğunluğu (ml)	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Ağırlığı (g)	Bitki Uzunluğu (cm)	Bitki Ağırlığı (g)
Nematod (DSU - 0)	1±0 (1-1) (a)	10±5 (5-21) (ab)	16±2 (12-20) (a)	1.6±1.2 (0.2-3.2) (a)	47±3 (44-52) (ab)	1.4±0.5 (0.6-2.1) (a)
Fungus (DSU - 0)	3.1±0.3 (3-4) (d)	0-0 (0-0) (a)	18±4 (11-25) (a)	2.2±0.8 (1-3.6) (c)	48±4 (44-59) (ab)	1.1±0.5 (0.3-2.0) (a)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)	1.6±0.5 (1-2) (b)	25±20 (8-56) (b)	16±2 (13-20) (a)	1.9±1.1 (0.6-4.5) (bc)	49±4 (45-58) (b)	1.5±0.8 (0.9-3.2) (a)
Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)	2.4±0.5 (2-3) (c)	22±7 (15-37) (b)	16±2 (12-20) (a)	1.1±0.8 (0.2-2.7) (ab)	44±4 (35-49) (a)	1.2±0.6 (0.3-2.2) (a)
Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)	2.4±0.5 (2-3) (bc)	28±14 (11-48) (b)	15±4 (8-20) (a)	0.9±0.6 (0.2-1.8) (a)	49±3 (46-56) (ab)	1.2±0.2 (0.7-1.7) (a)
Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)	2.3±0.5 (2-3) (c)	19±5 (10-26) (b)	19±3 (16-25) (a)	1.2±1.3 (0.3-4) (a)	48±3 (43-52) (ab)	1.2±0.6 (0.2-2) (a)
Kontrol	1±0 (1-1) (a)	0-0 (0-0) (a)	18±1 (16-20) (a)	2.6±0.6 (1.8-3.8) (c)	47±4 (42-55) (ab)	1.8±0.4 (1.3-2.7) (a)

DSU: Dikim sonrası uygulama zamanı, DSU – 0: Dikimle aynı gün uygulama, DSU – 7: Dikimden bir hafta sonra uygulama *Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($p \leq 0.05$)

Bitki uzunluğu “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 49.44±4), “Fungus (DSU - 0) + Nematod (DSU - 7)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 44±4). Bitki ağırlığı “Kontrol” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 1.80±0.4), “Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 1.14±0.5) (Tablo 4.3).

Bitki kök uzunluğu “Nematod (DSU - 7) + Fungus (DSU - 7)” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 19,19±3), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 15.44±4). Kök ağırlığı “Kontrol” uygulamasında en yüksek ortalama değere sahip olurken (Ort= 2.69±0.6), “Nematod (DSU - 0) + Fungus (DSU - 0)” uygulamasında en düşük ortalama değere sahip olmuştur (Ort= 0.95±0.6) (Tablo 4.4).

5. TARTIŞMA

Kök yara nematodu *P. thornei* ve Kök boğazı çürüklüğü etmeni *F. culmorum* bitkide birbirleri ile etkileşim halinde oldukları, fungusun veya nematodun beslenmesi ile, patojen enfeksiyonunun da arttığı birçok araştırmada rapor edilmiştir (Nord-Meyer ve Sikora, 1983). Bazı *Fusarium* spp. tür ya da türlerinin bitki paraziti nematodlara karşı bileşikler salgılayarak yumurtadan çıkışı, canlılığı ve hareketi etkilediği bildirilmiştir (Nitao vd., 1999; 2001). Bu çalışmada toprak kökenli iki patojenin farklı inokulasyon zamanlarında birbirleriyle olan etkileşiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada *P. thornei* ve *F. culmorum*'un ayrı ve birlikte olmak üzere yedi farklı uygulamasının buğday genotipine bağlı olarak interaksiyonları ve bitki biomass (kök ağırlığı, kök uzunluğu, bitki uzunluğu ve bitki ağırlığı) parametrelerine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, *P. thornei* ve *F. culmorum*'un birlikte inokulasyonunda, nematod yoğunluğu ve hastalık skorunun en yüksek seviyeye ulaştığı, bitki biomass'ının (kök ağırlığı, kök uzunluğu, bitki uzunluğu ve bitki ağırlığı) düştüğü tespit edilmiştir. Hassas genotiplerde bitki biomass değerlerinin zayıf, orta dayanıklı çeşitlerde ise oldukça güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Uygulama zamanının buğday genotipine göre değişmekle birlikte patojenlerin birbirleri ile olan interaksiyonlarını etkilediği saptanmıştır. Özdemir vd. (2022) yaptıkları çalışmada İkizce buğday çeşidinde *P. thornei*'nin üç farklı popülasyonunun *F. culmorum* ile etkileşimini farklı inokulasyon zamanlarında araştırmışlardır. Çalışmada nematod popülasyonunun patojenite üzerine etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Üreme oranı en düşük *P. thornei* popülasyonu ile fungus arasında bir etkileşim saptamamışlardır. En yüksek üreme oranına sahip *P. thornei* popülasyonunda ise tek başına nematod uygulamasına göre birlikte inokulasyonlarında nematod yoğunluğunun arttığını saptamışlardır. Aynı zamanda nematod uygulamasından iki hafta önce fungus uygulaması yapıldığında *P. thornei*'nin yüksek üreme oranına sahip popülasyonlarında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada sadece en yüksek üreme oranına sahip *P. thornei* popülasyonu ile *F. culmorum* arasında sinerjistik etki bulduklarını belirtmişlerdir. Hajihassani vd. (2013), *P. thornei* ve *F. culmorum* patojenlerinin birlikte inokulasyonlarının kışlık buğdayın büyümesi ve verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tek tek inokule edildiklerinde inokulasyon yapılmamış kontrolle karşılaştırıldığında her iki patojenin de bitki boyunu, sürgün

ağırlığını, kök ağırlığını ve tane verimini azalttığını saptamışlardır. *P. thornei*'nin üreme oranının, *F. culmorum* ile birlikte inokulasyonunda büyük ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir. Her iki bitki büyüme evresindeki hastalık şiddeti değerlendirmeleri nematod yoğunluğu arttıkça arttığını ve her iki patojenin mevcudiyetinde çok daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Birlikte inokule etmenin tane verimi üzerindeki etkileri tek başlarına olan etkilerinden fazla olduğunu bunun da verim düşüşü üzerinde sinerjistik bir etki olduğunu düşündüğünü belirtmişlerdir. Özdemir (2020), Isparta ve Burdur'da bitki paraziti nematodları belirlemiş ve buğdayda endoparazit nematodların *Fusarium culmorum* ile etkileşimlerinin araştırmıştır. İki patojenin bitki gelişime etkisini incelediğinde bitki türünün önemli olduğunu belirtmiştir. Dayanıklı bitkilerde parametre değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Tek başına nematod uygulamasında bitki gelişim parametrelerinin tek başına fungus uygulamasına göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Tek başına nematod uygulamasının bitki değerine olan etkisinin fungusla birlikte olan etkisinden daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada Seri 82 (Hassas), Bezostaya (Hassas), GS50A (orta dayanıklı) ve CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA (orta dayanıklı) buğday genotipleri kullanılmıştır. Söz konusu çeşitlerin *P. thornei* ve *F. culmorum*'a karşı reaksiyonları birçok araştırmada ortaya konulmuştur. Seri 82 buğday genotipinde en yüksek nematod popülasyonu dikimle aynı gün hem nematod hem fungus uygulaması yapıldığında bulunmuştur. Tek verildiği uygulamaya göre birlikte inokulasyon yapıldığı uygulamalarda genel olarak daha yüksek nematod popülasyonları elde edilmiştir. *Fusarium culmorum* en yüksek skala değerine dikimle aynı gün nematod bir hafta sonra fungus uygulaması yapıldığında ulaşmıştır. Aynı şekilde *F. culmorum* da tek başına inokulasyonuna göre birlikte inokule edildiğinde skala değeri en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Kök uzunluğu ve kök ağırlığı gibi parametrelerine bakıldığında kontrol uygulamasına göre birlikte inokulasyonlarda daha düşük veriler elde edilmiştir. Bezostaya buğday genotipinde en yüksek nematod popülasyonuna tek başına uygulandığında ulaşılmıştır. En düşük nematod popülasyon yoğunluğuna ise dikimden bir hafta sonra nematod ve fungus uygulamasında ulaşılmıştır. *Fusarium culmorum* en yüksek skala değerine tek başına uygulandığında ve dikimden bir hafta sonra nematod ile fungus uygulandığında ulaşmıştır. Kök ağırlık ve uzunluk parametrelerinin genel olarak

bakıldığında birlikte uygulamalarda düşük olduğu saptanmıştır. GS50A buğday genotipini incelediğimizde en yüksek nematod popülasyonu dikimle aynı gün fungus, bir hafta sonra nematod uygulaması yapıldığında gözlenmiştir. Fungusun en yüksek hastalık değeri ise dikimden bir hafta sonra hem fungus hem nematod uygulanmış bitkide gözlenmiştir. Bitki parametrelerine bakıldığında ise orta dayanıklı bu genotipte kontrol hattına göre değerlerin diğer hassas genotiplere oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA buğday genotipinde nematod popülasyonunda diğer buğday genotiplerine oranla ciddi düşüş saptanırken aynı zamanda fungus hastalık değerinde de düşüş saptanmıştır. *P. thornei*'nin bu orta dayanıklı buğday genotipinde tek başına uygulandığında düşük popülasyon yoğunluğuna ulaştığı görülürken, *F. culmorum* ile birlikte uygulandığında daha yüksek popülasyon yoğunluğuna ulaşmıştır. *F. culmorum*'un *P. thornei*' ye dayanıklı bu buğday genotipinde tek başına uygulandığında hastalık skalasının en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır. Bu buğday genotipinde de bitki parametlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pratylenchus thornei dünya çapında tahıl alanlarında yaygın olarak bulunan kök yara nematodudur. *Fusarium culmorum* ile sinerjistik bir etki içinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu çalışmada farklı inokulasyon zamanlarında tek başına ve birlikte olmak üzere bu iki patojen denenmiştir. Çalışma iki hassas iki orta dayanıklı olmak üzere dört farklı buğday genotipiyle yapılmıştır. Farklı inokulasyon zamanlarında farklı veriler elde edilmiştir.

İki patojenin hassas genotiplerdeki uygulamalarında bitki parametrelerine olan etkilerinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda yine birlikte uygulamalarının tek başına uygulamalarına göre bitki parametrelerini daha fazla etkilediği gözlenmiştir. Orta dayanıklı buğday genotiplerinde ise parametre değerlerinin daha yüksek olduğunu gözlenmiştir. Orta dayanıklı CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA buğday genotipinde nematod popülasyonu azalırken fungusun da hastalık şiddetinde düşüş olduğu gözlenmiştir. Aynı buğday bitkisi üzerinde tek başına yapılan uygulamada ise hastalık şiddeti yüksektir. Bu durum nematodla arasında sinerjistik bir etki olduğunu göstermektedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde birlikte inokulasyonlarda patojenlerin daha yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir. Uygulama zamanlarında buğday genotiplerine göre farklı veriler elde edilmiştir. Orta dayanıklı çeşitlerde nematod fungus yardımıyla tek başına olduğu uygulamalara göre daha yüksek popülasyona ulaşmıştır. Bu veriler sonucunda hastalık düzeyinde birlikte inokulasyonların yanı sıra buğday genotipinin önemli olduğu saptanmıştır.

Çalışma sonucunda büyük ekonomik kayıplara neden olan bu iki patojenin birbirleri ile etkileşiminde buğday genotipinin önemi ortaya koyulmuştur. Buğday üretiminin kaliteli ve verimli olabilmesi için kontrollü koşullar altında yapılan çalışmalar desteklenmeli, söz konusu bu patojenler uygulanarak dayanıklı buğday genotipleri araştırılmalı ve minimum zararın olduğu dayanıklı çeşitler yetiştirilmelidir.

7. KAYNAKÇA

(Bu tez çalışmasında APA 7th Edition atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Ahmadi, M., Mirakhorli, N., Erginbas-Orakci, G., Ansari, O., Braun, H. J., Paulitz, T., & Dababat, A. A. (2022). Interactions among cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi*, dryland crown rot *Fusarium culmorum*, and drought on grain yield components and disease severity in bread wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44(3), 415-431.
- Agrios, G. N., 1997. *Plant Pathology*, fourth edition. Academic Press Inc., London.
- 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.
- Bai, G. H., Plattner, R., Desjardins, A., Kolb, F., & McIntosh, R. A. (2001). Resistance to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. *Plant Breeding*, 120(1), 1-6.
- Buertsmaier H, Lemmens M, Hartl L, Doldi L. (2002). Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat I Resistance to fungal spread (Type II resistance). *Theor Appl Genet* 104:84–91.
- Castillo, P., & Vovlas, N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. Brill.
- Cook, R. & K. Evans, 1987. "Resistance and Tolerance, 179-231". In: *Principles and Practice of Nematode Control in Crops* (Eds. R. H. Brown & B. R. Kerry). Academic Press, Sydney, Australia, 447 pp.
- Dababat A. A., S Ashrafi, G Erginbas-Orakci, HJ Braun, W Maier, RA Sikora (2018). *JOURNAL OF NEMATOLOGY* 50 (4), 630-631.
- 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.
- Desmond, O. J., Manners, J. M., Stephens, A. E., Maclean, D. J., Schenk, P. M., Gardiner, D. M., & Kazan, K. (2008). The *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol elicits hydrogen peroxide production, programmed cell death and defence responses in wheat. *Molecular plant pathology*, 9(4), 435-445.
- Duman, N., Göksel, Ö. Z. E. R., Dababat, A., & Imren, M. (2021). Host suitability of wheat cultivars to *Pratylenchus thornei* Sher & Allen, 1953 and *Pratylenchus neglectus* (Rensch, 1924) (Tylenchida: Pratylenchidae). *Turkish Journal of Entomology*, 45(2), 245-253.
- Erginbas-Orakci, Deepmala Sehgal, D., Sohail, Q., Ogbonnaya, F., Dreisigacker, S., Pariyar, S. R. and Dababat, A. A. (2018). Identification of novel quantitative trait loci linked to crown rot resistance in spring wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 2666; doi:10.3390/ijms19092666
- Erginbas-Orakci, G., Poole, G., Nicol, J. M., Paulitz, T., Dababat, A. A., & Campbell, K. (2016). Assessment of inoculation methods to identify resistance to *Fusarium* crown rot in wheat. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123(1), 19-27. <https://doi.org/10.1007/s41348-016-0001-8>
- FCDV, (2020). *Pratylenchus thornei* ve *Fusarium culmorum* Yaşam Döngüleri. [cited 2020 June 22]. Available from <https://extensionaus.com.au>
- Ferraz, L. C. C. B. (1999). Gênero *Pratylenchus*: os nematóides das lesões radiculares. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 7, 157-193.

- Göze Özdemir, F. G. (2020). Isparta ve Burdur illeri tahıl alanlarında bitki paraziti nematodların belirlenmesi ve buğdayda endoparazit nematodların *Fusarium Culmorum* ile etkileşimlerinin araştırılması.
- GS de Hoog, F Queiroz-Telles, G Haase, G Fernandez-Zeppenfeldt, D Attili Angelis, A HG Gerrits van den Ende, T Matos, H Peltroche-Llacsahuanga, AA Pizzirani-Kleiner, J Rainer, N Richard-Yegres, V Vicente, F Yegres (2000). *Medical Mycology* 38 (sup1), 243-250.
- Hajihassani, A., Smiley, R. W., & Afshar, F. J. (2013). Effects of co-inoculation with *Pratylenchus thornei* and *Fusarium culmorum* on growth and yield of winter wheat. *Plant disease*, 97(11), 1470-1477.
- Hassan, S., & Mathesius, U. (2012). The role of flavonoids in root–rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant–microbe interactions. *Journal of experimental botany*, 63(9), 3429-3444.
- 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.
- Hooper, D. J., 1986. *Extraction of Free Living Stages from Soil*, 5-30. In: *Labarotory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes* (Ed. J. F. Southey). Her Majesty's Stationery Office, London, UK, 148 pp.
- Hovius, M. H., Proctor, J. T., & Reeleder, R. (1995). Shortening the dormancy period and improving germination in American ginseng seed. *HortScience*, 30(4), 867E-867.
- İmren, M., Çiftçi, V., YILDIZ, Ş., Kütük, H., & Dababat, A. A. (2017). Occurrence and population dynamics of the root lesion nematode *Pratylenchus thornei* (Sher and Allen) on wheat in Bolu, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(1), 35-41.
- Imren, M., Waeyenberge, L., Sami Koca, A., Duman, N., Yildiz, Ş., & Dababat, A. A. (2017). Genetic variation and population dynamics of the cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi* in wheat areas of Bolu, Turkey. *Tropical Plant Pathology*, 42, 362-369.
- Knudsen, I.M.B., Hockenhull, J. and Jensen, D.F. 1995. Biocontrol of seedling diseases of barley and wheat caused by *Fusarium culmorum* and *Bipolaris sorokiniana* : effects of selected fungal antagonists on growth and yield components. *Plant Pathol.* 44: 467–477.
- Laasli, S. E., Imren, M., Özer, G., Mokrini, F., Lahlali, R., Bert, W., ... & Dababat, A. A. (2022). Interaction of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) and crown rot fungus (*Fusarium culmorum*) associated with spring wheat resistance under simulated field conditions. *Phytoparasitica*, 50(4), 789-809.
- LaMondia, J. A. (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.
- Mergoum, M., Hill, J. P., & Quick, J. S. (1998). Evaluation of resistance of winter wheat to *Fusarium acuminatum* by inoculation of seedling roots with single, germinated macroconidia. *Plant disease*, 82(3), 300-302.
- Misirlıoğlu, B., Pehlivan, E., Misirlıoğlu, 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. *Plant Protection Bulletin*, 47(1), 13-29.
- Moody, E.H., B.F. Lownsbery and J.M. Ahmed (1973) Culture of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* on carrot discs. *J. Nematol.* 5: 225–226.

- Nicholson, P., Simpson, D. R., Weston, G., Rezanoor, H. N., Lees, A.K., Parry, D.W., & Joyce, D. (1998). Detection and quantification of *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum* in cereals using PCR assays. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 53, 17-37.
- Nicol, J. M., Bagci, A., Hekimhan, H., Bolat, N., Braun, H. J., & Trethowan, R. (2004, September). Strategy for the identification and breeding of resistance to dryland root rot complex for international spring and winter wheat breeding programs. In *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, 26th Sep–1st Oct.
- Nicol, J.M., 2002. Important nematode pests. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., Gomez Macpherson. H. (Eds.). *Bread Wheed Improvement and Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 345-366.
- Nitao, J. K., Meyer, S. L. & Chitwood, D. J. (1999). In-vitro assays of *Meloidogyne incognita* and *Heterodera glycines* for detection of nematode-antagonistic fungal compounds. *Journal of Nematology*, 31(2), 172-183.
- 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.
- Nordmeyer, D., & Sikora, R. A. (1983). on *Trigolium subterraneum*. *Revue N rnatol*, 6(2), 193-198.
- O'brien, P. A. T. R. I. C. K. (1982). European economic development: the contribution of the periphery. *The economic history review*, 35(1), 1-18.
- Owen-Smith, N., & Goodall, V. (2014). Coping with savanna seasonality: comparative daily activity patterns of a frican ungulates as revealed by gps telemetry. *Journal of Zoology*, 293(3), 181-191.
-  zdemir, F. G. G., Arici,  . E., & Elekciog lu,  . H. (2022). Buğday Bitkisinde    *Pratylenchus thornei* Popülasyonunun *Fusarium culmorum* ile Interaksiyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Universitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(5), 1042-1050.
-  zdemir, F. G. G., Arici,  . E., & Elekciog lu,  . H. Buğdayda Farklı *Fusarium culmorum* İzolatları ile *Pratylenchus thornei* Etkileşimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 1-11.
-  zdemir, F. G. G., Tosun, B., Şanlı, A., & Karadoğan, T. (2021). Türkiye’de yeti en bazı *Apiaceae* türlerinin u ucu yağlarının k k yara nematodlarına kar ı nematisidal aktiviteleri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(2), 425-433.
-  zdemir, F. G. G., Ya ar, B., & Elekciog lu, 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.
-  zdemir, F. G. G., Ya ar, B., Arici,  . E., & Elekciog lu,  . H. (2022). Interaction effect of root lesion nematodes and *Fusarium culmorum* Sacc. on disease complex in some wheat cultivars. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(1), 152-163.
-  zdemir, G.  . G., Arici,  . E., Ya ar, B., & Elekciog lu, 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.
- 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.
- Proctor, R. H., Hohn, T. M., McCormick, S. P., & Desjardins, A. E. (1995). Tri6 encodes an unusual zinc finger protein involved in regulation of trichothecene biosynthesis in *Fusarium sporotrichioides*. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(5), 1923-1930.
- Riggs, R. D. & R. P. Schuster, (1997). “Management, 388-416”. In: *The Cyst Nematodes* (Ed. S. B. Sharma). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 452 pp.

- 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.
- Sher, S. A. & M. W. Allen, 1953. Revision of the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Tylenchidae). *University of California Publications in Zoology*, 57 (6): 441-470.
- Smiley, R. W., & Nicol, J. M. (2009). Nematodes which challenge global wheat production. *Wheat science and trade*, 171-187.
- Sohail, Q., Erginbas-Orakci, G., Ozdemir, F., Jighly, A., Dreisigacker, S., Bektas, H., ... & Dababat, A. A. (2022). Genome-wide association study of root-lesion nematodes *Pratylenchus* species and crown rot *Fusarium culmorum* in bread wheat. *Life*, 12(3), 372.
- Southey, J.F. (1986) Principles of Sampling for Nematodes. In: Southey, J.F. (ed.) *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*, Her Majesty's Stationery Office, London, pp. 1-4.
- Thompson, J. P., (2008). Resistance to root-lesion nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*) in synthetic hexaploid wheats and their durum and *Aegilops tauschii* parents. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59 (5): 432-446.
- Toktay, H., (2008). Resistance of Some Spring Wheat against *Pratylenchus thornei* Sher Et Allen Tylenchida: *Pratylenchidae*. Institute of Nature of Science of University of Cukurova, (Unpublished) PhD Thesis, Adana, Turkey, 131 pp (in Turkish with abstract in English).
- TÜİK, (2022). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 30.12.2022)
- Urwin, P. E., Lilley, C. J., McPherson, M. J., & Atkinson, H. J. (1997). Resistance to both cyst and root-knot nematodes conferred by transgenic *Arabidopsis* expressing a modified plant cystatin. *The Plant Journal*, 12(2), 455-461.
- USDA (2022). National Agricultural Statistics Service National statistic for Wheat. (Erişim 22.07.2022)
- Van Gundy, S. D., Stolzy, L. H., & Thomason, I. J. (1974). A pest management approach to the control of *Pratylenchus thornei* on wheat in Mexico. *Journal of Nematology*, 6(3), 107.
- Vanstone, V. A., & Russ, M. H. (2001). Ability of weeds to host the root lesion nematodes *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei* I. Grass weeds. *Australasian Plant Pathology*, 30, 245-250.
- 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(7), 877-885.
- Waldron, B. L., Moreno-Sevilla, B., Anderson, J. A., Stack, R. W., & Froberg, R. C. (1999). RFLP mapping of QTL for *Fusarium* head blight resistance in wheat. *Crop Science*, 39(3), 805-811.
- Windels, C. E. (2000). Economic and social impacts of *Fusarium* head blight: changing farms and rural communities in the Northern Great Plains. *Phytopathology*, 90(1), 17-21.
- Wildermuth, G. B., & McNamara, R. B. (1994). Testing wheat seedlings for resistance to crown rot caused by *Fusarium graminearum* Group 1.
- Yıldız, Ş. (2007). Studies on the nematode fauna and biodiversity of Şanlıurfa. *Zirai Mücadele Teknik Talimatları Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı TAGEM* (2008)