T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

KAYSERİ VE NİĞDE İLLERİNDE ELMA YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN TESPİTİ VE KÖK YARA NEMATODLARININ [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] BAZI ELMA ANAÇLARINA KARŞI KONUKÇU REAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Hazırlayan
Ebubekir YÜKSEL

Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Doktora Tezi

Eylül 2021
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

KAYSERİ VE NİĞDE İLLERİNDE ELMA YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN TESPİTİ VE KÖK YARA NEMATODLARININ [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] BAZI ELMA ANAÇLARINA KARŞI KONUKÇU REAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Ebubekir YÜKSEL

Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Eylül 2021
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ebubekir YÜKSEL

İmza

YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

"Kayseri ve Niğde İllerinde Elma Yetiştiriciliği Yapılan Alanlarda Bitki Paraziti Nematodların Tespiti ve Kök Yara Nematodlarının [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] Bazı Elma Anaçlarına Karşı Konukçu Reaksiyonlarının Belirlenmesi" adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan **Danışman**

Ebubekir YÜKSEL Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

İmza İmza

Bitki Koruma ABD Başkanı

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

İmza

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL'e, Prof. Dr. Mustafa İMREN'e, Doç. Dr. Göksel ÖZER'e ve Doç. Dr. Refik BOZBUĞA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Nagihan DUMAN'a, İrem TURAN'a, Salih TAŞÇI'ya, Asım GÜMÜŞSOY'a ve Merve ÜNAL'a teşekkür ederim.

Ayrıca; yaşamımın her aşamasında sabır göstererek beni daima destekleyen AİLEM'e sonsuz saygı ve sevgilerimi sunarım. Çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteğiyle yanımda varlığını hep hissettiğim sevgili eşim Gamze YÜKSEL'e ve varlığıyla hayatıma neşe ve sevinç katan oğlum Çağan YÜKSEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının bir kısmı TÜBİTAK(3501)-120R019 no'lu proje tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Ebubekir YÜKSEL

Eylül 2021, KAYSERİ

KAYSERİ VE NİĞDE İLLERİNDE ELMA YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN TESPİTİ VE KÖK YARA NEMATODLARININ [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] BAZI ELMA ANAÇLARINA KARŞI KONUKÇU REAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Ebubekir YÜKSEL

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi, Eylül 2021
Danışman: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

ÖZET

Bu çalışma, Kayseri ve Niğde illerinde elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki paraziti (BPN) nematodların dağılımının belirlenmesi ve en çok kullanılan elma anaçlarının Kök yara nematodlarına (KYN) [*Pratylenchus* spp. Filipjev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] karşı konukçu reaksiyonlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2019-2020 yıllarında toplam 220 adet toprak ve kök örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin incelenmesi sonucunda toplamda 8 BPN'u belirlenmiştir ve bunlar içerisinde en yaygın bulunan BPN'nun *Pratylenchus* spp. olduğu saptanmıştır. Kayseri ve Niğde'de örnekleme yapılan alanların sırasıyla %36 ve %16'sının KYN'ları ile bulaşık olduğu belirlenmiştir. Yapılan morfolojik, morfometrik ve moleküler çalışmalar sonucunda *Pratylenchus* spp.'ye ait toplamda 5 tür [*Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941; *P. thornei* Sher & Allen, 1953; *P. neglectus* (Rensch, 1924) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941; *P.crenatus* Loof, 1960 ve *Pratylenchus vulnus* Allen & Jensen, 1951] tespit edilmiş ve bunlar içerisinde her iki ilde de en yaygın bulunan türün *P. thornei* olduğu saptanmıştır. Söz konusu illerde en çok kullanılan elma anaçlarına (M9, MM106 ve MM111) karşı en yaygın bulunan iki KYN'nun (*P. thornei* ve *P. neglectus*) konukçu reaksiyonu araştırılmıştır. *Pratylenchus neglectus*'un üreme oranı tüm elma anaçlarında 1 değerinin üzerinde gerçekleşirken (Ro>1.0) *P. thornei*'nin üreme oranı test edilen tüm elma anaçlarında 1 değerinin altında kalmıştır. Elde edilen sonuçlar test edilen elma anaçlarının *P. thornei*'ye orta derecede dayanıklı olduğunu ve *P. neglectus*'a karşı hassas olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Pratylenchus* spp., Elma, Bitki paraziti nematodlar, Anaç

DETERMINATION OF PLANT PARASITIC NEMATODES AND ROOT LESION NEMATODES [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] IN APPLE CULTIVATION AREAS OF KAYSERİ AND NİĞDE PROVINCES AND HOST REACTIONS OF ROOT LESION NEMATODES AGAINST SOME APPLE ROOTSTOCKS

Ebubekir YÜKSEL

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
PhD Thesis, September 2021
Supervisor: Prof. Ramazan CANHİLAL

ABSTRACT

This study was carried out to determine the distribution of plant-parasitic (PPN) and root lesion nematodes (RLN) [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] in apple cultivation areas of Kayseri and Niğde provinces, and assess the host reactions of RLNs against the most commonly used apple rootstocks. For this purpose, a total of 220 soil and root samples were taken between the years 2019-2020. The analysis of soil samples revealed that 8 PPNs were present in sampled areas. *Pratylenchus* spp. was the most common among the PPNs determined. It was determined that 36% and 16% of the sampling areas in Kayseri and Niğde were contaminated with KYNs, respectively. As a result of morphological, morphometric, and molecular studies, a total of 5 species of RLNs [*Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941; *P. thornei* Sher & Allen, 1953; *P. neglectus* (Rensch, 1924) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941; *P.crenatus* Loof, 1960 and *Pratylenchus vulnus* Allen & Jensen, 1951] were identified and *P. thornei* was the most common species in both provinces. The host reaction of the two most encountered RLNs (*P. thornei* and *P. neglectus*) against the most commonly used apple rootstocks (M9, MM106, and MM111) in these provinces was investigated. The reproduction rate (Ro) of *P. neglectus* was found above 1 (Ro>1.0) while the reproduction rate of *P. thornei* resulted below 1 (Ro<1.0) in all apple rootstocks tested. The results revealed that the tested apple rootstocks are moderately resistant to *P. thornei* and susceptible to *P. neglectus.*

Keywords: *Pratylenchus* spp., Apple, Plant parasitic nematodes, Rootstock

İÇİNDEKİLER

KAYSERİ VE NİĞDE İLLERİNDE ELMA YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN TESPİTİ VE KÖK YARA NEMATODLARININ [*Pratylenchus* spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae: Tylenchida)] BAZI ELMA ANAÇLARINA KARŞI KONUKÇU REAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK sayfası iii
KABUL ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Dünya'da ve Ülkemizde Elma Yetiştiriciliği 5
1.2. Kök yara nematodları (KYN), *Pratylenchus* spp. 9
1.2.1. Kök Yara Nematodlarının Biyolojisi 10
1.2.2. Dağılımı 12
1.2.3. Konukçu Dizisi 13
1.2.4. Zarar Şekli ve Ekonomik Önemi 13
1.2.5. Kök Yara Nematodları ile Mücadele 15
1.2.6. Kök Yara Nematodlarının Teşhisi 18
1.3. Kök Yara Nematodları İle İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar 23
1.3.1. Türkiye'de Yapılan Önceki Çalışmalar 23
1.3.2. Dünya'da Yapılan Önceki Çalışmalar 27

2. BÖLÜM
YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Kök Yara Nematodlarının Sörvey Çalışmaları 37
2.2. Nematodların Ekstraksiyonu 39
2.3. Kök Yara Nematodlarının Saf Kültürlerinin Oluşturulması ve Kitle Üretimi 44
2.4. Nematodların Daimi Prepatlarının Hazırlanması 47
2.5. Morfolojik ve Morfometrik Teşhis 48
2.6. Moleküler Teşhis 49
2.6.1. DNA İzolasyonu 49
2.6.2. DNA Amplifikasyonu 49
2.6.3. Sekans Analizi 50
2.6.4. Soy Ağaçlarının Oluşturulması 50
2.7. Yerel Elma Anaçlarının Kök Yara Nematodlarına Karşı Reaksiyonlarının Araştırılması 51
2.8. Verilerin Analizi 53

3. BÖLÜM
BULGULAR

3.1. Sörvey Çalışmaları 54
3.2. Elde Edilen Kök Yara Nematodlarının Tanımı, Morfolojik Ölçümleri 66
3.3. Kök Yara Nematodlarının Moleküler Teşhisi 80
3.4. Konukçu Reaksiyonu Çalışmaları 84

4. BÖLÜM
TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1.Tartışma 89
4.2. Sonuç ve Öneriler 95
KAYNAKÇA 98
ÖZGEÇMİŞ 123

KISALTMALAR

% : Yüzde

%V : Vulval indeks

a : Nematod vücut uzunluğu /vücudun en geniş yeri

ABW : Anal vücut genişliği

b' : Nematod vücut uzunluğu /Oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık

b : Nematod vücut uzunluğu /özefagus uzunluğu

BPN : Bitki paraziti nematodlar

c' : Nematod kuyruk uzunluğu /Anüsteki vücut genişliği

c : Toplam nematod vücut uzunluğu /kuyruk uzunluğu

cm : Santimetre

cm^2 : Santimetrekare

DNA : Deoksiribonükleikasit

g : Gram

Ha : Hektar

Kg : Kilogram

L : Nematod vücut uzunluğu

MBW : Maximum Vücut Genişliği

n : Örnek sayısı

^oC : Santigrat derece

Overlap : Pharyngeal örtüşme

P : Pharynx Uzunluğu

PCR : Polimeraz Zincir Reaksiyonu

Pf : Son nematod popülasyonu

Pi : Başlangıç nematod popülasyonu

Ro : Üreme oranı

S : Stylet Uzunluğu

t : Ton

TL : Kuyruk Uzunluğu

Mm : Mikrometre

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye elma üretiminin son 2015-2020 yılları arasında yıllara göre dağılımı.....7
Tablo 2. Kök yara nematodlarının tür teşhisinde kullanılan morfolojik karakterler.....20
Tablo 3. Bazı *Pratylenchus* türlerinin ITS rDNA, 28S rDNA ve β-1,4-endoglükanaz bölgelerinin tür spesifik primerleri 21
Tablo 4. Kök yara nematodlarının sörvey çalışmalarının yapıldığı iller ve alınan örnek sayıları 38
Tablo 5. Kök yara nematodlarının teşhisinde kullanılan PCR döngüleri 50
Tablo 6. Konukçu reaksiyonu denemelerinde kullanılan elma anaçları ve çeşitler. 51
Tablo 7. Kayseri ilinde (KAY) elma bahçelerinden alınan toprak ve kök örneklerinin GPS koordinatları. 55
Tablo 8. Niğde ilinde (NİĞ) elma bahçelerinden alınan toprak ve kök örneklerinin GPS koordinatları. 56
Tablo 9. Kayseri ilinde alınan toprak ve kök örneklerinde karşılaşılan bitki paraziti nematodları. 57
Tablo 10. Niğde ilinde alınan toprak ve kök örneklerinde karşılaşılan bitki paraziti nematodları. 58
Tablo 11. Kayseri ili elma alanlarından 2019-2020 yıllarında alınan toprak ve kök örneklerinde bulunan kök yara nematodlarının bulunma oranları (%). 61
Tablo 12. Niğde ili elma alanlarından 2018-2019 yıllarında alınan toprak ve kök örneklerinde bulunan kök yara nematodlarının bulunma oranları (%). 61
Tablo 13. Niğde (NİĞ) ilinde sörvey çalışması kapsamında örnekleme yapılan elma bahçelerine ait toprak örneklerinde (Pozitif örnekler) bulunan *Pratylenchus* spp. yoğunlukları. 64
Tablo 14. Kayseri (KAY) ilinde sörvey çalışması kapsamında örnekleme yapılan elma bahçelerine ait toprak örneklerinde (Pozitif örnekler) bulunan *Pratylenchus* spp. yoğunlukları. 65

Tablo 15. Niğde ilinden elde edilen bazı *Pratylenchus crenatus* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları 67
Tablo 16. Kayseri ve Niğdeden elde edilen *Pratylenchus neglectus* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları 69
Tablo 17. Kayseri ilinden elde edilen *Pratylenchus penetrans* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları 71
Tablo 18. Kayseri ve Niğdeden elde edilen *Pratylenchus thornei* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları 73
Tablo 19. Niğdeden elde edilen *Pratylenchus vulnus* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları 75
Tablo 20. Kök yara nematodlarına ait izolatların moleküler yöntemlerle belirlenen türleri 81
Tablo 21. Saksı denemeleri boyunca Kayseri ilinde görülen bazı meterolojik veriler 85
Tablo 22. *Pratylenchus neglectus*'un elma anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonları çalışmalarına ait istatiksel analiz tablosu (MANOVA)..... 85
Tablo 23. *Pratylenchus neglectus*'un yaygın kullanılan elma anaçlarına karşı konukçu reaksiyonları 86
Tablo 24. *Pratylenchus thornei*'nin elma anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonları çalışmalarına ait istatiksel analiz tablosu (MANOVA)..... 87
Tablo 25. *Pratylenchus thornei*'nin yaygın kullanılan elma anaçlarına karşı konukçu reaksiyonları 88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünya elma üretiminin ülkelere göre dağılımı (%) 6
Şekil 2. Dünya elma üretiminde ilk 10 içerisinde yer alan ülkelere ait verim miktarları (Kg/ da) 6
Şekil 3. Türkiye elma üretiminin en yaygın yapıldığı bazı illere ait elma verim miktarları (Kg/ Meyve veren ağaç) 8
Şekil 4. Türkiye'de elma üretiminin en yaygın yapıldığı 10 ile ait elma üretim miktarları (Bin ton) 8
Şekil 5. Kök yara nematodları (*Pratylenchus* spp.)'nın yaşam döngüsü 12
Şekil 6. Örnekleme yapılan iller. 37
Şekil 7. Elma bahçelerinden toprak örneklerinin alınma deseni. 38
Şekil 8. Örnekleme yapılan bir elma bahçesi ait genel görünüm (Kayseri-Çubuklu) 39
Şekil 9. Toprak örneklerinin alınması (Kayseri-Develi) 39
Şekil 10. Modifiye edilmiş Baermann huni yöntemi 40
Şekil 11. Toprak ve kök örneklerinin (100 g) modifiye edilmiş Baermann huni yöntemiyle ekstrakte edilmesi 41
Şekil 12. Süspansiyonların mezüreler içine alınması 41
Şekil 13. Tüpler (2 ml) içerisinde yoğunlaştırılmış süspansiyonlar 42
Şekil 14. Ekstrakte edilen toprak ve kök örneklerinden *Pratylenchus* spp.'lerin sayılması 43
Şekil 15. İzole edilen *Pratylenchus neglectus*'a ait (KAY-3) stereo (a) ve ışık mikroskobu (b) görüntüleri (20X). 43
Şekil 16. Süspansiyonların ışık mikroskobu altında incelenmesi, *Pratylenchus* spp.'lerin belirlenmesi ve mikro pipetler yardımı ile alınması. 45
Şekil 17. İzole edilen *Pratylenchus* spp.'ler için havuçların yüzey dezenfeksiyonu, soyulması, etil alkolde (%96) bekletilmesi ve alkolde bekletilen havuçların yakılması. 45
Şekil 18. Yakılan havuçların Laminar flow içerisinde tekrar soyulması, dilimlenmesi, petrilere alınması ve parafilm ile kaplanması. 45
Şekil 19. Havuçlara Laminar flow içerisinde *Pratylenchus* spp.'lerin inokülasyonu ve parafilm ile kaplanması. 46

Şekil 20. Havuç kültürlerinin üzerinde *Pratylenchus* spp.'lerin gelişiminin gözlemlenmesi. 46
Şekil 21. İnkübatörlerde havuç disklerine inoküle edilen *Pratylenchus* spp.'lerin inkübasyonu. 46
Şekil 22. Havuç kültürüne alınan bazı *Pratylenchus* spp. izolatlarının bakteriyel ve fungal kontaminasyon nedeniyle çürümesi. 47
Şekil 23. Nematod preparatlarının hazırlanması. 47
Şekil 24. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus* spp.'e (Dişi) ait bir görüntü (Kay-24) (20X). 48
Şekil 25. Saf kültüre alınan *Pratylenchus* spp.'lerden DNA ekstraksiyonu. 49
Şekil 26. Saf kültüre alınan *Pratylenchus* spp.'lerin moleküler çalışmaları. 50
Şekil 27. Havuç disk yöntemi ile kitle üretimi yapılan *Pratylenchus thornei*'nin stereo (a) ve ışık (b) mikroskobu görüntüleri (20X). 52
Şekil 28. Saksılara *Pratylenchus thornei*'nin inokülasyonu. 52
Şekil 29. Elma fidanlarının genel görünümü. 52
Şekil 30. Kayseri ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde bitki paraziti nematodların bulunma oranları (%). 58
Şekil 31. Niğde ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde bitki paraziti nematodların bulunma oranları (%). 59
Şekil 32. Kayseri ili elma bahçelerinde örnekleme yapılan alanlardan elde edilen bitki paraziti nematodu [(*Helicotylecnhus* spp. (KAY-11)] (20X). 59
Şekil 33. Kayseri ili elma bahçelerinde örnekleme yapılan alanlardan elde edilen bitki paraziti nematodu [*Pratylenchus* spp. (KAY-7)] (20X). 60
Şekil 34. Kayseri ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodlarınon bulunma oranları (%). 62
Şekil 35. Niğde ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodlarının bulunma oranları (%). 62
Şekil 36. Kayseri ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodları türlerinin ilçelere göre dağılımı. 63
Şekil 37. Niğde ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodları türlerinin ilçelere göre dağılımı. 63

Şekil 38. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus crenatus*-KAY39 (Dişi) ait bir görüntü (20X). 76
Şekil 39. *Pratylenchus neglectus*'a (♀) (KAY-3) ait baş (a), gövde (b), genital organ (Vulva) (c) ve kuyruk bölgelerine (d) ait mikroskop görüntüleri. 77
Şekil 40. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus penetrans* KAY-24 (Dişi) ait bir görüntü (20X). 78
Şekil 41. *Pratylenchus thornei*'ye (♀) (KAY-7) ait ergin (Dişi) (a), 3. dönem juvenil (b-alt) ve yumurta (b-üst) olmak üzere farklı gelişim dönemlerinin mikroskop görüntüleri. 78
Şekil 42. *Pratylenchus thornei*'ye (♀) (NİĞ-39) ait baş (a, b), kuyruk (c) ve genital organ (Vulva) (d) b ölgelerine ait mikroskop görüntüleri. 79
Şekil 43. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus vulnus* (NİĞ-76)'a (Dişi) ait bir görüntü (40X). 79
Şekil 44. Bazı *Pratylenchus* spp. izolatlara ait jel görüntüleri. NT: Negatif Kontrol; M: Marker. 80
Şekil 45. Elde edilen Kök yara nematodu izolatlarının LSU-28S-rDNA/D2-D3 bölgelerine ait sekans analizlerine dayalı filogenetik analiz 83

GİRİŞ

Ülkemiz ılıman iklim kuşağında bulunmakta olup, dünyada yetiştiriciliği yapılan birçok ılıman meyve türünün anavatanı konumundadır (Ağaoğlu vd., 1997). Ilıman iklim meyve türleri içerisinde yer alan elma; Kafkasya'dan Anadolu'ya uzanan geniş bir anavatana sahiptir. Elmanın adaptasyon kabiliyeti yüksek olması, uzun süre depolanabilmesi ve oldukça zengin bir besin içeriğine sahip olması nedeniyle ülkemizde oldukça sevilen ve yetiştirilen bir meyve türüdür. Ülkemiz tarımsal üretim alanının yaklaşık %14'ünde meyve yetiştiriciliği yapılmakta olup, yetiştiriciliği yapılan meyveler arasında 3.6 milyon ton üretimi ile elma, üzümden sonra en çok yetiştirilen meyvedir (TÜİK, 2020). Türkiye, elma üretim alanında dünyada Çin ve ABD'den sonra 3. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2019). Elma yetiştiriciliğinde birçok hastalık, zararlı ve yabancı ot kalite ve kantite bakımından ekonomik olarak ciddi ürün kayıplarına neden olabilmektedir. Bitki paraziti nematodlar (BPN), toprak içerisinde bulunan mikroskobik canlılardır ve bitkilerin değişik kısımlarında beslenerek verim ve kalite kayıplarına neden olurlar. Genellikle toprak içerisinde bulunurlar ve bitki köklerine saldırarak köklerde çeşitli deformasyonlara, yaralanmalara, bitki dokularının çürümesine ve nihayetinde bitkilerin solmasına ve kurumasına neden olurlar. Bitki paraziti nematodların zararları, zararın büyük bir bölümünün toprak altında oluşmasından dolayı üreticiler tarafından çoğu zaman ya fark edilmez ya da çok geç fark edilirler.

Bitki paraziti nematodların varlığının belirlenmesi ise ancak yetiştiricilik yapılan araziden kök bölgesi civarından toprak, bitki ve kök örneklerinin alınması ve daha sonra bu örneklerin ekstraksiyon yapılarak mikroskop altında incelenmesi ile mümkündür (Van Bezooijen, 2006). Zararlılar içerisinde Kök yara nematodları (KYN) (*Pratylenchus* spp.) doğrudan ve dolaylı olarak ürün kaybına neden olmaktadır. Bitkilerin kılcal köklerinde su ve besin maddeleriyle beslenmelerinin yanı sıra bitki köklerinde açtıkları yaralardan toprak kökenli patojenlerin sekonder enfeksiyon

yapmalarına neden olurlar. Bu şekilde zarar görmüş bitkilerde verim ve meyve kalitesini önemli derecede düşmektedir (Nyczepir ve Halbrendt, 1993). Kök yara nematodları, kist ve kök ur nematodlarından sonra en zararlı nematod türleri içerisinde 3. sırada gösterilmektedir (Jones vd., 2013). *Pratylenchus* cinsi içerisinde yer alan kök-yara nematodlarının şimdiye kadar 101 türü tanımlanmıştır (Janssen vd., 2017a,b). Kök yara nematodlarının yaklaşık 400 bitki türünde beslenebildiği ve serin, ılıman ve tropikal iklim kuşaklarında oldukça yaygın olarak bulunduğu bildirilmektedir (Castillo ve Vovlas, 2007; Bernard vd., 2017). *Pratylenchus penetrans, P. thornei, P. neglectus, P. zeae, P. vulnus* ve *P. coffeae* KYN'ları içerisinde en yaygın bulunan türlerdir. Bu türlerin içerisinde yumuşak (Elma, armut) ve sert (Badem, şeftali, kiraz, erik) çekirdekli meyve ağaçlarında ekonomik olarak en çok zarara neden olan en önemli KYN türlerinin *P. thornei, P. neglectus, P. penetrans* ve *P. vulnus* türleridir. *Pratylenchus thornei, P. neglectus, P. penetrans* ılıman iklimlerde ve *P. vulnus*'un ise Akdeniz ikliminde daha sık görüldüğü bildirilmektedir (Nyczepir ve Becker, 1998; Castillo ve Vovlas, 2007).

KYN'ların birçoğu polifag zararlılardır ve çoğunlukla partenogenetik olarak üreyebilmektedir. KYN'lar kök içerisinde hücreler arasında hareket edebilmekte, beslenmeleri sonucunda köklerde yaralanmalara neden olmaktadır. Kök yara nematodları köklerde beslenmeleri sonucu su ve besin alınımı kısıtlanmakta ve oluşan yaralardan toprak ekosisteminde bulunan *Rhizoctonia* spp., *Phytophthora* spp., *Cylindrocarpon* spp., ve *Pythium* spp. gibi birçok toprak kökenli patojenin enfeksiyonu kolaylıkla gerçekleşebilmektedir. Ülkemizde şimdiye kadar *Pratylenchus zeae, P. thornei, P. neglectus, P. sefaensis, P. pratensisobrinus, P. penetrans, P. pratensis, P. crenatus, P. loosi, P. delattrei, P. agilis, P. mediterraneus* ve *P. vulnus* olmak üzere toplam 13 KYN türü tespit edilmiştir (Castillo ve Vovlas, 2007; Kepenekci, 2012).

Kök yara nematodlarının meyve ağaçlarındaki zarar derecesi abiyotik ve biyotik stres faktörlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Dickerson vd., 2000). *Pratylenchus coffeae*'nin turunçgillerde 4 yıllık bir sürede %80'e varan bir gelişme geriliğine neden olduğu bildirilmektedir (O'Bannon ve Tomerlin, 1973). *Pratylenchus penetrans*'ın armutta 30 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda, vişnede 80 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda ve erikte ise 320 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda gelişme geriliğine neden olduğu rapor edilmektedir (Nyczepir ve Halbrendt, 1993). Aynı KYN

türünün şeftali ağaçlarında 114 birey/100 cm^3, 228 birey/100 cm^3 ve 457 birey/100 cm^3 toprak yoğunluklarında sırasıyla %40, %60 ve %75 oranlarında zarara neden olduğu bildirilmektedir (Nyczepir ve Halbrendt, 1993). *Pratylenchus vulnus*'un M-9 ve MM-106 elma anaçlarındaki üreme oranının 1.5'ten büyük olduğu önceki çalışmalarda bildirilmektedir (Pinochet vd., 1992). Bu çalışmalar elma yetiştiriciliğinde KYN'larının mücadele edilmesi zorunlu bir zararlı olduğunu göstermektedir.

Günümüzde elma yetiştiriciliğinde KYN ile kimyasal mücadelede ruhsatlı organik fosforlu ve karbamatlı karbonlu herhangi bir nematisit bulunmaması, fumigant nematisitlerin ise toprak ekosisteminde tüm faunaya zarar veriyor olmasından dolayı, söz konusu zararlılar ile mücadele de dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımı öne çıkmaktadır. Nitekim dayanıklı çeşitlerin nematodların beslenmesini ve üremesini baskılaması, maliyetinin düşük olması, çevre dostu bir uygulama olması nedeniyle son yıllarda bitki paraziti nematodlarla mücadelede dayanıklı çeşit geliştirmeye yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Dünyada elma yetiştiriciliğinde çeşit ve anaç ıslahı çalışmalarında başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere, sırasıyla İngiltere, Yeni Zelanda, Kanada, Japonya, Çek Cumhuriyeti ve Polonya vb. ülkelerde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Günümüzde ticari olarak kullanılan anaç ve çeşitlerin birçoğu söz konusu bu ülkelerin yürüttüğü ıslah çalışmaları sonucu ortaya çıkmıştır. Islah çalışmalarını yürüten bu ülkeler dünya elma yetiştiriciliğinde birim alandan elde edilen verim miktarı bakımından da ilk sıralarda yer almaktadırlar. Ülkemizde elmada Kök yara nematodlarına karşı anaç ıslahı çalışmaları henüz yapılmamıştır ve bu konuda ciddi bir eksiklik bulunmaktadır.

Ülkemiz dünya elma üretiminde üretim alanı bakımından 3. Sırada yer alırken birim alandan elde edilen ürün miktarı bakımından ise 7. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2019). Bu nedenle birim alandan alınan verimin artırılması ancak nematoda dayanıklı veya tolerant, verimi yüksek anaç ve çeşitlerin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır.

Günümüzde elma yetiştiriciliğinde kullanılan farklı klon ve çöğür elma anaçları bulunmaktadır. Bu anaçlar içerisinde ülkemizde yetiştiriciler tarafından en çok tercih edilen anaçlar M9 bodur anaçları, MM106 yarı bodur anacı ve MM111 kuvvetli gelişen klon anaçlarıdır.

Ekonomik olarak önemli bitki paraziti nematod türlerin yeni anaç ve çeşitler üzerindeki konukçu reaksiyonunun belirlenmesi çalışmaları oldukça önemli hale gelmektedir. Meyve yetiştiriciliğinde kullanılan anaç ve çeşitlerin dayanıklılık durumlarının zararlı etmenin ırklarına göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Anaçların bitki paraziti nematod türlerine karşı dayanıklılığını etkileyen birçok abiyotik stress faktörünü arasında sıcaklığın, nematod popülasyonunu doğrudan belirleyici bir etken olduğu ve nematod türü ve ırkının virülentliğini etkileyen en önemli abiyotik etken olduğu bildirilmektedir (Fernandez vd., 1992). Bu nedenle, farklı nematod tür yada ırklarının farklı anaç ve çeşitler üzerindeki popülasyon gelişimleri ve buna bağlı olarak virülentliğinin belirlenmesi meyve yetiştiriciliğinde oldukça önemlidir.

Ülkemizde elma üretim alanlarının %18,8'i Kayseri ve Niğde'de bulunmaktadır. Bu tez çalışması ile;

-Kayseri ve Niğde'de elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki paraziti nematodların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi,

-Kök yara nematod türlerinin morfolojik ve moleküler yöntemler ile tespiti,

-Ülkemiz elma yetiştiriciliğinde kullanılan yerli elma anaçlarının KYN türlerine karşı konukçu reaksiyonlarının araştırılması amaçlanmıştır.

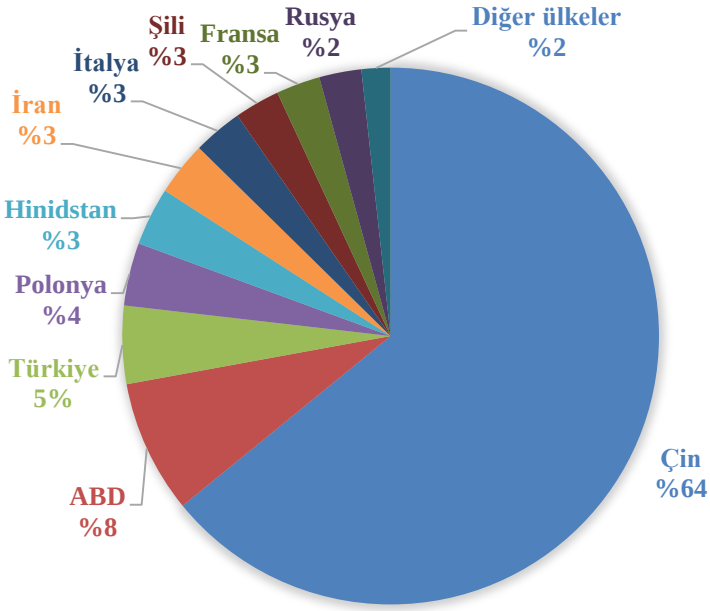
1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

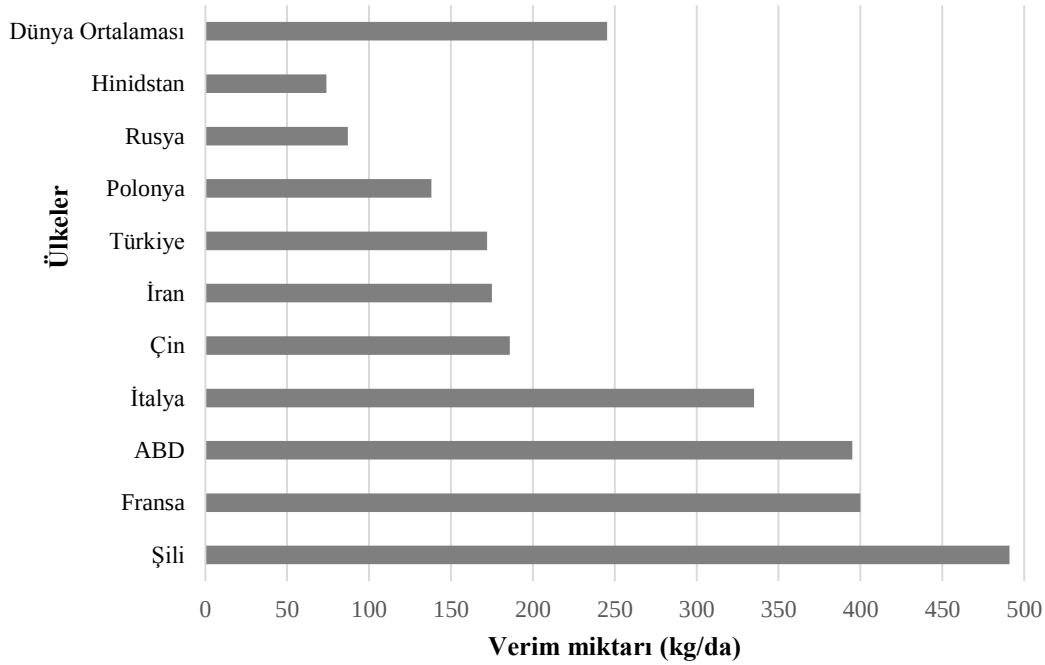
1.1. Dünya'da ve Ülkemizde Elma Yetiştiriciliği

Elma hem ülkemizde hem de dünya üzerinde oldukça geniş alanlarda üretilen ve tüketilen yumuşak çekirdekli bir meyvedir. Üretim miktarı bakımından dünyada muz ve üzümden sonra en çok üretilen üçüncü meyve türüdür. Ülkemiz elmanın anavatanı olarak bildirilen sınırlar içerisinde yer almaktadır ve ılıman iklim kuşağında yer alması nedeniyle ülkemizin neredeyse her bölgesinde elma yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde ekonomik olarak elma yetiştiriciliği ise İç Anadolu ve Göller Bölgesi'nde yapılmaktadır (Atay vd., 2010; FAO, 2019). Dünya elma yetiştiriciliğinde ülkemiz, yıllara göre değişmekle beraber genellikle ilk beş ülke içerisinde yer almaktadır. Bu sıralamanın yıllara göre sürekli değişmesinde üretim alanlarının artıırılması, farklı üretim sistemlerinin ve teknolojilerinin geliştirmesinin oldukça büyük etkisi bulunmaktadır.

Dünyanın en büyük elma üreticileri ülkeleri arasında Çin, ABD, Türkiye, Polonya, Hindistan ve İran bulunmaktadır. Dünya elma üretiminin (83 milyon ton) %5'ini Türkiye (3 milyon ton) oluşturmaktadır. Türkiye üretim miktarı bakımından ülkeler sıralamasında 3. sırada yer alırken birim alana düşen verim miktarı bakımından 7. sırada yer almaktadır (Şekil 1, 2) (FAO, 2019). Ülkemizde, elma yetiştiriciliği hemen hemen tüm illerimizde yapılmakla birlikte, ekonomik olarak yetiştiriciliği Orta Anadolu, Göller Bölgesi ve Doğu Marmara Bölgesinde yapılmaktadır. Ülkemizde elma üretim miktarları son yıllarda artış göstermektedir (Tablo 1). Ülkemizde üretilen elmaların büyük bir bölümü iç piyasaya sunularak tüketilmekte ve çok az bir bölümü yurtdışına ihraç edilmektedir (Akgül vd., 2011; Bashimov, 2016; FAOSTAT, 2019).



Şekil 1. Dünya elma üretiminin ülkelere göre dağılımı (%) (FAO, 2019).



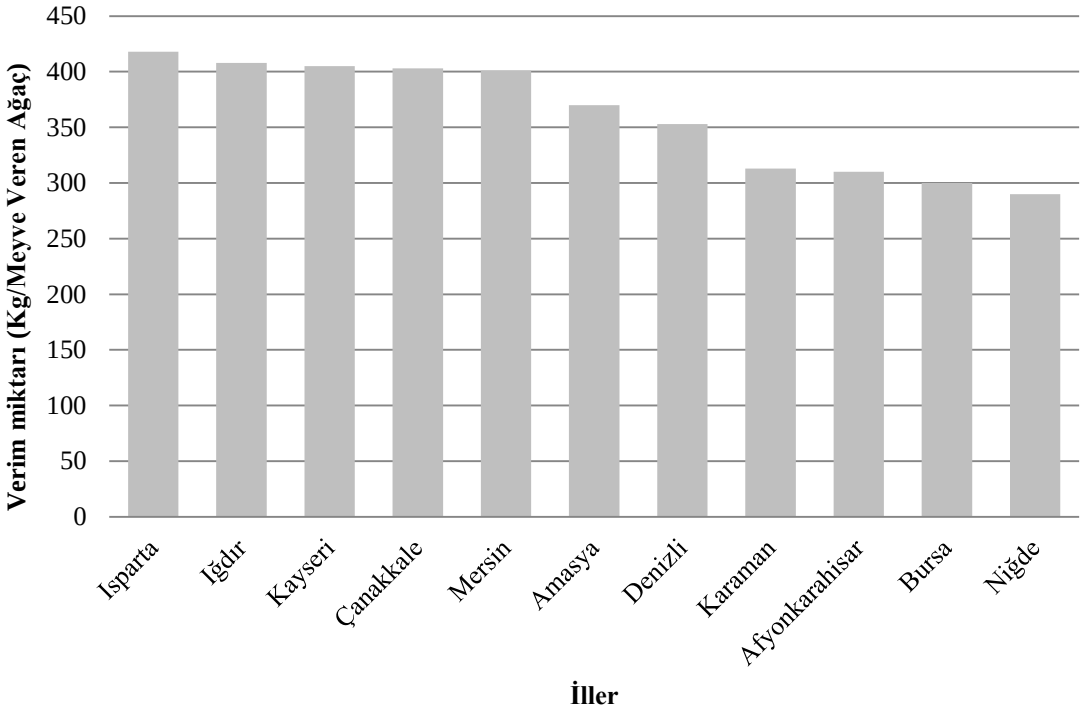
Şekil 2. Dünya elma üretiminde ilk 10 içerisinde yer alan ülkelere ait verim miktarları (Kg/ da) (FAO, 2019).

Tablo 1. Türkiye elma üretiminin son 2015-2020 yılları arasında yıllara göre dağılımı (TÜİK, 2020)

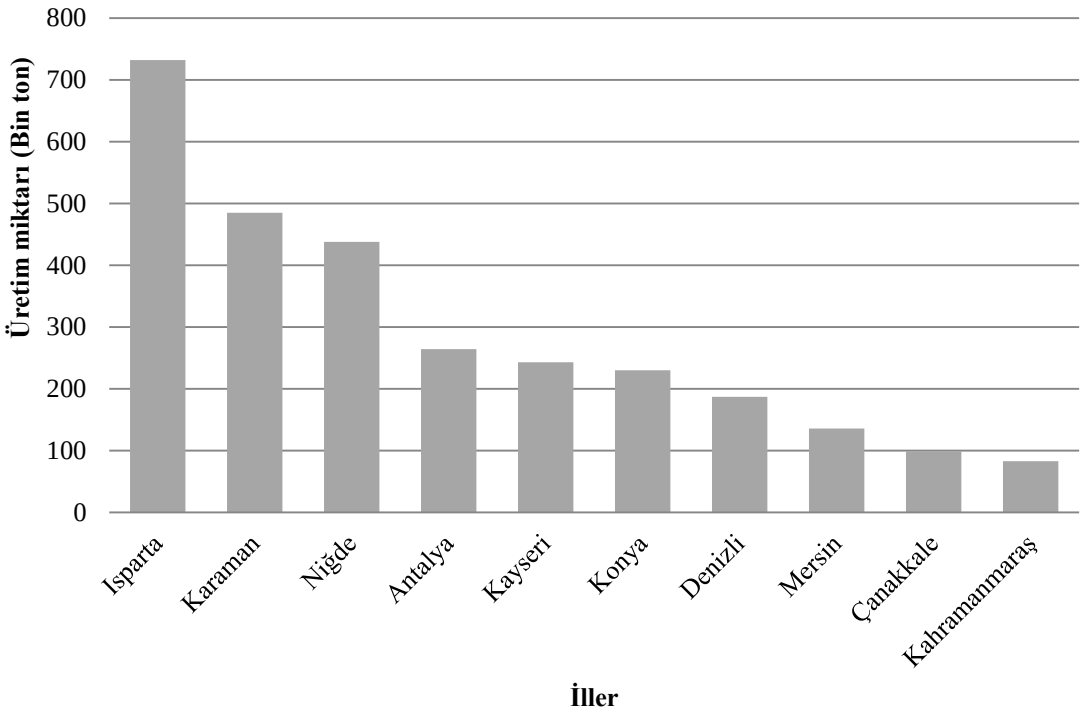
Yıl	Üretim Miktarı (ton)	Üretim alanı (da)	Verim (kg/da)
2020	3.618.752	2.057.076	288
2019	3.625.960	1.959.226	293
2018	3.032.164	1.744.388	267
2017	2.973.315	1.746.404	265
2016	2.569.759	1.676.769	250

Elma (*Malus domestica* Borkh.), Rosaceae familyası içerisinde yer alan ve soğuklama ihtiyacı olan bir ılıman iklim meyvesidir. Elma, tınlı- kumlu ve iyi drene edilmiş topraklarda daha iyi bir kök ve taç sistemi geliştirir. Günümüzde elma yetiştiriciliğinde tohum ve klon anaçlar kullanılmaktadır. Çöğür anaçlar yüksek boylu ağaçlar meydana getirmesi, geç meyveye yatması ve gençlik kısırlığı göstermelerinden dolayı üreticiler tarafından çok fazla tercih edilmemektedirler. Vejetatif olarak üretilen klon anaçlar ise daha kazançlı bir üretime olanak sağlamalarından dolayı üreticiler tarafından daha çok tercih edilmektedirler.

Ülkemizde en çok kullanılan klon anaçlar M9 (çok bodur), MM106 (yarı bodur) ve MM111 (kuvvetli) anaçlarıdır. Ülkemizde elma üretim alanlarının %40'ı Orta Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır ve en yüksek verime sahip illerden bazılarıda yine bu bölgede yer almaktadır. Ülkemizdeki elma üretiminin yaklaşık %40'ı da Orta Anadolu Bölgesi'nden elde edilmektedir (Özbek, 1978; Akgül vd., 2011; TÜİK, 2020) (Şekil 3, 4).



Şekil 3. Türkiye elma üretiminin en yaygın yapıldığı bazı illere ait elma verim miktarları (Kg/ Meyve veren ağaç) (TÜİK, 2020).



Şekil 4. Türkiye'de elma üretiminin en yaygın yapıldığı 10 ile ait elma üretim miktarları (Bin ton) (TÜİK, 2020).

1.2. Kök yara nematodları (KYN), *Pratylenchus* spp.

Şube: Nematoda Potts, 1932

Takım: Tylenchida Thorne, 1949

Alttakım: Tylenchina Chitwood & Chitwood, 1950

Familya: Pratylenchidae Thorne, 1949

Altfamilya: Pratylenchinae Thorne, 1949

Cins: *Pratylenchus* Filipjev, 1936

Kök yara nematodları Pratylenchidae (Thorne, 1949) familyası içerisinde birçok bitki zararlısı türü içermektedir. Bunlar; *Achlysiella*, *Apratylenchoides*, *Apratylenchus*, *Hoplotylus*, *Hirschmanniella*, *Pratylenchus*, *Pratylenchoides*, *Radopholus*, *Nacobbus*, *Zygotylenchus* ve *Zygradus* cinsleridir. Bu nematodlar bitkilerin kılcal köklerinde, köklerin epidermal ve kortikal hücrelerinde beslenebilmektedirler. *Nacobbus* cinsi nematodlar hariç bu nematodlar kök içerisinde hareketli olmalarının yanı sıra kök içerisine girdikten sonra tekrar toprağa geçerek bitki köklerinin diğer kısımlarında ya da başka bitki köklerinde de beslenebilmektedirler. Kök yara nematodlarının delik açtıkları zarar gören köklerden salınan bileşikler toprakta bulunan diğer nematodları bu bölgelere doğru çekmektedir. Zarar gören hücreler kahverengi renklerde nekrotik alanlara dönüşmekte ve bunun sonucunda bitkiler gelişimi için gerekli olan su ve besin maddelerini topraktan temin edemedikleri için bu bitkilerde gelişme geriliği görülmektedir. Ayrıca zarar gören köklerden *Verticillium dahliae* gibi toprak kökenli patojenler daha kolay bir şekilde enfeksiyon gerçekleştirebilmekte ve bu şekilde bitki sekonder enfeksiyonlara maruz kalmaktadır. Pratylenchidae familyası içerisinde içerisinde *Pratylenchus* (Kök Yara Nematodları), *Hirschmanniella* (Prinç Kök Nematodları), *Radopholus* (Oyucu Nematod) ve *Nacobbus* (Yalancı Kök-Ur Nematoları) cinsleri tarımsal açıdan ekonomik zarara neden olan nematod türlerini barındırmaktadır (Manzanilla López ve Marbán Mendoza, 2012).

Bu familyanın üyelerini morfolojik olarak diğer bitki paraziti nematodlardan (BPN) ayıran bazı belli başlı özellikler bulunmaktadır. Bunlar;

- diğer BPN'lere göre daha küçük bir vücuda sahip olmaları,
- genellikle 1 mm altında bir vücut uzunluğuna sahip olmaları,
- basık labial bölgeye sahip olmaları,

- sıkı ve sertleşmiş cephalic frameworke sahip olmaları,
- 25 µm'den daha kısa (ortalama 16 µm) bir uzunluğa sahip fakat, kalın ve güçlü bir stilete ve iyi gelişmiş stilet tokmaklarına (Knob) sahip olmaları,
- dorsalden ya da ventralden birbiriyle örtüşen faringeal bezlere sahip olmaları,
- ve orta büyüklükte bir kuyruk ve vulvaya sahip olmalarıdır (Nickle, 1991; Siddiqi, 2000; Manzanilla López ve Marbán Mendoza, 2012).

Pratylenchus (Filipjev, 1936) cinsine ait türler ise bu familya içerisinde bulunan diğer cinslerden

- Özafagus bezlerinin bağırsaklara ventralden uzanması,
- fonksiyonel tek bir yumurtalığa sahip olmaları
- ve vulvanın posteriora yakın bir şekilde bulunması ile ayrılırlar (Siddiqi, 2000).

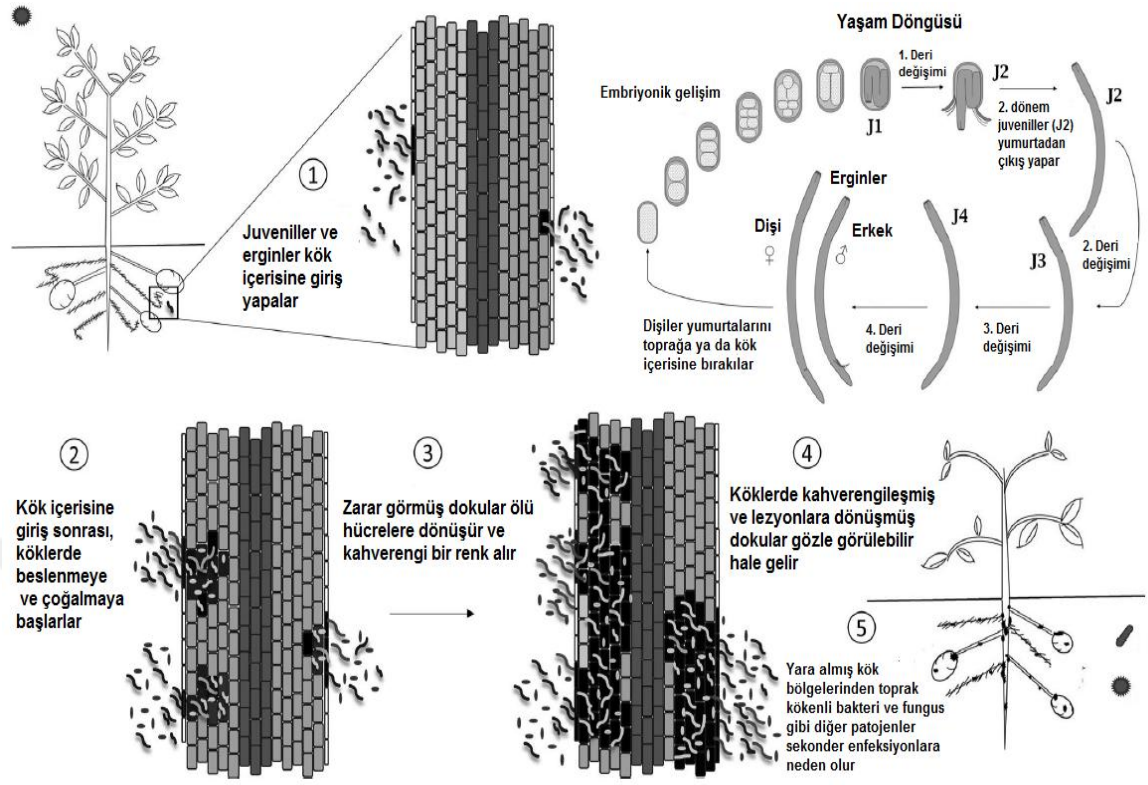
1.2.1. Kök Yara Nematodlarının Biyolojisi

Pratylenchus cinsine ait türler 0,3 ila 0,8 mm uzunluğunda, vermifrom yapıdadırlar ve ortalama 16 µm uzunluğunda yuvarlak stylet knoblarına (Tokmak) sahiptirler. Bitki kökleri ve toprak içerisinde oldukça hareketli nematodlardır. *Pratylenchus* türlerinin ikinci juvenil dönemden itibaren bütün dönemleri köklerde penetrasyon yapabilme, kök içinde hücre içi ve hücreler arasında hareket edebilme ve köklerden ayrılarak diğer bitki köklerinde tekrar penetrasyon yapabilme kabiliyetine sahiptir (Jones ve Fosu-Nyarko, 2014). Konukçu bitkinin kılcal köklerinde ektoparazit ya da endoparazit olarak beslenebilen bu nematodlar, kök-ur nematodlarının (*Meloidogyne* spp.) aksine konukçuları ile trofik bir beslenme ilişkisi kurmazlar. Beslendikleri köklerde korteks tabakasında nekrozlara neden olurlar. Erkekleri nadir bulunan bu nematodlar genelde partenogenetik olarak çoğalırlar ve 2. larva döneminden itibaren köklerde beslenmeye başlarlar (Fortuner, 1977; Zunke, 1990). Beslenmeleri sonucunda zarar gören kökler işlevini yerine getiremez ve bitkilerin su ve besin maddesi alımı ciddi ölçüde kısıtlanır. Yaşam döngüsünü konukçu, sıcaklık ve diğer faktörlere bağlı olarak 45 ila 60 günde tamamlarlar (Baxter ve Blake, 1967; Mamiya, 1971; Zunke, 1990; Utkhede vd., 1992; Taheri vd., 1994; Agrios, 1997; Whish vd., 2014) (Şekil 5). *Pratylenchus* türleri,

yumurta evresinde konukçu bitkiler yokluğunda olumsuz koşullara kriptobiyosiz veya anhidrobiyosiz yoluyla karşı koyabilmekte ve canlılığını birkaç yıl boyunca sürdürebilmektedir (Castillo ve Vovlas, 2007).

Pratylenchus türleri içerisinde erkek bireyler *P.coffeae*, *P. alleni* ve *P. penetrans* türlerinde görülürken *P. crenatus*, *P. neglectus* ve *P. thornei* türlerinde ya nadir olarak görülür ya da hiç bulunmamaktadır. Bu türler partenogenetik olarak çoğalırlar (Castillo ve Vovlas, 2007; Duncan ve Moens, 2013). Bu türlerde erkek bireyler mevcutken üreme, eşeyli olarak gerçekleşir ve dişiler yumurtalarını kök bölgesinde bulunan toprağa ya da kök içerisine bırakırlar.

Yaşam döngülerini konukçu bitkiye, sıcaklığa ve türe bağlı olarak farklı sürelerde tamamlarlar. Örneğin *P. penetrans* yaşam döngüsünü 54-65 gün içerisinde tamamlarken *P. thornei*'nin daha kısa bir yaşam döngüsü vardır ve havuç diskleri üzerinde 25-35 günde yaşam döngüsünü tamamlar (Turner ve Chapman, 1972; Castillo vd., 1995). Sıcaklık yaşam döngüsü süresi üzerinde önemli bir faktördür ve önceki çalışmalar *P. penetrans*'ın 17^{o}C'de 46 günde, 30 ^{o}C'de 22 günde ve 25 ^{o}C'de 26 günde yaşam döngüsünü tamamladığını göstermektedir (Mizukubo ve Adachi, 1997). Dişiler yumurtalarını toprağa ve köklere tek tek ya da gruplar halinde bırakabilmektedirler. Olumsuz koşullarda yumurta döneminde ya da anhidrobiyozise girerek birkaç yıl boyunca hayatta kalabilirler (Castillo ve Vovlas, 2007).



Şekil 5. Kök yara nematodları (*Pratylenchus* spp.)'nın yaşam döngüsü

Orlan7do vd. (2020)'den uyarlanmıştır.

1.2.2. Dağılımı

Pratylenchus cinsi tüm dünyada görülen önemli bir bitki paraziti nematod türlerini içermektedir. Kuzey ve Güney yarım kürede bulunan ılıman iklim kuşaklarının yanı sıra tropikal iklimin hâkim olduğu ekosistemlerde de bulunmaktadırlar. Castillo ve Vovlas (2007) *P. neglectus*, *P. penetrans*, *P. thornei*, *P. attaus* ve *P. scribneri*'nin Antarktika hariç her kıtada bulunduğunu bildirmişlerdir. Antarktika kıtasında ise yine bir KYN olan *P. andinus*'un var olduğu önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Son yapılan yeni tür tanımlamalarıyla birlikte günümüzde toplam 101 *Pratylenchus* türünün bulunduğu bildirilmektedir (Janssen vd., 2017a,b; Singh vd., 2018). Türkiye'de ise şimdiye kadar *Pratylenchus zeae*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *P. sefaensis*, *P. pratensisobrinus*, *P. penetrans*, *P. pratensis*, *P. crenatus*, *P. loosi*, *P. delattrei*, *P. agilis*, *P. mediterraneus* ve *P. vulnus* olmak üzere toplam 13 KYN türü tespit edilmiştir (Kepenekci, 2012).

1.2.3. Konukçu Dizisi

Kök yara nematodları polifag zararlılardır ve tahıl, yem, endüstri ve süs bitkilerinden sebzelere ve meyve bahçelerine kadar birçok tarımsal ürün grubunda beslenebilmektedirler. Özellikle tarımsal üretimde ve insan beslenmesinde büyük önemi olan ve geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan elma, buğday, pamuk, kahve ve patates gibi tarımsal ürünlerin en önemli zararlılarındandır (Zirakparvar vd., 1980; Pinochet vd., 1992; Castillo ve Vovlas, 2007; Imren vd., 2017). Bazı türlerin yabancı otlarda dahi beslenebildiği bildirilmektedir (Bélair vd., 2007). Kök yara nematodlarının konukçu tercihleri türlere göre değişiklik göstermektedir. *Pratylenchus penetrans*'ın yaklaşık 400 bitki türü üzerinde beslenebildiği bilinmektedir fakat en çok rapor edilen konukçuları arasında elma, kiraz ve şeftali gibi yumuşak ve sert çekirdekli meyveler, patates ve mısır gibi endüstri bitkileri yer almaktadır (Dickerson vd., 1964; Jaffee ve Mai, 1979 a, b; Wallace ve MacDonald, 1979; Askary vd., 2012; Orlando vd., 2020). Benzer şekilde bir başka KYN olan *P.vulnus* (Allen ve Jensen, 1951) da daha çok badem, erik, ceviz ve elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda rapor edilmesine karşın diğer tarımsal ürünlerde daha az sıklıkta rapor edilmiştir (Pinochet vd., 1992; Askary vd., 2012; Chihani-Hammas vd., 2018). *Pratylenchus scribneri*'nin soya fasulyesi, mısır ve patateste daha çok görüldüğü yine önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Niblack, 1992; Todd ve Oakley, 1996; Mahran vd., 2010).

1.2.4. Zarar Şekli ve Ekonomik Önemi

Kök yara nematodları, beslenme sırasında açtıkları yaralarla diğer önemli hastalık ve zararlıların bitki içerisini girişini kolaylaştırmakta ve bitkiyi canlı ve cansız birçok etmene karşı daha hassas hale getirmektedirler (Taheri vd., 1994; Lasserre vd.,1994). *Pratylenchus penetrans*'ın *Verticillium dahliae* ve *Rhizoctonia solani* ile birlikte enfeksiyon yaparak bitkilerin su ve besin maddesi alınımını ve fotosentezini ciddi ölçüde düşürdüğü önceki çalışmalarda gösterilmiştir (Back vd., 2002; 2010; Mahran vd., 2010). Özellikle meyve bahçelerinde sık sık karşılaşılan ve mücadelesi çok zor olan Gelişme Geriliği Hastalığı (GGH) (Replant diseases)'nın ortaya çıkmasında KYN'larının önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Utkhede vd., 1992; Dullahide vd., 1994; Saeed vd., 1998). *Pratylenchus jordanensis, P. neglectus* ve *P. penetrans* GGH'nın ortaya çıkmasına neden olan en önemli nematodlar olarak gösterilmektedir ve bunların

içerisinde *P. penetrans* tüm dünyada bu hastalığın görüldüğü yerlerde en çok rapor edilen nematod türüdür (Nyczepir ve Halbrendt, 1993).

Polonya, Çin, Hindistan ve Newyork'ta elma bahçelerinde GGH'nın ortaya çıkmasında *P. penetrans*'ın ana neden olduğu belirtilmiştir (Mai ve Abawi, 1981; Szczygiel ve Zepp, 1998; Yujin vd., 1998; Singh vd., 2018). Gelişme Geriliği Hastalığı bulunan alanların bu hastalıktan arındırılması uzun yıllar gerektiren oldukça karmaşık ve zor bir süreçtir. Bu alanlarda kaliteli ve verimli bir üretimin gerçekleştirilebilmesi ancak bu hastalığın ortaya çıkmasında ana neden olarak görülen kök-yara nematodlarına karşı dayanıklı anaç ve çeşitlerin yetiştirilmesi ile mümkündür. Kök yara nematodlarının köklerde neden oldukları yaralar köklerde çürümelere neden olur ve bakteri ve fungus gibi sekonder enfeksiyon oluşturan patojenler köklerde oluşan bu lezyonların şiddetini ciddi ölçüde artırabilirler.

Kök yara nematodlarının meyve ağaçlarındaki zarar derecesi toprak yapısı, popülasyon yoğunluğu, iklimsel faktörler ve diğer patojen organizmalar arasındaki interaksiyonlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Dickerson vd., 2000). Michigan'da kiraz bahçelerinde gelişme geriliği hastalığına düşük toprak pH'sıyla birlikte yüksek *P. penetrans* yoğunluğunun neden olduğu bildirilmektedir. *Pratylenchus coffeae*'nin turunçgillerde gelişme geriliğine neden olduğu ve 4 yıllık bir süre zarfı sonunda %80'e varan bir gelişme geriliğinin meydana gelmesine neden olduğu bildirilmiştir (O'Bannon ve Tomerlin, 1973). Yapılan araştırmalar *P. penetrans*'ın armutta 30 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda, vişnede 80 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda ve erikte ise 320 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda gelişme geriliğine neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca şeftali ağaçlarında 114 birey/100 cm^3, 228 birey/100 cm^3 ve 457 birey/100 cm^3 toprak yoğunluklarında sırasıyla %40, %60 ve %75 oranlarında zarara neden olduğu bildirilmektedir (Nyczepir ve Halbrendt, 1993).

Pratylenchus penetrans'ın diğer meyve ağaçlarına göre genç elma fidanlarında beslenmeyi daha çok tercih ettiği bilinmektedir. Yapılan çalışmalar elma bahçelerinde 2 yıl boyunca sadece ilkbahar döneminde yapılan fenamipos uygulamalarının verimde %36 oranında artış meydana getirdiğini ve bu uygulamanın aynı yıl içinde ilkbahar ve sonabaharda birlikte yapıldığında verimde %80 oranında artış meydana getirdiğini göstermektedir (Santo ve Wilson, 1990). Ayrıca kurak geçen dönemlerde MM-106 elma

anaçlarının *P. penetrans*'tan daha çok etkilendiği bilinmektedir (Jaffee ve Mai, 1979a, b). *Pratylenchus vulnus*'un M-9 ve M-106 elma anaçlarındaki üreme oranının 1.5'ten büyük olduğu önceki çalışmalarda bildirilmektedir (Pinochet vd., 1992).

Yumuşak (Elma, armut) ve sert (Badem, şeftali, kiraz, erik) çekirdekli meyve ağaçlarında ekonomik olarak en çok zarara neden olan en önemli KYN türlerinin *P. penetrans* ve *P. vulnus* olduğu önceki çalışmalarda bildirilmiştir. *Pratylenchus penetrans*'ın ılıman iklimlerde ve *P. vulnus*'un ise Akdeniz ikliminde daha sık zarara neden olduğu ve bu iklimlerde daha çok görüldüğü rapor edilmiştir (Nyczepir ve Becker, 1998; Castillo ve Vovlas, 2007). Kök yara nematodlarının beslenmeleri sırasında köklerdeki kortikal parankima dokularını tahrip etmeleri sonucunda köklerde yaralanmalara ve doku çürümelerine neden olmaktadır ve bitkiyi toprak kökenli sekonder patojenlere karşı hassas ve savunmasız bir hale getirmektedirler. Hassas meyve ağaçlarında en sık görülen belirti gelişme geriliğidir ve yapraklarda renk açıklığı ile birlikte kloroz oluşumu gözlemlenir. Enfekteli ağaçların çiçek ve meyve sayılarında ciddi bir düşüş meydana gelir. Elma bahçelerinde görülebilecek diğer belirtiler arasında meyve üretimine geç geçiş, daha düşük verim, küçük meyve oluşumu, besin maddesi eksikliğinin ortaya çıkması ve bahçelerin ekonomik ömrünün kısalması gibi simptomlar bulunmaktadır. Kök yara nematodları özellikle enfekteli bitki materyalleri ve bulaşık topraklarla temiz alanlara doğru yayılmaktadırlar (Nyczepir ve Becker, 1998; Castillo ve Vovlas, 2007).

1.2.5. Kök Yara Nematodları ile Mücadele

Kök yara nematodlarının kimyasal mücadelesinde toprak fumigantları veya diğer nematisitler kullanılmaktadır. Chloropicrin, methyl bromide, dazomet, 1,3-dichloropropene, metam-sodium fumigant nematisitleri ile oxamyl, ethoprophos, aldicarb, carbofuran, fensulpathion, ve disulphoton nematisitleri KYN'ları ve diğer BPN'ların mücadelesinde önceki yıllarda kullanılmış fakat insan ve çevre sağlığına ve hedef dışı organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle kullanımları yasaklanmıştır ve Avrupa'da bugün sadece metam-sodium ve dazomet fümigantları ile oxamyl (Karbamatlar) ve fosthiazate (Organofosfatlar)'in kullanımına izin verilmektedir (Bernard ve Laughlin, 1976; Kimpinski, 1982; Olthof vd., 1985; Olthof, 1986;1987; 1989; Kimpinski ve McRae, 1988; EFSA, 2011; IPARC, 2019).

Ürün rotasyonu BPN'ların mücadelesinde kullanılan bir diğer yöntemdir fakat geniş konukçu dizisine sahip olmalarından ve birkaç türün bir arada bulunmalarından dolayı KYN'larının mücadelesinde kullanımı istenilen sonuçları vermeyebilir. Bélair vd. (2002) *P. penetrans*'ın çavdarda (*Secale cereale*), kahverengi hardal (*Brassica juncea*), soya (*Glisin max*), *Echinochloa frumentacea, Brassica napus, Fagopyrum esculentum,* beyaz hardal (*Sinapis alba*), tilkikuyruğu darı (*Setaria italica*), mısır (*Zea mays*), Kılçıksız Brom (*Bromus inermis*), ve çok yıllık çim (*Lolium perenne*) gibi münavebe bitkilerinde de üreyebildiğini göstermiştir. *Pennisetum glaucum*'un bir yıllık rotasyonunda, *P. penetrans* popülasyonlarını önemli ölçüde azalttığını ve Beyaz yulafa (*Avena sativa*) göre patateste verimini %10 daha çok artırdığını göstermiştir (Bélair vd., 2005). Kadife çiçeği (*Tagetes* spp.), yonca (*Medicago sativa*), Ak tavusotu (*Agrostis alba*) ve Kırmızı yumak (*Festuca rubra*) gibi bazı bitkilerin de *Pratylenchus* türlerinin popülasyon yoğunluğunu azalttığı bildirilmiştir (Castillo ve Vovlas, 2007).

Biyofümigasyon, toprak kökenli zararlıların çoğalmasını sınırlayan bir uygulamadır ve bu amaçla genellikle *Brassica* cinsi bitkiler kullanılmaktadır. *Brassica napus, B. oxyrrhina, B. rapa, B. nigra, B. carinata* ve *B. juncea*'nın biyofumigasyon bitkisi olarak kullanıldığında *P. neglectus* üzerinde %56-95 arasında ölümlere neden olduğu bildirilmiştir (Potter vd., 1999). Patates dikiminden önce *Brassica campestris* (Şalgam) ve *Raphanus sativus* (Turp)'un yeşil gübrelemesinin *P. neglectus* popülasyonlarını % 60'a kadar azalttığı bildirilmektedir (Al-Rehiayani ve Hafez, 1998).

Kök yara nematodları genelde bitki kökleri içerisinde yaşadıkları için biyolojik mücadeleleri oldukça zordur (Stirling, 2014). *Arthrobotrys oligospora, Hirsutella rhossiliensis, Monacrosporium ellipsosporum, Verticillium balanoides, Drechmeria coniospora* ve *Nematoctonus* spp. gibi tuzak oluşturan fungusların *P. penetrans*'ın mücadelesinde kullanılabilirliği araştırılmış ve sadece *H. rhossiliensis*'ten olumlu sonuçlar alınmıştır. *Hirsutella rhossiliensis* ve *M. ellipsosporum*'un arazi çalışmalarında *P. penetrans*'ın popülasyonunu %25 oranında düşürdüğü bildirilmiştir (Timper ve Brodie, 1993; 1994).

Sturz ve Kimpinski (2004) kadife çiçeklerinden (*Tagetes erecta* ve *T. patula*) izole ettikleri endofitik bakterilerin *P. penetrans* üzerindeki etkilerni incelemişlerdir. İzole edilen 49 bakteri türünden *Pseudomonas chlororaphis, Kocuria varians, K. kristinae,*

M. Esteraromaticum ve *Tsukamurella paurometabola*'nın *P. penetrans* üzerinde ölümlere neden olduğunu ve en yüksek etkinliğin *M. esteraromaticum* ve *K. varians*'dan elde edildiğini bildirmişlerdir. Castillo vd. (2017) 5 farklı patates tarlasında gerçekleştirdikleri çalışmada *P. neglectus* ve *Meloidogyne chitwoodi*'nin popülasyon yoğunluğu ile *Bacillus* spp., *Arthrobacter* spp., ve *Lysobacter* spp.'lerin popülasyon yoğunluğu arasında negatif bir kolerasyon olduğunu ve bazı toprak bakterilerinin *P. neglectus* popülasyonunu bastırıcı bir etkisi olabileceğini bildirmişlerdir. Samac ve Smigocki (2003) sistein proteazlar gibi nematodların sindirim sistemindeki enzimlerin aktivitesini engelleyen fitosistatinlerin kullanımı ile *P. penetrans*'a karşı dayanıklılık sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Dayanıklı ve tolerant çeşitlerin ve anaçların kullanılarak KYN'larının kontrol edilmesi diğer yöntemlere göre daha kolay, doğaya zarar vermeyen, yetiştirme sezonu boyunca maliyeti olmayan ve daha uzun süreli bir koruma sağlayan bir mücadele yöntemidir. Nematodlara karşı dayanıklılık, BPN'nun bitki üzerinde enfeksiyonunu gerçekleştirdikten sonra yeni juveniller ya da verimli döller oluşturamaması ve böylece bitki üzerinde üreyememesi olarak adlandırılmaktadır. Nematodlara karşı tolerans ise nematodun bitki üzerinde üreyebildiği, fakat nematod varlığına ve zararına rağmen bitkinin yüksek verim vermeye devam edebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Hassas bitkilerde ise nematod çok hızlı bir şekilde çoğalarak popülasyon yoğunluğunu artırmakta ve popülasyon yoğunluğu artışına paralel olarak bitkide gelişme geriliği ve verimde ciddi düşüşler meydana gelmektedir (Rivoal ve Cook, 1993).

Önemli BPN'lara karşı dayanıklı ve tolerant çeşitlerin belirlenmesi ve geliştirilmesi BPN'larla mücadele de oldukça önemli bir yer tutmaktadır ve bu alanda birçok biyoteknolojik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda amaç;

- BPN'ların bitki köklerine girişinin ve kök içerisinde hareket etmesinin engellenmesi,
- Endoparazit nematodlarda (Kist ve Kök-ur nematodları) beslenme hücrelerinin [Syncytium (sinsityum) ya da giant cells (çok çekirdekli dev hücreler)] oluşumunun engellenmesi ve
- Bitkiler aracılığıyla BPN'ların yaşam döngüsünü bozan bazı bileşiklerin BPN'larına iletilmesidir.

Bu çalışmaların çoğu daha çok endoparazit nematodlarla mücadele üzerinde yoğunlaşmıştır ve KYN'larına karşı bu alanda yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır.

1.2.6. Kök Yara Nematodlarının Teşhisi

Pratylenchus cinsi öne doğru düzleşen, genellikle vücut konturuyla devam eden sert ve kalın bir kutikulaya sahip dudak bölgesi ile morfolojik olarak ayırt edilebilmektedir (Geraert, 2013). Yanal çizgi insizyonları 4-6 arasındadır, deirids bulunmaz ve phasmidler kuyruğun ortasına yakın olarak bulunur. Stilet tipik olarak 15-20 µm uzunluğundadır ve türiçi bireyleri arasında dahi şekil olarak değişkenlik gösteren stilet knobları bulunmaktadır (Tarte ve Mai, 1976; Mizukubo ve Minagawa, 1991). Faringeal (Pharyngeal) bezler bağırsakta ventral olarak örtüşür ve metacorpus kaslı ve ovaldir. Üreme sistemi monodelfik ve sadece ön genital sistemde fonksiyonel yumurtalar içeren bir spermatheca vardır. Postvulval uterus kesesi mevcuttur. Vulva genellikle toplam vücut uzunluğunun % 70-80'lik bölümünde posteriorda bulunur (Loof, 1960; Geraert,1983; Luc, 1987; Handoo ve Golden, 1989; Loof, 1991; Ryss, 2002).

Dişilerin kuyruk bölümü, silindir konik şeklinde düz veya halkalı bir uca sahiptir (Castillo ve Vovlas, 2007; Geraert, 2013). *Pratylenchus* türlerinin morfolojik tanımlaması, hem erkek bireylerden daha fazla teşhis kriterine sahip olmaları hem de erkekler bireylerin çok nadir ya da hiç bulunmamalarından dolayı genellikle dişi bireyler üzerinden yapılmaktadır (Loof, 1991). Dudak bölgesindeki annuli sayısı, lateral çizgi sayısı, vulva pozisyonu, vulval sonrası uterus kesesinin uzunluğu, kuyruk şekli ve erkeklerin varlığı / yokluğu gibi morfolojik karakterler morfolojik teşhiste oldukça oldukça önemlidir (Tablo 2). *Pratylenchus* spp. türlerinin morfolojik olarak teşhisi oldukça zor ve zaman alıcıdır ve bu alanda derin bir tecrübe ve uzmanlık gerektirmektedir. Örneğin *P. neglectus*, *P. crenatus*'a morfolojik olarak oldukça benzemektedir, fakat morfolojik olarak bu iki türün birbirinden ayıran özellikler mevcuttur.

Pratylenchus neglectus genellikle düzgün bir kuyruk ucuna sahiptir ve salgı ve boşaltım sistemi porlarında bulunan kas sistemi zayıf bir gelişim gösterir. *Pratylenchus neglectus*'un bazı popülasyonlarının stilet knobları ve kuyruk şekli birbirinden oldukça farklıdır ve bu durum morfolojik teşhisi oldukça zorlaştırmaktadır (Mizukubo ve Minagawa, 1991).

Kök yara nematodlarının morfolojik olarak teşhisi, spermatekanın şekli, vulva pozisyonu ve kuyruk şekli gibi, bazı önemli morfolojik karakterlerin türler arasındaki varyasyonunun düşük olması ve türler içerisindeki varyasyonunun yüksek olmasından dolayı oldukça zordur (Castillo ve Vovlas, 2007; Geraert, 2013; Janssen vd., 2017a,b). Örneğin, farklı coğrafi bölgelerden izole edilmiş *P. penetrans* popülasyonlarındaki bireylerde kuyruk şekli birbirlerinden oldukça farklıdır (Tarte ve Mai, 1976). Fakat aynı zamanda kuyruk ucu *P. penetrans*'in *P. fallax*'tan ayırt edilmesinde oldukça önemli bir kriterdir ve *P. penetrans*'ta kuyruk ucu düz ve pürüzsüzdür. *Pratylenchus fallax*'ta ise annuli tiptedir (halka şeklindedir). Her ne kadar kuyruk ucu tipleri farklı olsa da bu iki türü birbirinden morfolojik olarak ayırt etmenin oldukça zor olduğu bildirilmektedir (Tarte ve Mai, 1976). Bütün bunlara ek olarak, alınan toprak örneklerinde birden fazla tür bir arada bulunabilmektedir. Bu durum yine mikroskop altında *Pratylenchus* türlerinin teşhisini güçleştirmektedir.

Moleküler yöntemler kullanılarak, teşhis etmek istenilen nematod türünü diğer türlerle birlikte karışık dahi olsa tespit etmek mümkündür (Powers, 2004). Diğer birçok organizma da olduğu gibi ribozomal RNA alt birimlerini kodlayan genler nematodların taksonomik çalışmalarında da kullanılmaktadır. Bu gen bölgeleri, son derece korunaklı ribozomal alt birim genlerini içerir. ITS bölgeleri ribozomal RNA içerisinde tekrarlanan bir bölgedir ve taksonomik çalışmalarda tür tespiti ve türler arası ilişkilerde sıklıkla kullanılmaktadır (Mckeand, 1999). ITS gen bölgeleri dizileri kullanılarak tür-spesifik markörler elde edilmektedir. Böylece tür teşhisinde ve tür içi ve türler arası filogenetik ilişkiler hakkında daha güvenilir sonuçlara ulaşılmaktadır (Waeyenberge vd., 2009; Jones vd., 2013). Ayrıca, yavaş geliştiği düşünülen (28S) alt birim ribozomal genlerinin D2 ila D3 bölgelerinin nükleotid dizileri, *Pratylenchus* spp.'ye ait türler arasındaki evrimsel ilişkilerin incelenmesinde kullanılmaktadır (Al-Banna vd., 1997).

Moleküler tür teşhisinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için her bir numunenin farklı moleküler markırlar kullanılarak taranması gerekmektedir (Coomans, 2000; Powers, 2004; Janssen vd., 2017a,b). Ancak, bir türe ait olmayan yanlış yada hatalı sekans dizilimlerinin o türe ithafen kullanılması ve genbankalarına bu şekilde girilmesi moleküler tür teşhislerini zorlaştırmaktadır (Subbotin vd., 2008; Janssen vd., 2017a, b).

Tablo 2. Kök yara nematodlarının tür teşhisinde kullanılan morfolojik karakterler (Castillo ve Volvas, 2007; Duncan ve Moens, 2013; Geraert, 2013; Orlanda vd., 2020)

Türler	**Başta bulunan annuli sayısı**	**Yan alanlar**	**Spermatheca**	**Vulva sonrası uterus kesesinin uzunluğu (Post-vulval uterine sac)**	**Kuyruk**	**Erkek bireylerin varlığı**
Pratylenchus bracchyurus	2	4	Yok	Kısa	Yuvarlak konik, ucu kesik yada spiculate tipte	Yok
P. coffeae	2	4-5	Genellikle sperma ile dolu geniş, oval	Uzun	Belirgin bir şekilde yuvarlak, ucu kesik yada dişli	Var
P. crenatus	3	6	Yok	Uzun	Annulli tipte ve armut şeklinde	Yok
P. neglectus	2	4	Yok	Kısa	yuvarlak düz uçlu konik	Yok
P. penetrans	3	4	Yuvarlak	Kısa	konik ve pürüzsüz uç	Var
P. scribneri	2	5-6	Dikdörtgen şeklinde yada yok	Kısa	pürüzsüz uç	Yok
P. thornei	3	4	Küçük ya da yok	Vücut genişliğinden biraz uzun	Kesik uçlu ve geniş	Yok

Şimdiye kadar farklı *Pratylenchus* türleri için tür-spesifik primerler geliştirilmiştir (Tablo 2). Bu durum ITS bölgelerine bağlanan moleküler markörların henüz bilinmeyen türlere ait DNA'lardaki ITS bölgelerine bağlanmasına neden olarak yanlış pozitif sonuçlar elde etmemize veya aynı tür içinde yer alan bireylerin ITS bölgelerinin varyasyon göstermesinden dolayı yanlış negatif sonuçlar elde etmemize neden olabilir. Ayrıca qPCR yöntemleri de her bir bireyin her hücresinde birden fazla kopyası bulunan bazı gen dizilerinin olması nedeniyle gen ifadesinin yanlış miktarda ölçülmesine neden olabilir.

Bununla birlikte, gen kopya sayıları bir türden diğerine ve farklı gelişim aşamalarına göre değişebilmektedir (Darby vd., 2013; Roberts vd., 2016; Lopes vd., 2019). *Pratylenchus penetrans*'ın Q-PCR methodu ile teşhisi ve miktarınının belirlenmesi amacıyla 28S rDNA'nın D2-D3 gen bölgesi uzantıları şimdiye kadar farklı araştırmacılar tarafından çalışılmış (Baidoo vd., 2017; Dauphinais vd., 2018) ve *P. penetrans*'ın teşhisinde güvenilir sonuçlar verdiği bildirilmiştir.

Tablo 3. Bazı *Pratylenchus* türlerinin ITS rDNA, 28S rDNA ve β-1,4-endoglükanaz bölgelerinin tür spesifik primerleri (Oliveira vd., 2019).

***Pratylenchus* Türleri**	**DNA Bölgesi**	**Primer Sekansı (5'-3')**	**PCR Ürün Boyutu (bp)**	**Moleküler Yöntem**	**Kaynak**
P. coffeae	ITS rDNA	F: ATGCGCACATTGCATTCA	632	PCR	Momota vd. (1998)
		R: GAGCGAGAAACACCTCTCAC			
	ITS rDNA	F: ATGCCCACATTGCATTCAGC	638	Multipleks PCR	Saeki vd. (2003)
		R: GAGAGAGAAACACCTCTCAC			
P. crenatus	28S rDNA	F: AAAGCCTGAATGCCCTGAG	610	PCR	Gray vd. (2011)
		R: AAATTGAAAGAGGTCGGTCGT			
	ITS rDNA	F: TTCTTGACAAGTTCATTGCTTC	116	TaqMan qPCR	Oliveira vd. (2017)
		R: CACTCACGATGTGCTTCTG			
	β-1,4-endoglucanase	F: TCTCCTGGACGGACGTGCTC	381	PCR	Peetz ve Zasada (2016)
		R: AGGCCGTCCAGGAAGGTGTAC			
P. neglectus	28S rDNA	F*: ATGAAAGTGAACATGTCCTC	290	PCR	Al-Banna vd. (2004)
		R: TCGGAAGGAACCAGCTACTA			
	28S rDNA	F: CGCAATGAAAGTGAACAATGTC	144	SYBR Green qPCR	Yan vd. (2008)
		R: AGTTCACCATCTTTCGGGTC			
	ITS rDNA	F: GGCACTGTGCGAAGTGTCCG	234	SYBR Green qPCR	Yan vd. (2008)
		R: TTAACACCTCAGGCGTCATGTAC			
	ITS rDNA	F: ACTGTGCGAAGTGTCCG	121	TaqMan qPCR	Oliveira vd. (2017)
		R: GATCCACCGATAAGGCTAGA			
	β-1,4-endoglucanase	F: TGACCACAACGCGCAGAACCAC	293	PCR	Peetz ve Zasada (2016)
		R: GCCACGTCCACGTCCTGGGA			
P. thornei	28S rDNA	F*: GAAAGTGAAGGTATCCCTCG	288	PCR	Al-Banna vd. (2004)
		R: TCGGAAGGAACCAGCTACTA			
	ITS rDNA	F:GTGTGTCGCTGAGCAGTTGTTGCC	131	SYBR Green qPCR	Yan vd. (2012)
		R: GTTGCTGGCGTCCCCAGTCAATG			
	β-1,4-endoglucanase	F: GGATGCGGTCATCAAGGC	88	TaqMan qPCR	Mokrini vd. (2014)
		R: TTGGCTCTGGTGGTTCTG			
	β-1,4-endoglucanase	F: GGCTGGTCAGGAGTGAAGTCC	364	PCR	Peetz ve Zasada (2016)
		R: GCCAGTTCCACCACTCGTTGG			

Tablo 3. Bazı *Pratylenchus* türlerinin ITS rDNA, 28S rDNA ve β-1,4-endoglükanaz bölgelerinin tür spesifik primerleri (Oliveira vd., 2019).

***Pratylenchus* Türleri**	**DNA Bölgesi**	**Primer Sekansı (5'-3')**	**PCR Ürün Boyutu (bp)**	**Moleküler Yöntem**	**Kaynak**
P. penetrans	28S rDNA	F*: TAAAGAATCCGCAAGGATAC	278	PCR	Al-Banna vd. (2004)
		R: TCGGAAGGAACCAGCTACTA			
	28S rDNA	F: ACATGGTCGACACGGTGATA	520	PCR	Gray vd. (2011)
		R: TGTTGCGCAAATCCTGTTTA			
	28S rDNA	F: GGTTTTCGGGCTCATATGGGTTC	111	SYBR Green qPCR	Baidoo vd. (2017)
		R: TTTACGCCGAGAGTGGGATTGTG			
	28S rDNA	F: GAGACTTTCGAGAAGGCGATATG	176	TaqMan qPCR	Dauphinais vd. (2018)
		R: AGGACCGAATTGGCAGAAG			
	ITS rDNA	F: ATGATGGAAGTGTCCGCCT	462	PCR	Uehara vd. (1998)
		R: CCCAAACGACGGTCAAAAGG			
	ITS rDNA	F: ATTCCGTCCGTGGTTGCTATG	134	SYBR Green qPCR	Min vd. (2007)
		R: GCCGAGTGATCCACCGATAAG			
	ITS rDNA	F: TGACTATATGACACATTTRAACTTG	660	Dupleks PCR	Waeyenberge vd. (2009)
		R: ATATGCTTAAGTTCAGCGGGT			
	ITS rDNA	F: AATGTGTCTCGCCCTGAGG	80	TaqMan qPCR	Oliveira vd. (2017)
		R: GCAACCACGGACGGAATAC			
	β-1,4-endoglucanase	F: CCAACCTCTGCTACACTA	-	TaqMan qPCR	Mokrini vd. (2013)
		R: CAGTGCCGTATTCAGTGA			
	β-1,4-endoglucanase	F: GGCATTTATGTG(A/C)TCGTGGATTGGC	528	PCR	Peetz ve Zasada (2016)
		R: GTTGCCATCAGCGCTGACAGTG			
P. scribneri	28S rDNA	F*: AAAGTGAACGTTTCCATTTC	286	PCR	Al-Banna vd. (2004)
		R: TCGGAAGGAACCAGCTACTA			
	28S rDNA	F: ATGTGTTGCCATGCATCTG	750	PCR	Gray vd. (2011)
		R: GTCCAGAACCCATTTGGACT			
	ITS rDNA	F:AGTGTTGCTATAATTCATGTAAAGTTGC	136	SYBR Green qPCR	Huang ve Yan (2017)
		R: TGGCCAGATGCGATTCGAGAGGTGT			

*Genel Primerler, F: Forward (İleri), R: Reverse (Geri).

Bununla birlikte, bu yöntem mikroskop altında yapılan geleneksel sayım yöntemlerine göre nematod saysının fazla tahmin edildiğini göstermektedir (Baidoo vd., 2017; Dauphinais vd., 2018). Q-PCR yöntemlerinin gelişiminde rol oynayan bir diğer hedef gen bölgesi ise β-1,4-endoglucanase gen bölgesidir ve şimdiye kadar *P. penetrans* ve *P. thornei*'nin moleküler teşhisinde kullanılabilirliği çalışılmıştır (Mokrini vd., 2013;2014). Mokrini vd. (2013) bu gen bölgesini kullanarak *P. thornei* popülasyonu ile karışık tek bir *P. penetrans* bireyini tespit ettiğini bildirmiştir. Bu gen bölgesine ait primerlerin 18

Pratylenchus türü ve diğer bitki-parazitik nematodlarıyla birlikte kullanıldığında ise hiçbir amplikon elde edilmediğini bildirmişlerdir.

Benzer sonuçların *P. thornei*'nin teşhisi ve miktarının belirlenmesinde de elde edildiği bildirilmiştir (Mokrini vd., 2014). Her iki çalışmada da mikroskop altında yapılan nematod sayımlarına göre daha güvenilir sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Min vd., 2007; 2010; 2011; Baidoo vd., 2017; Oliveira vd., 2017; Dauphinais vd., 2018) (Tablo 3). Kök yara nematodlarının teşhisinde kullanılan bir diğer yöntem ise DNA-barkodlama yöntemidir. Bu yöntemde 400 ila 800 baz çifti arasında değişen küçük bir DNA sekansı kullanılmaktadır. Mitokondriyal sitokrom c oksidaz alt ünite I (COI) geninin yaklaşık 600-700 baz çiftine (bç) ait kısmının genetik markör olarak kullanılabileceği ve bu yöntem ile bilinen türlerin teşhisi daha hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılabileceği farklı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Hebert vd., 2003a, b; Powers, 2004; Bhadury vd., 2006; Kress ve Erickson, 2008).

1.3. Kök Yara Nematodları İle İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar

1.3.1. Türkiye'de Yapılan Önceki Çalışmalar

Kepenekçi (2001a), Karadeniz Bölgesi' nde ceviz ve kestane bahçelerinde Tylenchida takımına ait bitki paraziti nematod türlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasında, *Pratylenchus zeae*'nın örnekleme yapılan kestane alanlarında mevcut olduğunu bildirmiştir.

Kepenekci, (2001b) Türkiye'nin güneyindeki kayısı ve şeftali bahçelerinde gerçekleştirdiği örneklemelerde *Pratylenchus sefaensis*'in örnekleme yapılan alanlar için ilk kayıt olduğunu bildirmiştir.

Kepenekçi, (2002) Karadenizin doğusunda yer alan fındık bahçelerinde gerçekleştirdiği çalışmasında *Pratylenchus pratensisobrinus*'un Bartın ve Düzce illerinde bulunduğunu ve *Pratylenchoides hispaniensi*'nin ise Zonguldak ilinde mevcut olduğunu bildirmiştir.

Kepenekçi ve Zeki (2002), Isparta ve Burdur'da bulunan elma bahçelerinde zararlı nematodları belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarda, *Pratylenchus thornei ve Pratylenchus neglectus*'un örnekleme yapılan alanlarda bulunduğunu ve *Pratylenchus*

neglectus'un, *Helicotylenchus digonicus* ve *Scutylenchus lenorus* ile birlikte örnekleme yapılan elma bahçelerinde en yaygın bulunan nematod türleri olduğunu bildirmişlerdir.

Evlice ve Ökten (2008), gerçekleştirdikleri çalışmada Ankara ili armut bahçelerinde bulunan Tylenchida (Nematoda) takımına ait bitki paraziti türlerini belirlemek amacıyla toplam 20 armut bahçesine gidilerek toprak ve kök örnekleri almışlardır. Çalışma sonucunda örnekleme yapılan alanlarda *Pratylenchus penetrans, P. pratensis* ve *P. thornei* türleri bulunurken en yaygın türlerin ise *Pratylenchoides alkani, Pratylenchus penetrans* ve *Filenchus filiformis* olduğunu bildirmişlerdir.

Söğüt ve Devran (2011) kök lezyon nematodlarının meyve bahçelerindeki teşhisini ve dağılımını belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmada, Isparta ve Antalya illerinde bulunan elma, kiraz, armut, ayva, kayısı, şeftali ve vişne bahçelerinden kök lezyon nematodlarına ait 78 popülasyon elde etmişler ve bu popülasyonları spesifik ve rDNA primerler kullanarak teşhislerini gerçekleştirmişlerdir. *P. thornei, P. neglectus, P. penetrans,* ve *P. crenatus* türlerinin bu illerdeki meyve bahçelerinde var olduğunu ve sırasıyla %50, %45, %2.5 ve %2.5 dağılım oranlarına sahip olduklarını belirtmişlerdir. *P. thornei* ve *P. neglectus*'un ise Akdeniz Bölgesinin doğusunda yer alan meyve bahçelerinde oldukça yaygın bir şekilde bulunduklarını rapor etmişlerdir.

Söğüt vd., (2013) Batı Akdeniz Bölgesi'nde ılıman iklim meyve yetiştiriciliğinin yapıldığı bahçelerde yaygın olarak bulunan kök lezyon nematodu türlerinden *Pratylenchus penetrans, P. crenatus, P. thornei* ve *P. neglectus*'un farklı elma, armut, kiraz ve şeftali anaçlarına karşı konukçu reaksiyonlarını screen house'da araştırmışlardır. *Pratylenchus penetrans* M-9, MM-106 ve MM-111 elma anaçlarında yüksek popülasyon yoğunlukları oluşturduğunu ve M-9, MM-106 ve MM-111 elma anaçlarında *P. penetrans*'ın üreme oranlarının sırasıyla birinci yılda 6.2, 3.0 ve 12.9; ikinci yılda ise 5.6, 2.5 ve 10.6 oranlarında olduğunu tespit etmişleridir. OHF-333 ve Quince A armut anaçlarının *P. penetrans*'a karşı orta dayanıklı reaksiyon gösterdiğini ve üreme oranlarının, birinci yıl sırasıyla OHF-333 anacında 1.0 ve Quince A anacında 0.5 olarak bulmuşlar ve İkinci yılda da benzer sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Şeftali anaçlarından GF-677, *P. penetrans*'a karşı her iki yılda da orta duyarlı reaksiyon göstermiştir. Nemaguard, GN (Garnem) ve Myrabolon 29 C şeftali anaçlarının *P. penetrans*'a karşı dayanıklı reaksiyon gösterdiğini bildirmişlerdir. *Pratylenchus*

crenatus, P. thornei ve *P. neglectus*'un denemeye alınan elma, armut, kiraz ve şeftali meyve anaçlarında gelişme göstermediğini ve üreme oranı değerinin 1'in altında kaldığını bildirmişlerdir. Denemeye alınan SL-64, Maxma 14 ve Gisela 5 kiraz anaçlarında *P. penetrans* popülasyonunun üreme oranlarının meydana gelmediğini rapor etmişlerdir.

Akyazı vd., (2014) Ordu ilindeki fındık bahçelerinde nematod faunasını belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmada önemli bitki paraziti nematodlardan *Criconemella* spp., *Meloidogyne* spp., *Paratylenchus* spp. ve *Pratylenchus* spp.'nin bulunduğunu bildirmişlerdir. Örnekleme yapılan fındık bahçelerinin %22'sinin *Pratylenchus* ve %14.5'nin de *Meloidogyne* spp. ile bulaşık olduğunu bildirmişlerdir.

Kasapoğlu vd., (2014) Adana ilinde tarım yapılan alanlarda bulunan bitki paraziti nematodların saptanması amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada Tylenchida, Aphelenchida ve Dorylaimida takımlarına ait 23 bitki paraziti nematod türü tespit etmişlerdir. Tespit edilen nematodların içerisinde *Pratylenchus zeae, P. loosi* ve *P. delattrei* 'nın Doğu Akdeniz Bölgesi için yeni kayıt niteliğinde olduğunu ve *Pratylenchus delattrei*'nin ise Türkiye için yeni kayıt niteliğinde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca *Pratylenchus thornei'*nin bölgede en yaygın bulunan nematod türleri içerisinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Kızıltan vd., (2016) Isparta ilindeki 10 farklı badem genotipinin fidanlarının büyüme performansını ve nematodlara karşı toleransını belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, çimlendirilmiş badem tohumlarını saksılara şaşırtmış ve *Meloidogyne javanica* ve *Meloidogyne incognita*'ya karşı dayanıklılıkları belirlemek amacıyla bu saksılara söz konusu nematodları inoküle etmiştir. Genotipleri, gal oluşum indeksine göre dayanıklı, hassas ve tolerant olarak sınıflandırmıştır. *Meloidogyne javanica*'ya karşı 9 ve 31 numaralı genotiplerin tolerant olduğunu ve 54 numaralı genotipin ise *Meloidogyne incognita*'ya karşı dayanıklı olduğunu ifade etmiştir.

İmren vd., (2017) *Pratylenchus thornei*'nin Bolu'da buğday yetiştiriciliği yapılan alanlardaki görülme sıklığı ve popülasyon dinamiğini belirlemek için gerçekleştirdiği çalışmada, *Pratylenchus thornei*'nin örnekleme yapılan alanların %17.2'sinde bulunduğunu ve popülasyonlarının bu alanlarda kış ayları boyunca en düşük seviyede olduğunu bildirmişlerdir. Nematod popülasyonu ile sıcaklık arasında pozitif bir

korelasyon olduğunu ve popülasyonun yaz aylarında en yüksek seviyesine ulaştığını bildirmişlerdir. Nematod çoğalma oranının 0,8-4,6 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Yıldız vd., (2017) Bolu ili buğday alanlarında nematod biyoçeşitliliğini belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, 13 bitki paraziti, 12 bakterivor, 4 fungivor, 4 predatör ve 10 omnivor gruba ait olmak üzere, toplam 43 nematod taksonu tespit edilmiştir. Örnekleme yapılan alanlarda %62,5 ve %41,2 oranında *Pratylenchus* spp.'ye rastaladıklarını bildirmişledir.

Gözel ve Yıldız (2017), İzmir İli'nin Ödemiş İlçesi'nde sert ve yumuşak çekirdekli meyve fidanı yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki paraziti nematod türlerinin saptanması amacıyla 2008-2010 yılları arasında gerçekleştirdiği tez çalışmasında, elma, şeftali, kayısı, kiraz, armut, erik, ayva, ceviz, trabzon hurması, badem, nar, zeytin, iğde, portakal ve limon fidanlıkları olmak üzere 16 farklı meyve çeşidinden toplam 368 toprak örneği almıştır. Çalışma sonucunda önemli bitki paraziti nematod türleri olarak *Pratylenchus thornei, P. penetrans, Meloidogyne incognita, M. javanica, Xiphinema index, Helicotylenchus multicinctus, Rotylenchulus reniformis* ve *Tylenchulus semipenetrans* belirlenmiştir. Örnekleme yapılan alanların %11.68'nin *Pratylenchus thornei* ve *P. penetrans* ile bulaşık olduğunu ve %5.43'nün ise *Meloidogyne incognita* ve *M. javanica* ile bulaşık olduğunu rapor etmiştir.

Yiğit (2018), Karadeniz Bölgesinde yetiştirilen mısır bitkilerinde zararlı nematodların morfolojik ve moleküler karakterizasyonlarinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirdiği tez çalışmasında, mısır yetiştiriciliği yapılan 17 ilden kök ve toprak örnekleri almıştır. Artvin ili hariç bütün illerde *Pratylenchus* türlerine rastlanıldığını bildirmiştir. *Meloidogyne* cinsine bağlı türlerin sadece Rize ve Ordu'da tespit edildiğini rapor etmiştir. Gerçekleştirdiği morfolojik ve moleküler analizler sonucunda bu nematodların tür teşhislerini; *Meloidogyne arenaria, M. luci, Pratylenchus agilis, P. mediterraneus, P. neglectus, P. penetrans, P. thornei* ve *P. vulnus* olarak tespit etmiştir. Tespit edilen *Pratylenchus agilis* türünün Türkiye faunası için ilk kayıt niteliği taşıdığını rapor etmiştir.

Dababat vd., (2019) *Pratylenchus neglectus*'un Bolu'da tahıl yetiştiriciliği yapılan alanlardaki görülme sıklığı ve mevsimsel değişimini belirlemek için 2014-2016 yılları arasında gerçekleştirdikleri çalışmada, örnekleme yapılan alanların %11.6'sında (1556

nematod/kg toprak) bulunduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca buğday köklerinde bulunan nematod yoğunluğu ile toprak sıcaklığı arasında pozitif bir korelasyon olduğunu ifade etmişlerdir. En yüksek popülasyon yoğunluğunun ortalama 22^{o}C sıcaklık ile Mayıs ayında ve en düşük popülasyon yoğunluğunun ise ortalama 5 ^{o}C sıcaklık ile Aralık-Mart ayları arasında olduğunu bildirmişlerdir. *Pratylenchus neglectus*'un çoğalma oranının 0,7-4,8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

1.3.2. Dünya'da Yapılan Önceki Çalışmalar

Egunjobi (1968a), Yeni Zelanda'da elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda bulunan nematodları belirlemek için gerçekleştirdiği çalışmalarda *Pratylenchus pratensis*, *Pratylenchus crenatus*, *P. coffeae*, *P. scribneri*, *P. penetrans*'ın örnekleme yapılan alanlarda bulunduğunu bildirmiştir.

Egunjobi (1968b), Yeni Zelanda'da elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda bulunan çim alanlarında ve elma ağacı köklerinde bulunan *Pratylenehus* spp.'lerin yoğunluklarını belirlemek için gerçekleştirdiği çalışmada elde ettiği *Pratylenehus* spp.'lerin %75'ini çimlik alanların ilk 10 cm toprak derinliğinde elde ettiğini bildirmiştir. Elma ağaçları altında *Pratylenchus* spp.'lerin ise daha çok 6-25 cm toprak derinliği bölümünde bulunduğunu rapor etmiştir. Elma bahçelerinde elma ağaçları altında *Pratylenchus* spp. yoğunluğunun düşük olmasını aynı bahçe içerisinde yer alan çimlik alanların bulunması ilişkelendirmiş ve *Pratylenchus* spp.'lerin bu alanlarda beslenmeyi daha çok tercih ettiği ile ilişkilendirmiştir. Elma bahçelerinde çimlik alanların bulunmasının *Pratylenchus spp.*'lerin elma köklerinden uzak tutulmasına yardımcı olabileceğini ve fakat aynı zamanda artan popülasyon yoğunluğunun elma bahçeleri için ciddi bit tehdit luşturabileceğini de bildirmiştir.

Barker ve Claytan (1973), Kuzey Carolina'da Şeftali çeşitlerine saldıran nematod çeşitlerini belirleme için gerçekleştirdiği çalışmada, *Criconemoides xenoplax* (%90), *Meloidogyne incognita* ve *Pratylenehus* spp.'un (%45) en çok rastlanan nematodlar olduğunu ve yüksek popülasyon yoğunluğuna sahip diğer nematodların ise, *Pratylenehus vulnus* (%20), *P. brachyurus* (%20), *P. zeae* (%30), *P. neglectus* (%10), *Helicotylenchus* spp. (%45), *Trichodorus christiei* (%55), *Xiphinema amerieanum* (%20), ve *Tylenchorhynchus claytoni* (%20), olduğunu bildirmişlerdir. *Pratylenehus vulnus* ve *P. penetrans*'ın sera koşullarında test edilen 21 farklı şeftali anacı üzerinde

yüksek üreme gücüne sahip olduğunu bildirmişlerdir. Altı şeftali çeşidi ile gerçekleştirdikleri arazi çalışmalarında *Meloidogyne incognita'*nın 30 ay sonunda şeftali fidanlarında önemli derecede bodurluğa sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Jaffe ve Mai (1979a) toprak suyu potansiyelinin, *Pratylenchus penetrans* ile enfekteli elma ağaçlarının büyümesi üzerindeki etkisini incelemişler ve optimum toprak nemi sağlandığında dahi bitkilerin *P. penetrans* zararını tolere edemediklerini bildirmişlerdir.

Jaffe ve Mai (1979b) farklı yaşlardaki (1, 3 ve 5 haftalık) elma fidanlarına her bir fidan başına 6.900 adet *P. penetrans* inoküle etmişler ve fidanların yaşı ile inokülasyon sonrası gelişme geriliği arasında ters bir orantı olduğunu ve genç fidanların köklerinde daha fazla sayıda nematod barındırdığını bildirmişlerdir.

Vrain ve Rousselle (1980), Doğu Kanada bölgesinde elma bahçelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, *Pratylenchus penetrans* ve *P. crenatus*'un en sık karşılaşılan türler arasında olduğunu ve örnekleme yapılan alanların %58'inde 33/100cm^3 yoğunluğunda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Dubius Thorne (1987), Britanya Kolumbiyası'nda Okanagan bölgesinde bulunan elma, şeftali, armut, kayısı, kiraz ve erik bahçelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada alınan toprak örneklerinin %78'inde *Pratylenchus penetrans*'a rastladıklarını bildirmişlerdir. *P. penetrans*'a bu meyve bahçeleri içerisinde en çok elma ve kiraz bahçelerinde rastlandığını bildirmişlerdir.

Olthof vd. (1989) Bailey, Siberian C ve Harrow Blood anaçları üzerine aşılanmış Redhaven şeftali çeşitlerini fümige edilmiş ve fümige edilmemiş *Pratylenchus penetrans* ile enfekteli bahçelerdeki ağaçların büyüme oranını ve nematod popülasyonlarını 6 yıl boyunca izlemişlerdir. Fümigasyon uygulamasının topraktaki *P.penetrans* popülasyonunu ilk 4 yıl boyunca baskıladığını ve Siberian C anacının *P. penetrans* popülasyonunu diğer anaçlara göre daha çok artırdığını bildirmişlerdir. Yalnızca fümigasyon uygulamasının ağaçların büyüme hızını sadece ilk yıl için önemli ölçüde artırdığını ve ağaç ölümlerinin fümigasyon yapılan topraklarda daha az olduğunu bildirmişlerdir. Harrow Blood anacında en yüksek ölüm oranının meydana gelirken Siberian C anacında en düşük ölüm oranının meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Yaptıkları çalışma sonucunda 800 *P. penetrans* / kg olması ya da daha gelişme geriliği görülen hafif yapılı topraklarda fümigasyon yapılmasını önermişlerdir.

Santo ve Wilson (1990) Fenamiphos'un *Pratylenchus penetrans* ve elmanın büyümesi üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 20.2 kg/ha Fenamiphos'u M7a anacı üzerine aşılı Granny Smith çeşidi yetiştirilen elma bahçelerindeki toprağa ilkbahar ve sonbahar aylarında uygulamışlar ve uygulamanın kontrol uygulamalarına göre elma ağaçlarının gövde çapını ve sürgün uzunluğunu artırdığını bildirmişlerdir. İlkbahar ve sonbaharda yapılan uygulamanın elma verimini %80 oranında artırdığını, sadece ilkbaharda yapılan uygulamanın ise %36 oranında artırdığını bildirmişlerdir.

Melakeberhan vd. (1992) optimal besin elementi koşullarında yetiştirilen kiraz anaçlarının yetersiz besin eksiliği koşullarında yetiştirilen kiraz anaçlarına göre *P. penetrans* tarafından daha az etkilenip etkilenmediğini öğrenmek için gerçekleştirdikleri çalışmada, Mazzard, Mahaleb, GI148-1, ve GI148-8 anaçlarını 3 ay süreyle sera koşullarında test etmişlerdir. Anaçların her bir yaş kök ağırlığına 1500 2. dönem Juvenil nematod olmak üzere Mazzard, Mahaleb, GI148-1, ve GI148-8 bitkilerine sırasıyla (toplamda her bir bitkiye) 3.600, 4.200, 10.500, 11.400 2. dönem Juvenil nematod inoküle etmişlerdir. Dikimle beraber besin eksikliği ve optimal besin elementleri ilave edilmiştir. Optimal besin elementi koşullarında yetiştirilen bitkilerin büyüme oranlarının önemli ölçüde iyi olduğunu ve yetersiz besin elementi içeren topraklarda yetiştirilen nematodlara göre daha az *P. penetrans* içerdiğini bildirmişlerdir.

Pinochet vd. (1992) *P. vulnus*'un 37 adet farklı ticari meyve, fındık, turunçgil ve asma anaçlarındaki konukçu dizisini belirlemek amacıyla sera koşullarında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, badem (Desmayo Rojo, 1143), elma (EM-9, EM-106), avokado (Hass), kiraz (Santa Lucia 64, Camil, M × M 14, Masto de Montafiana), üzüm (41-B, Fercal, Ritcher 110), fındık (Pauetet), yenidünya (Nadal), şeftali (Montclar, GF-305), armut (OHF-333), fıstık (*P. Atlantica, P. vera, P. terebinthus*), erik (San Julian 655- 2, Montizo, Pixy, Myrobalan 605) ve ceviz (Serf) bitkilerine ait toplam 25 anacın Pf/Pi oranının 1,5'ten büyük olduğunu bildirmişlerdir. Şeftali anacı Nemaguard ve üzüm anacı 161-49'un inokülasyon seviyesinden biraz fazla oranda (Pf/Pi: 1.0 ile 1.5 arasında) bir popülasyon yoğunluğuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Test edilen tüm turunçgil anaçlarının (Alemow, kaba limon, Carrizo

citrange, ekşi portakal, Troyer citrange, Citrumelo), artı üç üzüm anacının (SO4, *Vitis rupestris*, 1103-P) ve zeytin anacı Arbequina'nın Pf / Pi oranının 1'den küçük olduğunu bildirmişlerdir.

Fernandez vd. (1992) *Pratylenchus vulnus* ile elma ve armut anaçları (elma EMLA 26 ve armut OHF-333) arasındaki konukçu parazitizm ilişkilerini sera koşullarında *in vitro* ortamda incelemişler ve *P. vulnus*'un mikroorganizmalar yokluğunda her 2 anaca çok ciddi zarara sebep olduğunu bildirmişlerdir. En erken penetrasyonun her 2 konukçuya da 2 günde olduğunu ve nematodların konukçuya girerken 1 veya 2 giriş noktasından birleşerek giriş yaptıklarını bildirmişlerdir. *P. vulnus*'un 28 gün boyunca kortikal parankima dokusunda kolonize olduklarını ve lezyon ve delikler açtığını rapor etmişlerdir. Gözle görülebilir simptomların 7. günde ortaya çıktığını ve sonrasında hızla büyüdüklerini bildirmişlerdir. Beş aylık elmalardaki sürgün uzunluğu ve kök ağırlığının *P. vulnus* ile nefekteli parsellerde kontrol parsellerine göre önemli ölçüde düşük olduğunu bildirmişlerdir. EMLA 26 anacının *P. vulnus*'a OHF-333 anacından daha hassas olduğunu bildirmişlerdir.

Pinochet vd. (1993), 6 farklı *Pratylenchus vulnus* izolatının GF-677 Şeftali-Badem Hibriti ve M-26 Elma anaçları üzerindeki etkilerini sera koşullarında incelemişler ve bütün izolatların GF-677'nin büyümesini baskıladığını ve izolatların son popülasyonlarının başlangıç popülasyonlarına göre (Pf/Pi) 14.7 kat arttığını bildirmişlerdir. M-26 Elma anacı üzerinde PvWA-A, PvAP-S, ve PvRO-S izolatlarının Pf/Pi oranının 41.4 olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmaları ile farklı bölgelerden elde edilen izolatların anaçlar üzerinde farklı derecelerde zarar yaptığını bildirmişlerdir.

Nyczepir ve Halbrendt (1993) yaptıkları çalışmalarda *Pratylenchus penetrans*'ın armutta 30 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda, vişnede 80 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda ve erikte ise 320 birey/100 cm^3 toprak yoğunluğunda gelişme geriliğine neden olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca şeftali ağaçlarında 114 birey/100 cm^3, 228 birey/100 cm^3 ve 457 birey/100 cm^3 toprak yoğunluklarında sırasıyla %40, %60 ve %75 oranlarında zarara neden olduğu bildirmişlerdir.

Melakeberhan vd. (1994) Mazzard ve Mahaleb üzerine aşılı MXM2, MXM14, MXM39, MXM60, MXM97 ve Colt kiraz çeşitlerinin yetiştirildiği alanda 10-203 nematod/100 cm^3 arasında *P. penetrans*'a rastladıklarını bildirmişlerdir. Bir yaşındaki

Mazzard, Mahaleb, MXM60, GII48-1 ve GII48-8 çeşitlerine sera koşullarında 625/100 cm^3 *P. penetrans* inoküle etmişler ve 157 gün sonunda nematode popülasyonunun 100 cm^3 topraklar birlikte 123-486/g kök olduğunu ve bu uygulamanın bitki yüksekliği ve kuru ağırlığı üzerine çok az bir miktarda etki ettiğini belirlemişlerdir.

Alcañiz vd. (1996) kök-ur nematodlarına karşı dayanıklı olduğu bildirilen 14 farklı *Prunus* anacını farklı *P. vulnus*'a izolatlarına karşı sera koşullarında incelemeye almış ve Torinel (*Prunus domestica* L.) ve Redglow (*P. salicina* Lindl. XP. Munsoniana Wight ve Hedrick cv. Jewel) Erik çeşitlerinin *P. vulnus* izolatlarına karşı orta derecede dayanıklılık gösterdiğini ve son popülasyon yoğunluğunun (Pf) inokulum seviyesinden daha düşük veya biraz yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Şeftali-badem melezi G x N No 22 [*P. persica* (L.) Batsch x *P. dulcis* (Mill.) D.A. Webb] ve Bruce (*P. salicina* x *P. angustifolia* Marsh.) erik çeşitlerinin *P. vulnus* izolatlarının üreme oranının düşürdüğünü fakat Torinel ve Redglow kadar iyi bir verim alınamadığını bildirmişlerdir.

Pinochet vd. (1996), *Pratylenehus vulnus* 'un sert çekirdekli anaçları üzerindeki etkisini arazi koşullarında araştırmışlardır. Nemared şeftali çeşidinin (*Prunus persica*) ve şeftali badem hibridini (*P. dulcis* x *P. persica*) GxN No.9 kullanmışlar ve çalışmanın ilk yılında gövde çapının nematod enfeksiyonundan etkilenmediğini, denemenin ikinci yılında ise nematod ile bulaşık olan alanlarda şeftali badem hibridi GxN No.15, Afgano (*P. dasycarpa*) ve Myrobalan 29C (*P. ceracifera*) eriklerinde büyüme parametrelerinin çoğunun azaldığını ve zararın oldukça belirgin olduğunu bildirmişlerdir. İkinci yetiştirme sezonu sonunda Marianna G-F 8-1 erik çeşidinde (*P. munsoniana* X *P. ceracifera*) kök ağorlığı ve taç oluşumunun azaldığını ve sürgün uzuluğunun sadece Nemared şeftali çeşidinde azaldığını bildirmişlerdir. Yaprak analizleri sonucunda herhangi bir besin eksikliği belirlenmediğini ve GxN No.15 anacında kontrol parseline göre daha yüksek oranda fosfor ve çinko tespit etmişlerdir. Bütün anaçların *Pratylenehus vulnus* için iyi birer konukçu olduğunu ve popülasyon yoğunluğunun nematod sayısının 1.290/g kök (GxN No.15) ile 5.311 /g kök (GxN No.9) arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Islam vd. (1996) Pakistan'da elma bahçelerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus pseudorobustus, Xiphinema rivesi* ve *Pratylenchus*

scribneri'nin bulunduğunu ve *Helicotylenchus pseudorobustus, Xiphinema rivesi* ve *Pratylenchus scribneri*'nin en yaygın türler olduğunu rapor etmişlerdir.

Herna´ndez-Dorrego vd. (1999), Cadaman şeftali ve Ishtara ve Julior erik anaçlarının konukçu reaksiyonlarını *Pratylenchus vulnus* ile enfekteli parsellerde 2 yetiştirme sezonu boyunca incelemişler ve birinci yetiştirme sezonunda sadece Cadaman'ın büyüme parametrelerinde bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Ishtara erik anacının sadece ikinci yetiştirme sezonu sonunda büyüme parametrelerinden sadece kuru ve taze sürgün ağırlıkları bakımından *P. vulnus*'tan etkilenirken Julior erik anacının etkilenmediğini bildirmişlerdir. Alınan yaprak örneklerinden yapılan analizler sonucunda herhangi bir besin eksikliğine rastlanmadığını rapor etmişlerdir. Test edilen anaçların hepsinin *P. vulnus* için iyi birer konukçu olduğunu ve (Cadaman şeftali anacı için) ortalama kök popülasyonunun 1.670 ile (Julior erik anacı için) 2.895 nematod/g kök arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Nyczepir ve Pinochet (2001) Guardian, Lovell, ve Nemaguard şeftali anaçlarını, elma ve şeftali bahçesinden elde edilmiş *Pratylenchus vulnus*'a ait 2 farklı izolata olan duyarlılığını belirlemek amacıyla arazi koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmada, kullanılan anaçların hepsinin bu 2 nematod izolatına karşı duyarlı olduğunu ve *Pratylenchus vulnus*'un şeftali bahçelerinde ihmal edilmemesi gereken bir zararlı olduğunu bildirmişlerdir.

Nico vd. (2002) İspanya'da zeytin yetiştiriciliği yapılan alanlardan topladığı toprak örneklerin %32'sinde *P. penetrans,* %25'inde *P. vulnus,* % 14'ünde *Meloidogyne incognita*, %11'inde *M. Javanica* ve %2'sinde *M. arenaria* bulunduğunu ve örnekleme yapılan alanlarda bu nematodların popülasyonlarının ekonomik zarar oluşturabilecek düzeylerde bulunduğunu bildirmiştir.

Lišková vd. (2007) Slovakya'da meyve bahçelerindeki bitki paraziti nematodları belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmada, kök lezyon nematodlarımndan *Pratylenchus crenatus*'u kayısı ve şeftali bahçelerinden, *P. penetrans* ve *P. pratensis*'i elma, kayısı, şeftali, kiraz ve erik bahçelerinden, *P. thornei*'yi kayısı ve şeftali bahçelerinden elde ettiklerini bildirmişlerdir. Kök ur nematodlarından *Meloidogyne hapla*'yı ise elma, kayısı, şeftali ve kiraz bahçelerinden elde ettiklerini bildirmişlerdir. *Pratylenchus crenatus, P. penetrans, P. pratensis, P. thornei* ve *Meloidogyne hapla*

nematodları için örnekleme yapılan bahçelerde karşılaşılma sıklığının sırasıyla %9.7, %47.4, %51.6, %9.7 ve %19.3 olduğunu bildirmişlerdir.

Sheedy vd. (2008) kök lezyon nematodlarının dağılımlarını belirlemek için Amerika'nın Kuzey Batısında Pasifikte yaptıkları çalışmada, kuru tarım yapılan arazilerin %90'nından fazlasında kök lezyon nematodlarını belirlemişlerdir. *Pratylenchus neglectus*'un, *P. thornei* haricinde diğer türlerden daha çok bulunduğunu ve her iki türün çoğunlukla birlikte bulunduğunu bildirmişlerdir. *P. neglectus* ile bulaşık topraklarda ekimle beraber yapılan aldicarb uygulamasının (4.2 kg/ha) verimi yazlık buğdaylarda ve arpalarda sırasıyla %98 ve %15 oranında arttığını ve *P. thornei* ile bulaşık topraklarda ise verimin buğdaylarda ve arpalarda sırasıyla %45 ve %14 oranında arttığını bildirmişlerdir. Söz konusu uygulamanın *P. neglectus* ile bulaşık topraklarda kışlık buğday ve arpa yetiştiriciliğinde verimi sırasıyla %21 ve % 27, *P. thornei* ile bulaşık topraklarda ise verimi %15 ve %20 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Serada gerçekleştirilen dayanıklılık tarama çalışmasında bütün test edilen buğday çeşitlerinin her iki türe de hassas olduğunu rapor etmişlerdir. Arpa çeşitlerinin buğday çeşitlerine göre daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir.

Thompson vd. (2008) Kuzey Avustralya'nın Grain Bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmada alınan toprak örneklerinin %67'sinde *P. thornei* ve %32'sinde *P. neglectus*'un bulunduğunu ve bu her iki türün de %26 oranında beraber bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu türlerin bulunduğu toprak örneklerinin edafik özelliklerine bakıldığında bu nematodların Ph değerinin 6.5-9.5 aralığında olduğunu ve toplakların %20-80 arasında değişen oranlarda killi ve kumlu bir yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir. *P. thornei*'nin, *P. neglectus*'a göre daha ince yapılı topraklarda bulunduğunu bildirmişlerdir. Alınan örneklerde bulunan organik madde miktarının bu türlerin görülmeleri üzerinde herhangi bir etkisi olduğunu bulamamışlardır. Gözlemleri sonucunda *P. thornei*'nin suların yüzey akışı ile yayılım gösterdiğini bildirmişlerdir.

Divsalar vd. (2012) 2008-2009 yıllarında Hazar Denizi'nin güney-batısında turunçgil yetiştiriciliği yapılan alanlardan aldıkları toplam 110 adet toprak ve kök örneklerinden *Pratylenchus jaehni, P. loosi, P. neglectus* ve *P. zeae* olmak üzere dört farklı KYN'nu izole etmişlerdir. Bunların arasında en yaygın olarak bulunan KYN'nun 79 nematod/ 150 g toprak ve 56 nematod/ g kök ortalama popülasyon yoğunluğu ile *P. loosi*

olduğunu bildirmişlerdir. Örnekleme yapılan alanlarda KYN'larının izole edildiği ağaçlarda gelişme geriliği, kloroz oluşumu, köklerde zayıf gelişim ve KYN'larının beslenme yerlerinde kahverengileşme ve çürümeler olduğunu bildirmişlerdir.

Javed vd. (2012) Pakistan'da yapılan bir diğer çalışmada, elma bahçelerinden alınan toprak örneklerinde *Meloidogyne* spp. (66 J2/20 g kök, 60 J2/100 cm^3 toprak) ve *Pratylenchus* spp. (60 J2/20 g kök, 113 J2/100 cm^3 toprak) cinslerini teşhis ettiklerini bildirmişlerdir.

Khan vd. (2013) Pakistan'ın Balochistan bölgesinde yer alan elma bahçelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, Elma fidanları ve anaçlarında *Helicotylenchus digonicus, Meloidogyne incognita, Pratylenchus penetrans, Psilenchus iranicus, Tylenchus butteus, Xiphinema americanum* nematodlarına rastladıklarını bildirmişlerdir.

Kim ve Chun (2014) Kore'de karantina denetimleri sırasında elde edilen nematodların *Pratylenchus crenatus, P. fallax, P. kumamotoensis, P. panamaensis* ve *P. penetrans*'a ait olduğunu morfolojik yöntemlerle belirlemişlerdir.

Ghorbanzad vd. (2014) Azerbeycan ve İran'ın batısında yer alan meyve bahçelerindeki bitki paraziti nematodları belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmada, *Pratylenchus penetrans*'ı ceviz ve *Pratylenchus thornei*'i ise şeftali ve elma bahçelerinde bulunduğunu bildirmişlerdir.

Sharma ve Sen (2015) Hinidstan'da Himaçal Pradeş'te elma bahçelerinden aldıkları toprak örneklerinden *Pratylenchus coffeae, Helicotylenchus dihystera, Tylenchorhynchus mashhoodi, Paratylenchus curvitatus, Meloidogyne* spp., *Mesocriconema xenoplax, Gracilacus peperpotti, Hoplolaimus indicus, Xiphinema* spp. ve *Tylenchus* spp. bitki paraziti nematodlarını izole etmişlerdir. En sık görülen nematodların (% 100 görülme sıklığı) *P. coffeae, H. dihystera* ve *T. mashhoodi* olduğunu rapor etmişlerdir. Elde ettikleri bitki paraziti nematodlar arasında ortalama en yüksek popülasyon yoğunluğunun 152/200 cm^3 toprak ile *P.coffeae*'ye ait olduğunu bildirmişlerdir.

Tsolova ve Koleva (2015) geleneksel ve organik tarım yöntemlerle ahududu yetiştiriciliği yapılan alanlardaki *Pratylenchus* spp.'a ait tür çeşitliliğini belirlemek için

gerçekleştirdikleri çalışmada, geleneksel tarım yapılan alanlardan *Pratylenchus crenatus, P. penetrans, P. pratensis* ve *P. neglectus*'u elde ettiklerini bildirmişler. Organik tarım yapılan alanlarda *Pratylenchus crenatus, P. penetrans, P. pratensis, P. thornei, P. convallaridae* ve *P. neglectus*'u belirlemişlerdir.

Ibrahim vd. (2016) bitki paraziti nematodların Lübnan'da dağılımını ve bazı bitki ekstraktlarının nematodlar üzerindeki etkisini belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmada elde edilen nematodları morfolojik olarak cins seviyesine kadar belirlemişler ve *Pratylenchus* spp. ve *Meloidogyne* spp. 'nin örnekleme yapılan elma ve kiraz alanlarının tümünde var olduğunu bildirmişlerdir.

Khan vd. (2016) Hallonda'dan ithal edilen 100 elma fidanının karantina işlemleri sırasında canlı *Pratylenchus penetrans*'a rastladıklarını ve bu nematodun daha önce Hindistan'da elma bahçelerinde rapor edilmediğini dolayısıyla enfekteli bitkilerden bu nematodun arındırılması için bitki köklerine formaldehit uygulaması yapılmış ve daha sonra sera koşullarında yetiştirilmesine izin verilmiştir. Seralara alınan bitki örnekleri üzerinde 3, 4 ve 12 ay sonunda yapılan gözlemler sonucunda *Pratylenchus penetrans*'a rastlamadıklarını bildirmişlerdir.

Wang vd. (2016) 2012 yılında Çin'in Shandong eyaletinde yaptıkları bir çalışmada, elma bahçelerinden kök yara nematodlarından *Pratylenchus hippeastri* izole ederek morfolojik ve moleküler teşhisini gerçekleştirmişlerdir. *Pratylenchus hippeastri*'nin Çin'de elma bahçelerinde ilk kez görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Sing vd. (2018) 2015-16 yılları arasında Shimla ve Sirmaur Bölgelerinde gelişme geriliği görülen elma bahçelerinden bakteri, fungus, aktinomycetes ve nematod türlerini karşılaştırmak için gerçekleştirdikleri sörveylerde, *Tylenchorhynchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Helicotylenchus* spp. ve *Paratylenchus* spp. nematodlarını elde etmişlerdir. Pulbahal bölgesinden elde edilen en yüksek nematod yoğunluğunun *Pratylenchus* spp.'a ait olduğunu bildirmişlerdir.

Chihani-Hammas vd. (2018) 2013-2014 yılları arasında Tunus'un merkezinde bulunan elma bahçelerinden (Kairouan, Zaghouan, Monastir ve Kasserine) aldıkları 70 toprak ve kök örneklerinden *Pratylenchus* spp. türlerini morfolojik, morfometrik ve moleküler yöntemlerle teşhis etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda *P. vulnus*'un toprak

örneği alınan alanların %52 ila %91 arasında değişen oranlarda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Knoetze vd. (2019) 2017-2018 yıllarında Güney Afrika'da elma üretim alanlarında yaptıkları çalışmada kök yara nematodlarının (*Pratylenchus* spp.) en çok karşılaşılan bitki paraziti nematode olduklarını ve *Pratylenchus hippeastri*'nin alınan örneklerin %85'inde bulunduğunu bildirmiştir. Morfolojik ve 28S rRNA D2-D3 uzantılarının sekansları kullanılarak Moleküler teşhisler gerçekleştirmişlerdir. MM109 elma anaçlarına 1500 nematod uygulamışlar ve uygulamadan 90 gün sonra son nematode popülasyonu ve her bir gram kök için nematod sayısı belirlenmiştir. Her bir gram kök için ortalama nematod sayısının 679 olduğunu ve nematodların üreme oranının 14 olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma ile *P. hippeastri*'nin elmada zararlı olduğu tekrar onaylanmıştır ve Güney Afrika için bu nematode türünün ilk kayıt olduğunu bildirmişlerdir.

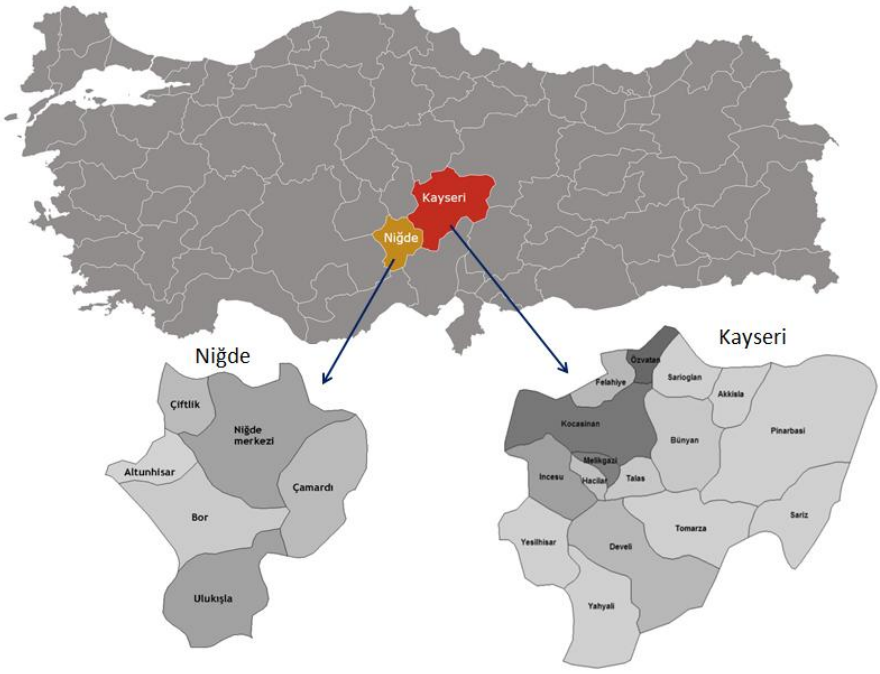
Shokoohi vd. (2019) Güney Afrika'nın Kuzey Batısında yer alan Potchefstroom eyaletinde *Salix mucronata* ağaçlarından kök yara nematode izole ettiklerini ve bu nematode morfolojik ve moleküler yöntemlerle *Pratylenchus hippeastri* olduğunu bildirmişlerdir.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Kök Yara Nematodlarının Sörvey Çalışmaları

Kayseri ve Niğde illerinin elma yetiştiriciliği yapılan ilçelerindeki yer alan elma bahçeleri 2019 ve 2020 yılı Mayıs ayının ilk haftasından başlanarak Haziran ayının ilk haftasına kadar gezilmiş ve elma bahçelerinden tesadüfi olarak toplam 220 adet toprak ve kök örnekleri alınmıştır (Tablo 4). Örnekleme sayısında Bora ve Karaca (1970)'ya göre modifiye edilmiş yöntem kullanılarak her bir ildeki ağaç sayısına göre örnekleme yapılmıştır (Şekil 6).



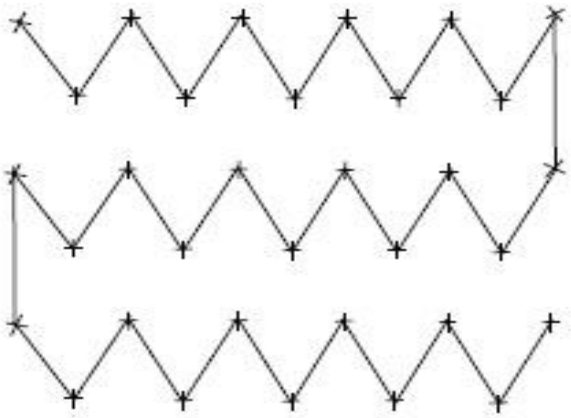
Şekil 6. Örnekleme yapılan iller.

Tablo 4. Kök yara nematodlarının sörvey çalışmalarının yapıldığı iller ve alınan örnek sayıları (TÜİK, 2020).

İller	Ağaç Sayısı	Toprak ve Kök Örneği Sayısı
Niğde	10393731	120
Kayseri	5450413	100
Toplam	15751300	220

Sörvey çalışmalarında elma bahçesini temsil edecek şekilde her elma bahçesinden örneklemede tesadüfi olarak 10 elma ağacı seçilmiş ve her ağacın gövdesinden 30 cm uzaklıkta ve ağaç taç iş düşümü altında kalan bölgede köklerin bulunduğu 5 farklı noktadan 0-30 cm derinlikten toprak ve kök örnekleri alınmıştır (Şekil 7). Alınan bu toprak ve kök örnekleri karıştırılarak içinden 2 kg toprak ve yaklaşık 200 gram kök örneği alınmıştır (Mant ve Hinai, 1996; Wang ve Hooks, 2009) (Şekil 8, 9). Alınan her bir toprak örneği için;

- Örneklerin alındığı meyve bahçelerine ait konum (GPS),
- Aşılı oldukları anaçlar ve örneklemenin yapıldığı tarih gibi bilgiler yer almıştır.



Şekil 7. Elma bahçelerinden toprak örneklerinin alınma deseni.

Her bir örnekteki KYN'ları mikroskop altında sayılarak aşağıda verilen formül yardımıyla nematodların yaygınlık oranları belirlenmiştir (Barker, 1985).

$$\text{KYN'larının Bulunma (Yaygınlık) Oranı} = \frac{\text{Nematod İle Bulaşıklık Bahçe Sayısı X 100}}{\text{Örnekleme Yapılan Toplam Bahçe Sayısı}}$$



Şekil 8. Örnekleme yapılan bir elma bahçesi ait genel görünüm (Kayseri-Çubuklu)

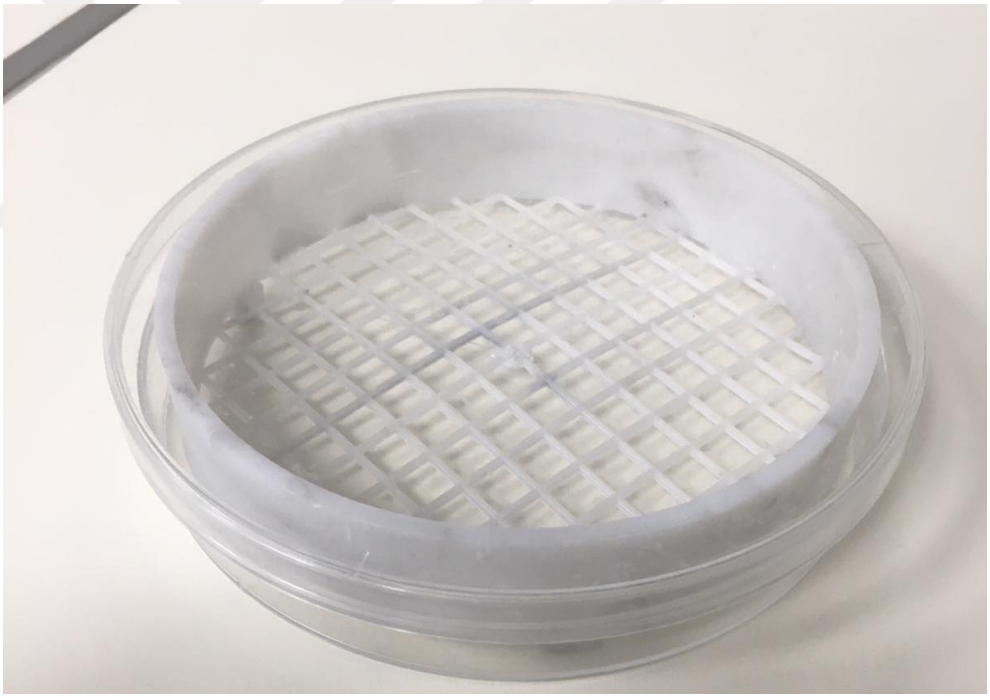


Şekil 9. Toprak örneklerinin alınması (Kayseri-Develi)

2.2. Nematodların Ekstraksiyonu

Sörveylerde alınan toprak ve bitki kökü örneklerinden KYN'larının izolasyonu ayrı ayrı yapılmıştır. Kök yara nematodlarının ikinci dönem larva ve erginlerinin topraktan elde edilmesi amacıyla 'Geliştirilmiş Baermann Huni Yöntemi' kullanılmıştır (Hooper, 1986a, b). Kök yara nematodların bitki kökünden elde edilmesinde ise bitki kök örnekleri suda yıkanarak topraksız bir şekilde 0.5-2.5 cm uzunluğunda küçük parçalara

kesilerek Geliştirilmiş Baermann Huni yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (Barker, 1985). Kök yara nematodlarının topraktan izole edilmesinde yaklaşık 12 cm çapında, 2 cm yüksekliğinde plastik petrilerden yaralanılmıştır. Elekler arasındaki yükseklik farkından yararlanılarak eleklerin yüzeyine yerleştirilmiş filtre kâğıtlarından nematodların toprağa geçmesi sağlanmıştır. Örnekleme alanından getirilen topraklar içerisindeki taş vb. maddelerden arındırıldıktan sonra dikkatlice karıştırılmış ve 100 g kadarı kâğıt üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 7). Petri kutularının içerisinde elekte bulunan topraklara yeteri kadar su ilave edildikten sonra karanlık bir ortamda 48 saat beklemeye alınmıştır. Bekleme sonrası Petri içerisinde bulunan nematod süspansiyonu 100 ml'lik mezürler içerisine alınmıştır. Burada 3 kez saf su ile yıkanıp 250 ve 500'lük meshlerden geçirildikten sonra 2 ml içerisinde yoğunlaştırılmıştır (Şekil 10, 11, 12, 13).



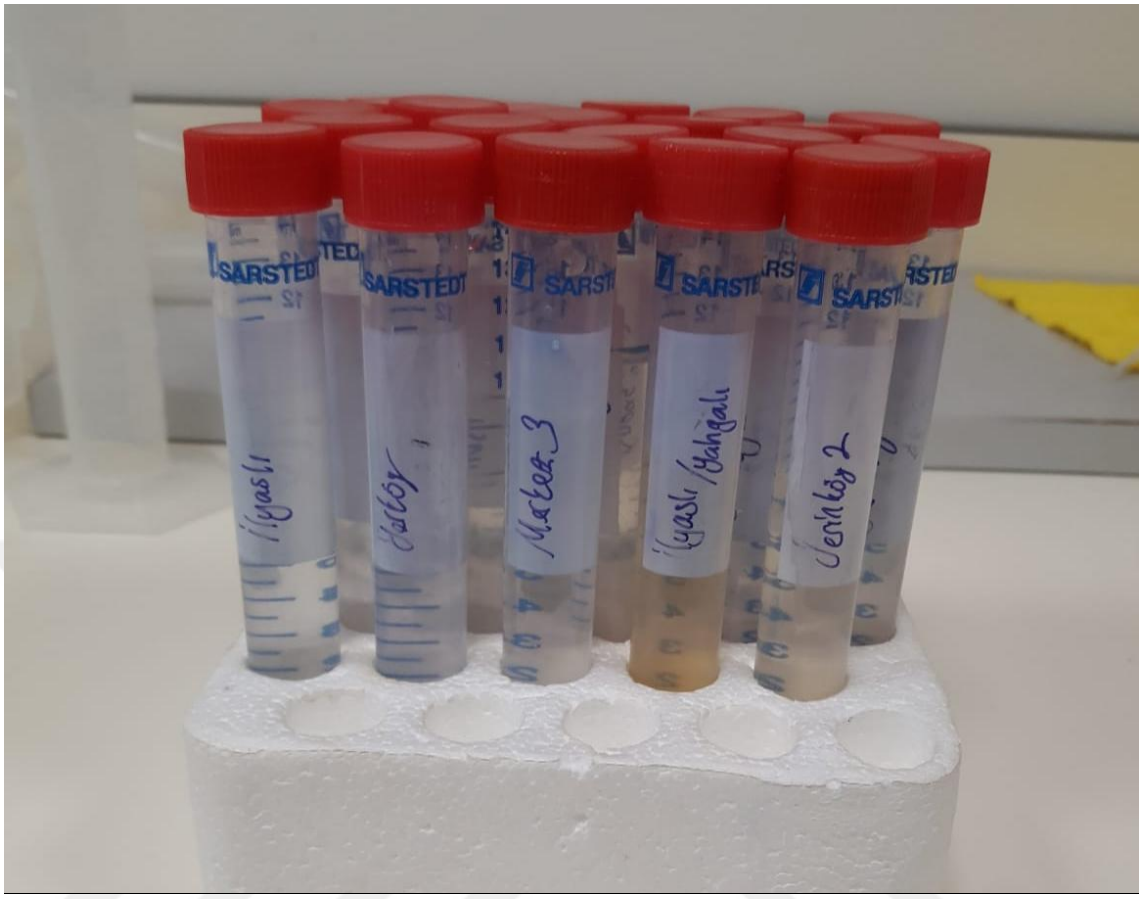
Şekil 10. Modifiye edilmiş Baermann huni yöntemi



Şekil 11. Toprak ve kök örneklerinin (100 g) modifiye edilmiş Baermann huni yöntemiyle ekstrakte edilmesi

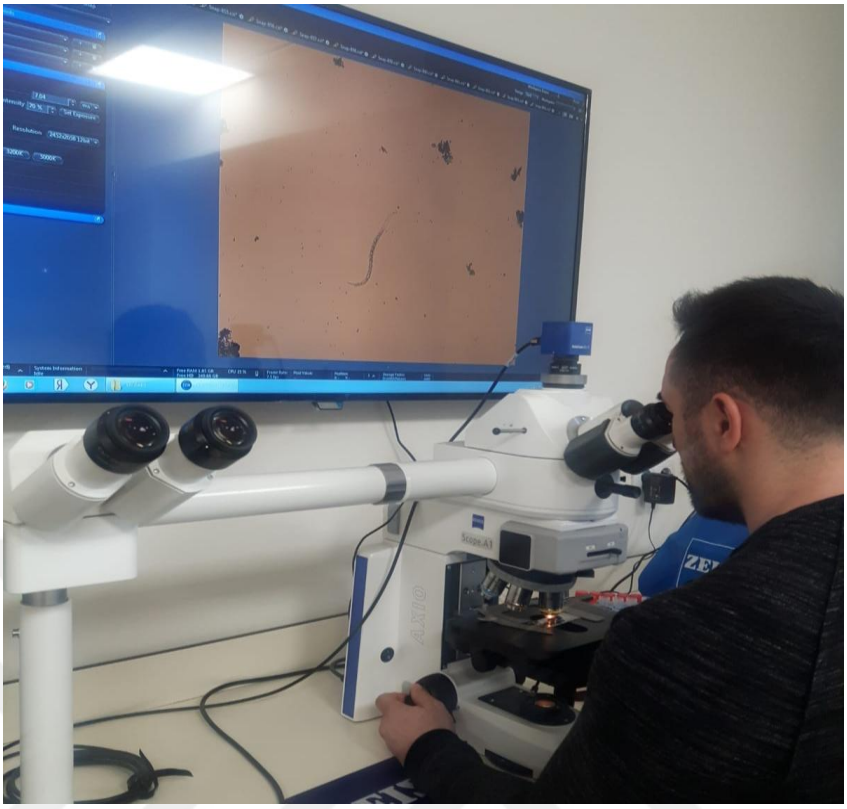


Şekil 12. Süspansiyonların mezüreler içine alınması

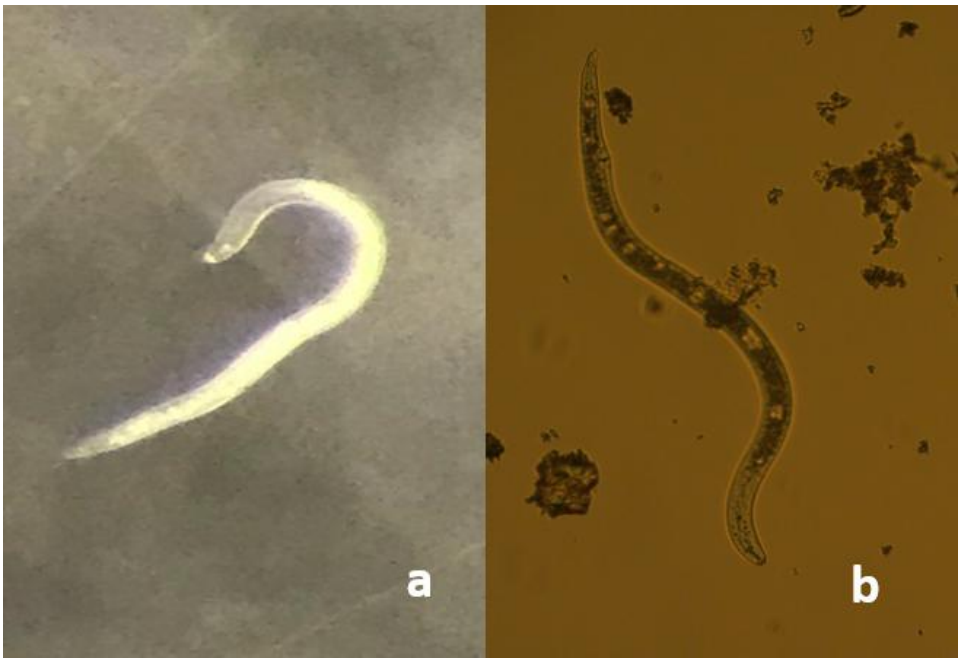


Şekil 13. Tüpler (2 ml) içerisinde yoğunlaştırılmış süspansiyonlar

Toprak örneklerinden elde edilen 2 ml'lik ekstraksiyon çözeltilerinden 50 µl çekilerek lam-lamel arasında yerleştirilmiş ve daha sonra mikroskop altında incelemeler yapılmıştır. *Pratylenchus* spp.'ye ait türler kalın ve güçlü bir görünüme sahip stomatostyletlerinin varlığı, vulvanın vücut uzunluğunun yaklaşık %73 ila 88'inde bulunuşu ve özofagus bezleri ile bağırsak başlangıcının vücudun ventral kısmında örtüşmesinden kaynaklanan eğik görünümden yola çıkarak belirlenmiştir (Siddiqi, 2000). İncelemeler sonucunda alınan toprak örneklerinde bulunan *Pratylenchus* spp.'e ait erginler ve juveniller ışık mikroskobu altında (100x) sayılarak yoğunlukları belirlenmiştir (Hooper, 1986a, b) (Şekil 14, 15).



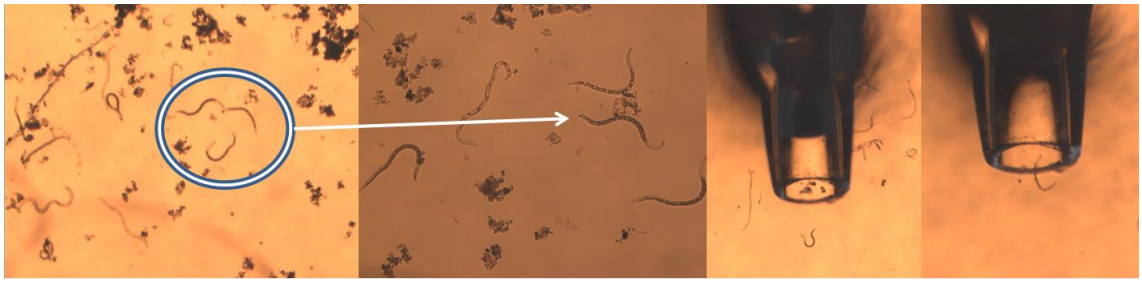
Şekil 14. Ekstrakte edilen toprak ve kök örneklerinden *Pratylenchus* spp.'lerin sayılması



Şekil 15. İzole edilen *Pratylenchus neglectus*'a ait (KAY-3) stereo (a) ve ışık mikroskobu (b) görüntüleri (20X).

2.3. Kök Yara Nematodlarının Saf Kültürlerinin Oluşturulması ve Kitle Üretimi

Laboratuvar çalışmalarında mikroskop altında gerçekleştirilen morfolojik gözlemler sonucunda *Pratylenchus* spp.'ye ait olduğu belirlenen nematodlar, içerisinde penicilin ve streptomisin bulunan santrifüj tüplerine alınarak 15 dakika boyunca bekletilerek yüzey dezenfeksiyonu sağlanmış ve saf kültüre alınmak üzere mikro pipetler yardımı ile alınarak daha önceden hazırlanmış havuç kültürleri üzerine yerleştirilmiştir. Kök yara nematodlarına ait saf kültürler, Moody vd. (1973) tarafından geliştirilen ve Tülek vd. (2009)'nce modifiye edilmiş olan "Havuç Kültürü" kullanılarak oluşturulmuştur. Nematod gelişimi gözlemlenen havuçlardan Kök yara nematodları 'Geliştirilmiş Baermann Huni Yöntemi' ile tekrar izole edilmiştir. Kök yara nematodlarına ait kültürler için havuç disklerinin yenilenmesinde taze ve yara almamış havuçlar kullanılmıştır. Bu amaçla havuçlar, % 5'lik Sodyum Hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 15 dakika bekletilerek yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır ve ardından saf su içerisinde bekletilerek NaOCl çözeltisinin kalıntılarından arındırılmıştır (Şekil 12). Bu işlemden sonra havuçların kabuğu soyulmuştur ve daha sonra % 96'lik ethanol alkol içerisinde 5 dakika boyunca tutulmuştur. Bu işlemin ardından havuçların dış yüzeyi (Laminar Flow) steril kabin içerisinde yakılarak yüzeydeki alkolün yanması ve böylece yüzeyde bulunan etmenlerin elemine edilmesi sağlanmıştır. Yakma işleminin hemen ardından havuçlar tekrar soyularak yaklaşık 1 cm kalınlığında dilimler steril bir bıçak yardımı ile kesilmiştir (Şekil 16, 17, 18). Kesilen havuç disklerine steril kabin içerisinde daha önce ışık mikroskobu altında seçilmiş ve % 1'lik Streptomycin ve Penicilin ile yüzey dezenfeksiyonu yapılmış sağlıklı 50 adet *Pratylenchus* spp. ergin bireyleri bir mikropipet yardımıyla inoküle edilmiştir (Şekil 18). Elma anaçarının konukçu reaksiyonlarının belirlenmesi çalışmalarında gerekli olan nematod miktarı elde edilene kadar bu işlemler tekrar edilmiştir (Şekil 19, 20). Havuç kültüründe bakteriyel ve fungal bulaşmalar olan izolatlar için yukarıda bahsedilen işlemler tekrarlanmıştır (Şekil 21, 22).



Şekil 16. Süspansiyonların ışık mikroskobu altında incelenmesi, *Pratylenchus* spp.'lerin belirlenmesi ve mikro pipetler yardımı ile alınması.



Şekil 17. İzole edilen *Pratylenchus* spp.'ler için havuçların yüzey dezenfeksiyonu, soyulması, etil alkolde (%96) bekletilmesi ve alkolde bekletilen havuçların yakılması.



Şekil 18. Yakılan havuçların Laminar flow içerisinde tekrar soyulması, dilimlenmesi, petrilere alınması ve parafilm ile kaplanması.



Şekil 19. Havuçlara Laminar flow içerisinde *Pratylenchus* spp.'lerin inokülasyonu ve parafilm ile kaplanması.



Şekil 20. Havuç kültürlerinin üzerinde *Pratylenchus* spp.'lerin gelişiminin gözlemlenmesi.



Şekil 21. İnkübatörlerde havuç disklerine inoküle edilen *Pratylenchus* spp.'lerin inkübasyonu.



Şekil 22. Havuç kültürüne alınan bazı *Pratylenchus* spp. izolatlarının bakteriyel ve fungal kontaminasyon nedeniyle çürümesi.

2.4. Nematodların Daimi Prepatlarının Hazırlanması

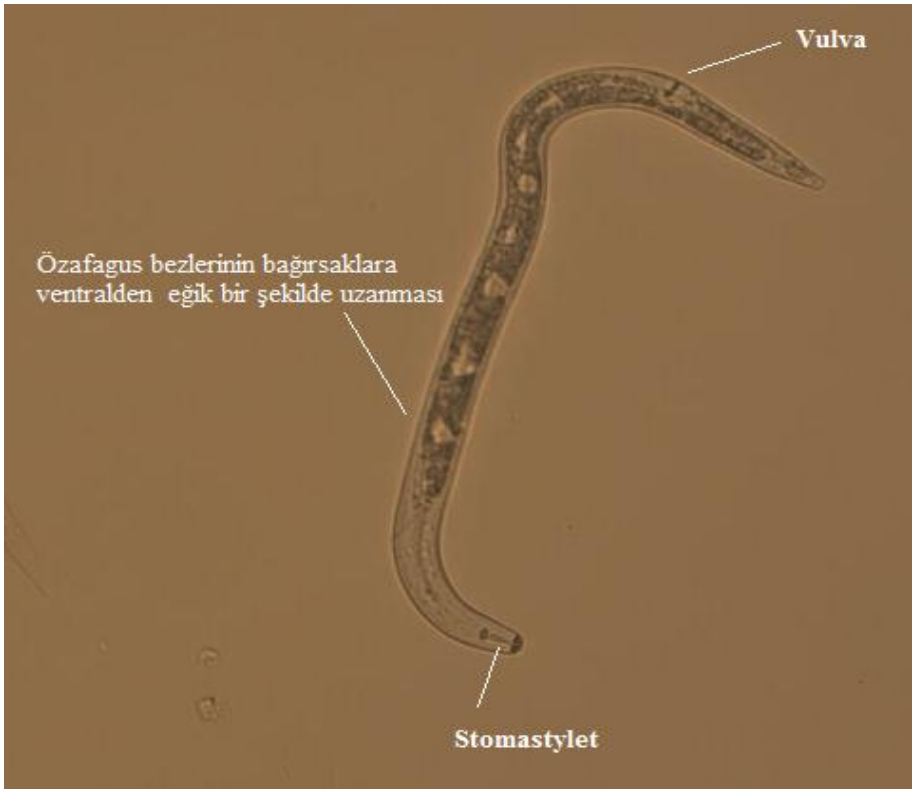
Kök yara nematodunun ergin dişi bireylerinin morfolojik teşhisleri yapılabilmesi için her bir örnekten yaklaşık 40-50 arası dişi birey 1 ml su içerisinde toplanmıştır. Su içerisindeki nematodlar 65 ^{o}C' deki su banyosu içinde 2 dakika bekletilerek ölmeleri sağlanmış ve 1 ml TAF solüsyonu (7 ml %40'lık formaldehyde+2ml triethanolamin+91ml saf su) eklenerek 2 gün süreyle fikse edilmiştir. Fikse edilen nematodlar, 5 cm çapında plastik petrilere aktarılarak oda sıcaklığında kurutulmuştur. Daha sonra nematodların yapısında bulunan suyun alkol ve gliserin ile yer değiştirmesi amacıyla Çözelti I (20 kısım %95'lik etanol, 1 kısım gliserin ve 79 kısım saf su) ve Çözelti II (95 kısım %95' lik etanol ve 5 kısım gliserin)'den geçirilmiş ve tekrar oda sıcaklığında kurutulmuştur. Son olarak bu örnekler saf gliserin içerisine alınarak çalışmalara hazır getirilmiştir (Hooper, 1986b) (Şekil 23).



Şekil 23. Nematod preparatlarının hazırlanması.

2.5. Morfolojik ve Morfometrik Teşhis

Kök yara nematodlarına ait morfolojik teşhis daha çok nematodun ergin dişi bireylerine ait morjolojik ve morfometrik özellikleri dikkate alınarak yapılmaktadır (Şekil 24). Söz konusu morfolojik ve morfometrik özellikler; vücut uzunluğu (L), vücut uzunluğu/vücudun en geniş yeri (a), vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b), vücut uzunluğu/oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık (b'), toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c), kuyruk uzunluğu /anüsteki vücut genişliği (c'), vulval indeks (%V), stylet Uzunluğu (S), pharynx Uzunluğu (P), maximum vücut genişliği (MBW), kuyruk Uzunluğu (TL), anal vücut genişliği (ABW) ve pharyngeal örtüşme (Overlap) olarak bildirilmektedir (Siddiqi, 2000; Castillo ve Vovlas, 2007; Subbotin vd., 2010). Morfometrik ölçümler ZEISS ışık mikroskobu ZEN Görüntüleme yazılımı (Lucida-Axioplan) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde 20 adet dişi bireyler kullanılmıştır. Morfolojik ve morfometrik ölçümlere dayalı tür teşhisleri Prof. Dr. Mustafa İMREN'in (AİBU Ziraat Fakültesi) katkılarıyla yapılmış ve literatürde verilen diğer çalışmalarla kıyaslanarak uygun taksonomik gruplara yerleştirilmiştir.



Şekil 24. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus* spp.'e (Dişi) ait bir görüntü (Kay-24) (20X).

2.6. Moleküler Teşhis

2.6.1. DNA İzolasyonu

DNA izolasyonu Holtermann vd. (2006) bildirdiği tek bir bireyden DNA elde etme protokolüne göre gerçekleştirilmiştir. Kök yara nematodlarının her bir popülasyonundan elde edilen ikinci dönem larva, içerisinde 25 µl ddH2O bulunan PCR tüplerine (0.2 ml) aktarılarak üzerine 25µl WLB (+) ilave edilmiştir. Karışım 65°C'de 90 da, ardından 99°C'de 5 da thermocycle'da inkübe edildikten sonra –20°C'de muhafaza edilmiştir. DNA'nın izolasyonunda kullanılan WLB (+)'nin hazırlanmasında 950 µl Worm Lysis Buffer WLB (-) +10µl beta-mercaptoethanol + 40 µl (20mg/ml ProtK) kullanılmıştır. Worm Lysis Buffer, WLB (-) ise 2ml 1M NaCI + 2ml 1M Tris-HCI, Ph8 + 5,5 ml ddH_2O kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 25).



Şekil 25. Saf kültüre alınan *Pratylenchus* spp.'lerden DNA ekstraksiyonu.

2.6.2. DNA Amplifikasyonu

Kök yara nematodu rDNA'sının amplifikasyonunda 28S'lik rDNA gen bölgesinin D2/D3 domainleri D2A (Forward) primeri (5_-ACAAGTACCGTGAGGGAAAG TTG_3) ve D3B (Reverse) primeri (5_-TCGGAAGGAACCAGCTACTA_3) kullanılarak genişletişmiştir (Subbotin vd., 2006). Amplifikasyonda Thermo Scientific'in #K1071 nolu hazır kitinden (Dream Taq Master Mix) faydalanılmıştır. PCR reaksiyonu 32 µl ddH_2O, 15 µl Dream Taq (Master Mix), 0,5 µM Ab28 primer, 0,5 µM Tw 81 primer ve 2 ng/µl DNA olacak şekilde toplam 50 mikrolitre içersisinde hazırlanmıştır. Tablo 5'te verilen PCR döngüsü sonucunda elde edilen PCR ürünleri %1.5 agaroz jelde elektroforez (100 V- 40 da) edildikten sonra 15 da etidyum bromid

(0.1 µg/ml) çözeltisinde bekletilmiştir. Daha sonra UV transilluminatör yardımı ile görüntülenerek jel fotoğrafları çekilmiştir. Kalan PCR ürünleri –20 °C saklanmıştır (Tablo 5) (Şekil 26).

Tablo 5. Kök yara nematodlarının teşhisinde kullanılan PCR döngüleri

35 döngü					
94°C	94°C	55 °C	72°C	72°C	4°C
4 da	60 sn	60 sn	120 sn	10 da	∞



Şekil 26. Saf kültüre alınan *Pratylenchus* spp.'lerin moleküler çalışmaları.

2.6.3. Sekans Analizi

Popülasyonlara ait saflaştırılmış DNA sekansa gönderilerek sekans sonuçları Software Packages Chromas 2.00 (Technelysium, Helensvale, QLD, Australia) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonrasında gen bankasından (Sequin v. 9.00, http://www.ncbi.nlm.nih.gov) DNA'ların tanımlanması yapılmıştır.

2.6.4. Soy Ağaçlarının Oluşturulması

Popülasyonlara ait elde edilen sekans dizilimleri LSU-28S arasındaki tür içi kalıtsal farklılıklar Bayesian inference analyses (BI) metodu esas alınarak her bir veri MrBayes 3.1.2 programı kullanılarak ayrı ayrı analiz edilmiştir (Huelsenbeck ve Ron-quist, 2001). Filogenetik ağaçları görselleştirmek için FigTree v1.4 kullanılmıştır (Baele vd., 2012). Elde edilen sekans dizilimleri MEGA 7 bilgisayar paket programı kullanılarak manuel olarak düzenlenmiş ve NCBI BLAST aracı ile analiz edilmiştir. Alt grup olarak

Belonolaimus longicaudatus (Dolichodoridae: Rhabditida) filogenetik analizlere dâhil edilmiştir.

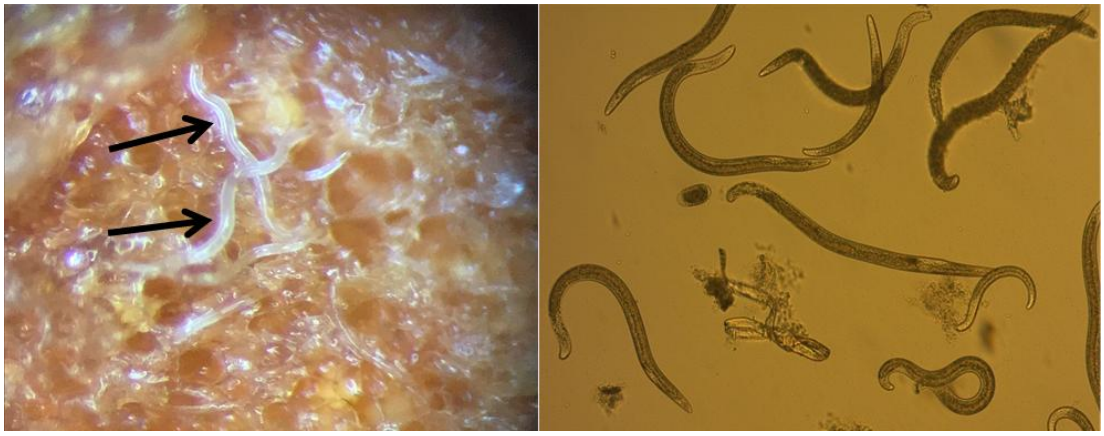
2.7. Yerel Elma Anaçlarının Kök Yara Nematodlarına Karşı Reaksiyonlarının Araştırılması

Ülkemizde en çok yetiştirilen ve tercih edilen elma anaçlarının (Tablo 6) KYN'larına karşı dayanıklılık düzeyleri araştırılmıştır. Elma anaçları Kayserinin-Yahyalı ilçesinde sertifikalı elma anacı ve aşılı fidan satan ticari bir işletmeden (Emniyet Fidancılık) tedarik edilmiştir.

Tablo 6'da yer alan anaçların elde edilen KYN'larına karşı dayanıklılık/tolerans düzeylerini belirlemek amacıyla %80 kum-%20 torf karışımı otoklavda 120 ºC'de steril edilmiş ve ardından 10 lt hacimdeki plastik saksılara doldurulmuştur. Denemelerde her bir saksı bir tekerrür olarak kabul edilmiş ve her uygulama 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Her bir saksıya ilk aşamada (Nisan ayının ilk haftası) 4 adet anaç dikilmiş, devamında ise aralarında en sağlıklı yetişen anaç seçilerek diğerleri elemine edilmiştir. Mayıs ayı başlangıcında her bir saksıya daha önceden kitle üretimi yapılmış ve 2 haftalık 1000 adet (Ergin+larva) yoğunluğunda KYN inoküle edilmiştir (Şekil 27, 28). İnokülasyon sonrasında denemeler yetiştirme dönemi sonunda yaklaşık 4 ay sonra sonlandırılmıştır. Deneme sonunda saksı içerisindeki topraklardan ve köklerden KYN'larına ait farklı dönemler 'Geliştirilmiş Baermann Huni Yöntemi' kullanılarak tekrar izole edilmiştir (Şekil 27, 28, 29).

Tablo 6. Konukçu reaksiyonu denemelerinde kullanılan elma anaçları ve çeşitler.

Anaçlar	Çeşitler
M-9	Golden, G.Smith
MM-106	Fuji
MM-111	Starking



Şekil 27. Havuç disk yöntemi ile kitle üretimi yapılan *Pratylenchus thornei*'nin stereo (a) ve ışık (b) mikroskobu görüntüleri (20X).



*Şekil 28.*Saksılara *Pratylenchus thornei*'nin inokülasyonu.



Şekil 29. Elma fidanlarının genel görünümü.

Konukçu reaksiyonlarının değerlendirilmesinde aşağıda yer alan formül kullanılmıştır (Rf=Pf/Pi) (Ferris ve Noling, 1987).

$$\text{Denemelerde kullanılan her bir anaç için için KYN'larının üreme oranı } \mathbf{(Ro)} = \frac{\text{Toprak ve bitki kökü içerisinde bulunan KYN'larının sonuç popülasyonunun } \mathbf{(Pf)}}{\text{Toprağa saksı denemeleri başlangıcında inoküle edilen KYN'u popülasyonu } \mathbf{(Pi)}}$$

Test edilen anaçlar üzerine aşılı çeşitlerde, yetiştirme sezonu sonunda inoküle edilmiş nematodlarda üreme gerçekleşmediyse dayanıklı, üreme oranı 1 ve 1'in altında ise orta derece dayanıklı ve üreme oranı 1'in üstünde ise hassas olarak değerlendirilmiştir.

2.8. Verilerin Analizi

Her bir elma çeşidindeki KYN türlerinin popülasyon gelişimi ve üreme oranı verileri normal dağılım gösterip göstermediği test edildikten sonra varyans analizine (ANOVA) tabi tutularak ortalamalar arasındaki farklılıkların istatiksel bir anlam ifade edip etmediği değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde SPSS 18.0 (SPSS Inc., USA) paket programı kullanılarak ortalamalar Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi ($P \leq 0.05$) ile karşılaştırılmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Sörvey Çalışmaları

Kayseri ve Niğde illeri elma yetiştiriciliği alanlarında 2019-2020 yıllarında yapılan sörvey çalışmaları toplam 220 adet toprak örneği alınmıştır (Tablo 7, 8) ve toprak ve kök ekstraksiyonlarının incelenmesiyle belirlenen bitki paraziti nematodlar Tablo 9 ve 10'da verilmiştir. Kayseri ilinde yapılan örneklemelerde Tylenchida ve Dorylaimida takımlarına bağlı sekiz bitki paraziti nematod cins düzeyinde tespit edilirken Niğde ilinde Tylenchida ve Dorylaimida takımına ait sadece 5 bitki paraziti nematodu cins düzeyinde tespit edilmiştir. Kayseri ve Niğde ilçelerinde en çok karşılaşılan BPN *Pratylenchus* spp. olurken bunu *Helicotylenchus* spp. ve *Hoplolaimus* spp. takip etmiştir. Niğde ilinde yapılan örnekelemelerin hiçbirinde *Meloidogyne* spp.'ye rastlanılmamıştır. Kayseri ilinde sadece 1 örnekte (KAY-21) *Meloidgyne* spp.'ye rastlanılmıştır. Kayseri ilinde yapılan örneklemelerde: *Criconem*a spp. (KAY-3, KAY-7)'ye 2 örnekte, *Helicotylenchus* spp.'ye 5 örnekte (KAY-11, KAY13, KAY-25, KAY-32, KAY-42), *Hoplolaimus* spp.'ye 2 örnekte (KAY-3, KAY-43), *Radopholus* spp.'ye 1 örnekte (KAY-10) *Paratylenchus* spp.'ye 2 örnekte (KAY-13 ve KAY-71), *Pratylenchus* spp.'de 36 örnekte (Tablo 11), *Xiphinema* spp.'ye 1 örnekte (KAY-9) rastlanılmıştır. Niğde illinde yapılan örneklemelerde: *Helicotylenchus* spp.'ye 5 örnekte (NİĞ-17, NİĞ-39, NİĞ-41, NİĞ-51, NİĞ-55), *Hoplolaimus* spp.'ye 1 örnekte (NİĞ-103), *Paratylenchus* spp.'ye 1 örnekte (NİĞ-69), *Pratylenchus* spp.'ye 20 örnekte (Tablo 12) ve *Xiphinema* spp.'ye 3 örnekte (NIĞ-66, NIĞ-67, NIĞ-80) rastlanılmıştır (Şekil 30, 31). Kayseri ve Niğde illerinde en çok karşılaşılan BPN sırasıyla %72 ve %67 oran ile *Pratylenchus* spp. olmuştur (Şekil 32, 33).

Tablo 7. Kayseri ilinde (KAY) elma bahçelerinden alınan toprak ve kök örneklerinin GPS koordinatları.

Örnek Numarası	İlçe	GPS Koordinatları	Örnek Numarası	İlçe	GPS Koordinatları	Örnek Numarası	İlçe	GPS Koordinatları
1	Develi	38°21’29 K 35°23’39 D	36	Yahyalı	38°24’24 K 35°26’97 D	71	Tomarza	38°26’57 K 35°48’05 D
2	Develi	38°21’29 K 35°23’39 D	37	Yahyalı	38°24’22 K 35°26’97 D	72	Tomarza	38°26’43 K 35°48’40 D
3	Develi	38°21’29 K 35°23’39 D	38	Yahyalı	38°20’12 K 35°27’29 D	73	Tomarza	38°27’30 K 35°48’14 D
4	Develi	38°21’29 K 35°23’39 D	39	Yahyalı	38°20’12 K 35°27’29 D	74	Sarız	38°28’53 K 36°29’56 D
5	Develi	38°21’02 K 35°23’09 D	40	Yahyalı	38°18’02 K 35°26’13 D	75	Sarız	38°28’32 K 36°30’08 D
6	Develi	38°21’02 K 35°23’09 D	41	Yahyalı	38°18’02 K 35°26’13 D	76	Sarıoğlan	39°04’32 K 35°58’13 D
7	Develi	38°21’02 K 35°23’09 D	42	Yahyalı	38°18’02 K 35°26’13 D	77	Pınarbaşı	38°43’15 K 36°23’09 D
8	Develi	38°21’02 K 35°23’09 D	43	Yeşilhisar	38°20’53 K 35°05‘94 D	78	Pınarbaşı	38°43’27 K 36°24’12 D
9	Develi	38°20’45 K 35°27’47 D	44	Yeşilhisar	38°20‘53 K 35°05‘59 D	79	Özvatan	39°06’32 K 35°42’33 D
10	Develi	38°20’45 K 35°27’47 D	45	Yeşilhisar	38°20‘52 K 35°05‘93 D	80	Özvatan	39°06’29 K 35°42’45 D
11	Develi	38°20’45 K 35°27’47 D	46	Yeşilhisar	38°19‘61 K 35°05‘68 D	81	Melikgazi	38°42’44 K 35°27‘56 D
12	Develi	38°20’45 K 35°27’47 D	47	Yeşilhisar	38°19‘61 K 35°05‘67 D	82	Melikgazi	38°42’46 K 35°28‘05 D
13	Develi	38°24’18 K 35°26’57 D	48	Yeşilhisar	38°19‘91 K 35°05‘70 D	83	Melikgazi	38°42’57 K 35°29‘43 D
14	Develi	38°24’18 K 35°26’57 D	49	Yeşilhisar	38°19‘89 K 35°05‘70 D	84	Kocasinan	38°53‘16 K 35°19‘44 D
15	Develi	38°24’18 K 35°26’57 D	50	Yeşilhisar	38°19‘87 K 35°05‘71 D	85	Kocasinan	38°53‘24 K 35°19‘17 D
16	Develi	38°24’18 K 35°26’57 D	51	Yeşilhisar	38°19‘87 K 35°05‘70 D	86	Kocasinan	38°53‘06 K 35°19‘12 D
17	Develi	38°19’50 K 35°22’52 D	52	Yeşilhisar	38°19‘86 K 35°05‘71 D	87	İncesu	38°46‘52 K 35°22‘35 D
18	Yahyalı	38°09’52 K 35°21’56 D	53	Yeşilhisar	38°19‘59 K 35°05‘68 D	88	İncesu	38°46‘56 K 35°22‘36 D
19	Yahyalı	38°10’07 K 35°22’23 D	54	Yeşilhisar	38°19‘55 K 35°05‘68 D	89	Hacılar	38°38‘30 K 35°27‘40 D
20	Yahyalı	38°10’28 K 35°22’21 D	55	Yeşilhisar	38°21‘86 K 35°05‘62 D	90	Hacılar	38°38‘23 K 35°26‘57 D
21	Yahyalı	38°20’12 K 35°27’29 D	56	Yeşilhisar	38°21‘87 K 35°05‘62 D	91	Felahiye	39°05‘39 K 35°34‘41 D
22	Yahyalı	38°20’12 K 35°27’29 D	57	Yeşilhisar	38°21‘87 K 35°05‘63 D	92	Felahiye	39°05‘14 K 35°33‘56 D
23	Yahyalı	38°42’58 K 35°31’86 D	58	Yeşilhisar	38°21‘84 K 35°05‘64 D	93	Bünyan	38°50‘17 K 35°53‘05 D
24	Yahyalı	38°20’20 K 35°27’53 D	59	Yeşilhisar	38°21‘83 K 35°05‘68 D	94	Bünyan	38°50‘14 K 35°53‘19 D
25	Yahyalı	38°20’18 K 35°27’62 D	60	Yeşilhisar	38°26‘33 K 35°08‘20 D	95	Bünyan	38°50‘01 K 35°53‘38 D
26	Yahyalı	38°18’10 K 35°26’23 D	61	Yeşilhisar	38°09’20 K 35°21’52 D	96	Bünyan	38°50‘42 K 35°52‘20 D
27	Yahyalı	38°18’06 K 35°26’16 D	62	Yeşilhisar	38°09’33 K 35°22’01 D	97	Bünyan	38°51‘24 K 35°51‘36 D
28	Yahyalı	38°18’14 K 35°26’15 D	63	Yeşilhisar	38°09’33 K 35°22’01 D	98	Bünyan	38°51‘26 K 35°51‘33 D
29	Yahyalı	38°19’83 K 35°22’90 D	64	Yeşilhisar	38°09’33 K 35°22’01 D	99	Bünyan	38°51‘16 K 35°51‘45 D
30	Yahyalı	38°’19’47 K 35°22’52 D	65	Yeşilhisar	38°09’33 K 35°22’01 D	100	Akkışla	38°51‘27 K 35°51‘16 D
31	Yahyalı	38°19’79 K 35°22’87 D	66	Yeşilhisar	38°09’52 K 35°21’56 D			
32	Yahyalı	38°19’86 K 35°22’86 D	67	Yeşilhisar	38°09’52 K 35°21’56 D			
33	Yahyalı	38°19’90 K 35°22’81 D	68	Talas	38°41’51 K 35°32’12 D			
34	Yahyalı	38°24’29 K 35°26’99 D	69	Talas	38°42’14 K 35°32’26 D			
35	Yahyalı	38°24’28 K 35°26’98 D	70	Talas	38°42’13 K 35°32’29 D			

Tablo 8. Niğde ilinde (NİĞ) elma bahçelerinden alınan toprak ve kök örneklerinin GPS koordinatları.

Örnek No	İlçe	GPS Koordinatları	Örnek No	İlçe	GPS Koordinatları	Örnek No	İlçe	GPS Koordinatları
1	Merkez	38°08’30 K 35°08’37 D	41	Bor	37°54’06 K 34°33’02 D	81	Çamardı	37°59’38 K 34°43’49 D
2	Merkez	38°08’15 K 35°08’41 D	42	Bor	37°54’00 K 34°32’51 D	82	Çamardı	37°59’51 K 34°43’54 D
3	Merkez	38°08’00 K 35°08’46 D	43	Bor	37°54’23 K 34°34’37 D	83	Çamardı	37°59’38 K 34°43’49 D
4	Merkez	38°07’18 K 35°09’19 D	44	Bor	37°53’29 K 34°34’49 D	84	Çamardı	37°59’38 K 34°43’40 D
5	Merkez	38°08’35 K 35°08’47 D	45	Bor	37°53’39 K 34°34’54 D	85	Çamardı	38°00’07 K 34°44’03 D
6	Merkez	38°08’24 K 35°08’52 D	46	Bor	37°53’52 K 34°34’51 D	86	Çamardı	37°59’34 K 34°43’29 D
7	Merkez	38°08’06 K 35°08’53 D	47	Bor	37°54’05 K 34°34’57 D	87	Çamardı	37°59’14 K 34°42’45 D
8	Merkez	38°08’06 K 35°09’07 D	48	Bor	37°54’10 K 34°35’01 D	88	Çamardı	37°58’49 K 34°41’47 D
9	Merkez	38°08’55 K 35°09’21 D	49	Bor	37°54’11 K 34°35’13 D	89	Çamardı	37°58’27 K 34°42’13 D
10	Merkez	38°08’32 K 35°09’15 D	50	Bor	37°54’00 K 34°34’29 D	90	Çamardı	37°58’14 K 34°42’12 D
11	Merkez	38°08’11 K 35°09’07 D	51	Bor	37°54’26 K 34°34’25 D	91	Çamardı	37°56’33 K 34°39’26 D
12	Merkez	38°07’16 K 35°04’00 D	52	Bor	37°53’09 K 34°32’56 D	92	Çamardı	37°56’30 K 34°39’04 D
13	Merkez	38°04’40 K 35°05’03 D	53	Bor	37°53’08 K 34°32’54 D	93	Çamardı	37°55’54 K 34°36’15 D
14	Merkez	38°03’28 K 35°05’28 D	54	Bor	37°53’01 K 34°32’55 D	94	Çamardı	37°54’36 K 34°34’37 D
15	Merkez	37°50’23 K 34°35’45 D	55	Bor	37°53’09 K 34°32’56 D	95	Çamardı	37°54’23 K 34°34’37 D
16	Merkez	37°50’04 K 34°35’26 D	56	Bor	37°52’52 K 34°33’08 D	96	Çamardı	37°54’26 K 34°34’26 D
17	Merkez	37°50’19 K 34°35’22 D	57	Bor	37°53’02 K 34°32’55 D	97	Çamardı	37°53’32 K 34°34’33 D
18	Merkez	37°49’53 K 34°35’30 D	58	Bor	37°53’22 K 34°32’29 D	98	Çamardı	37°53’29 K 34°34’48 D
19	Merkez	37°49’45 K 34°34’39 D	59	Bor	37°53’32 K 34°32’25 D	99	Çamardı	37°52’32 K 34°33’27 D
20	Merkez	37°49’22 K 34°33’34 D	60	Bor	37°53’46 K 34°32’04 D	100	Çiftlik	38°09’48 K 34°31’23 D
21	Merkez	37°49’01 K 34°33’12 D	61	Bor	37°53’01 K 34°33’08 D	101	Çiftlik	38°09’35 K 34°31’38 D
22	Merkez	37°49’00 K 34°33’04 D	62	Bor	37°51’55 K 34°32’08 D	102	Çiftlik	38°09’56 K 34°31’17 D
23	Merkez	37°48’58 K 34°32’36 D	63	Bor	37°52’00 K 34°32’13 D	103	Çiftlik	38°10’16 K 34°30’54 D
24	Merkez	37°53’18 K 34°36’24 D	64	Bor	37°52’13 K 34°32’38 D	104	Çiftlik	38°08’34 K 34°31’04 D
25	Merkez	37°53’18 K 34°36’48 D	65	Bor	37°52’16 K 34°32’17 D	105	Çiftlik	38°09’05 K 34°31’04 D
26	Merkez	37°53’17 K 34°37’00 D	66	Ulukışla	37°32’33 K 34°30’45 D	106	Çiftlik	38°09’10 K 34°30’58 D
27	Merkez	37°53’12 K 34°37’02 D	67	Ulukışla	37°32’35 K 34°31’00 D	107	Çiftlik	38°08’35 K 34°31’14 D
28	Merkez	37°53’23 K 34°37’21 D	68	Ulukışla	37°32’39 K 34°31’15 D	108	Altunhisar	37°59’42 K 34°22’42 D
29	Merkez	37°53’24 K 34°37’11 D	69	Ulukışla	37°32’29 K 34°31’23 D	109	Altunhisar	37°59’37 K 34°22’48 D
30	Merkez	37°53’24 K 34°37’06 D	70	Ulukışla	37°32’25 K 34°31’50 D	110	Altunhisar	38°00’23 K 34°23’34 D
31	Merkez	37°53’16 K 34°37’07 D	71	Ulukışla	37°32’02 K 34°32’18 D	111	Altunhisar	38°00’17 K 34°23’38 D
32	Merkez	37°53’21 K 34°37’32 D	72	Ulukışla	37°31’48 K 34°33’01 D	112	Altunhisar	38°00’46 K 34°23’41 D
33	Merkez	37°53’24 K 34°37’21 D	73	Ulukışla	37°31’46 K 34°33’04 D	113	Altunhisar	38°00’44 K 34°24’07 D
34	Merkez	37°53’33 K 34°37’16 D	74	Ulukışla	37°31’09 K 34°37’43 D	114	Altunhisar	38°00’51 K 34°24’15 D
35	Bor	37°53’52 K 34°34’51 D	75	Ulukışla	37°31’10 K 34°38’02 D	115	Altunhisar	37°59’41 K 34°22’28 D
36	Bor	37°53’50 K 34°34’51 D	76	Ulukışla	37°32’38 K 34°29’01 D	116	Altunhisar	37°59’15 K 34°22’21 D
37	Bor	37°53’29 K 34°34’49 D	77	Ulukışla	37°32’38 K 34°29’38 D	117	Altunhisar	37°59’11 K 34°22’23 D
38	Bor	37°52’13 K 34°32’38 D	78	Ulukışla	37°32’08 K 34°31’54 D	118	Altunhisar	38°00’44 K 34°20’37 D
39	Bor	37°53’08 K 34°32’53 D	79	Ulukışla	37°32’14 K 34°31’38 D	119	Altunhisar	38°00’57 K 34°20’35 D
40	Bor	37°53’09 K 34°32’56 D	80	Ulukışla	37°32’21 K 34°31’27 D	120	Altunhisar	38°01’09 K 34°20’23 D

KYN'larının, Kayseri ili için elde edilme yüzdesi %36,0 iken Niğde ili için bu oran %16,6 olarak bulunmuştur. Kayseri ilinde KYN'larının en yüksek elde edilme yüzdesi %41,6 ile Yahyalı ilçesinden elde edilmiştir ve bunu %33,3 ile Develi ve %25,0 ile Yeşilhisar takip etmiştir. Niğde iline ait Ulukışla ilçesi %46,6 ile KYN'larına en çok rastlanılan ilçe olmuştur ve bunu %33,3 ile Bor ve %8,5 ile Merkez takip etmiştir. Her iki ilden alınan toprak örnekleri ve KYN'larının yoğunlukları incelendiğinde Kayseri ili elma alanlarında KYN'larının Niğde ili elma alanlarına göre daha yoğun olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Kayseri iline ait Yahyalı ilçesinin KYN'larının en çok rastlanıldığı ilçe olduğu belirlenmiş ve Develi, Yahyalı ve Yeşilhisar ilçeleri dışında Kayseri ilinin diğer ilçelerinden alınan örneklerde KYN'na rastlanılmamıştır.

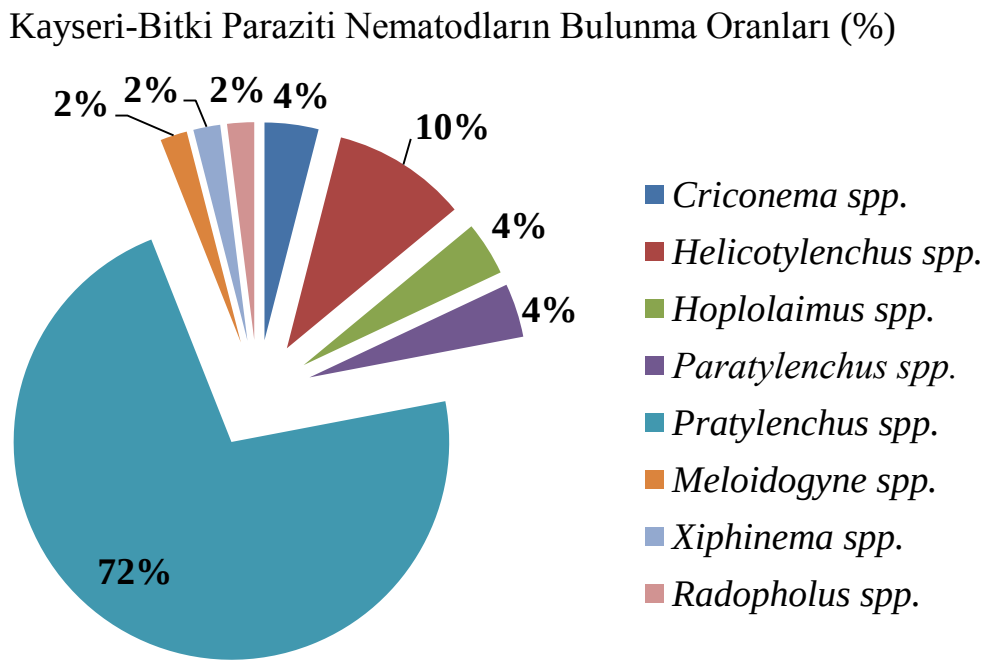
Niğde iline ait ilçelerden alınan örneklerde KYN'larına en çok Ulukışla ilçesinde rastlanılırken bu ilçeyi Bor ve Merkez ilçeleri takip etmiştir. Bununla beraber Niğde'de örnekleme yapılan elma bahçelerinde hiçbir KUN'una rastlanılmamıştır.

Tablo 9. Kayseri ilinde alınan toprak ve kök örneklerinde karşılaşılan bitki paraziti nematodları.

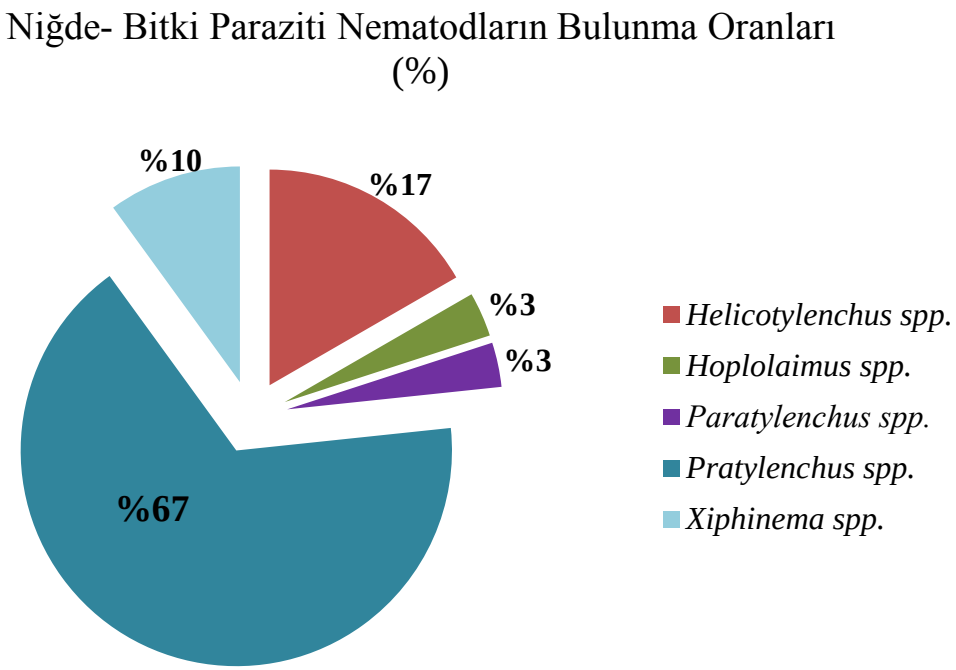
Bitki Paraziti Nematodu Cinsleri	**Kayseri**			
	Develi	**Yahyalı**	**Yeşilhisar**	**Tomarza**
Criconema spp. Hofmänner & Menzel, 1914 (Criconematidae:Tylenchida)	+	-	-	-
Helicotylenchus spp. Steiner, 1945 (Hoplolaimidae: Tylenchida)	+	+	-	-
Hoplolaimus spp. von Daday, 1905 (Hoplolaiminae: Tylenchida)	+	+	+	-
Paratylenchus spp. Micoletzky, 1922 (Tylenchulidae: Tylenchida)	+	-	-	+
Pratylenchus spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae:Tylenchida)	+	+	+	-
Radopholus spp. Thorne, 1949 (Meloidogynidae: Tylenchida)	+	-	-	-
Meloidogyne spp. Göldi, 1889 (Meloidogynidae: Tylenchida)	+	-	-	-
Xiphinema spp. Cobb, 1913 (Longidoridae: Dorylaimida)	+	-	-	-

Tablo 10. Niğde ilinde alınan toprak ve kök örneklerinde karşılaşılan bitki paraziti nematodları.

Bitki Paraziti Nematodu Cinsleri	**Niğde**			
	Merkez	**Bor**	**Çiftlik**	**Ulukışla**
Helicotylenchus spp. Steiner, 1945 (Hoplolaiminae: Tylenchida)	+	+	-	-
Hoplolaimus spp. von Daday, 1905 (Hoplolaiminae: Tylenchida)	-	-	+	-
Paratylenchus spp. Micoletzky, 1922 (Tylenchulidae: Tylenchida)	-	-	-	+
Pratylenchus spp. Filip'jev, 1936 (Pratylenchidae:Tylenchida)	+	+	-	+
Xiphinema spp. Cobb, 1913 (Longidoridae: Dorylaimida)	-	-	-	+



Şekil 30. Kayseri ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde bitki paraziti nematodların bulunma oranları (%).



Şekil 31. Niğde ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde bitki paraziti nematodların bulunma oranları (%).



Şekil 32. Kayseri ili elma bahçelerinde örnekleme yapılan alanlardan elde edilen bitki paraziti nematodu [(*Helicotylecnhus* spp. (KAY-11)] (20X).



Şekil 33. Kayseri ili elma bahçelerinde örnekleme yapılan alanlardan elde edilen bitki paraziti nematodu [*Pratylenchus* spp. (KAY-7)] (20X).

Tablo 11. Kayseri ili elma alanlarından 2019-2020 yıllarında alınan toprak ve kök örneklerinde bulunan kök yara nematodlarının bulunma oranları (%).

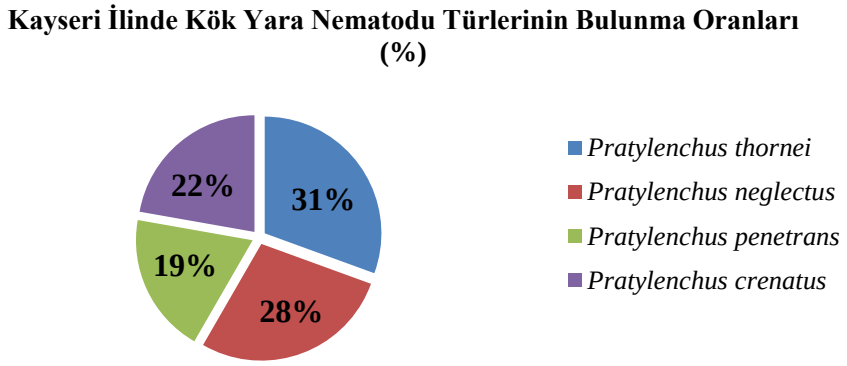
İl	İlçe	Toplu Meyve Alanı (da)	Toplam Ağaç Sayısı (Adet)	Alınan Örnek Sayısı	Pozitif Örnek Sayısı	Bulunma Oranı (%)
Kayseri	Akkışla	485	10253	2	-	0
	Bünyan	2361	106320	7	-	0
	Develi	5250	366800	17	12	33,3
	Felahiye	207	7090	2	-	0
	Hacılar	145	26500	2	-	0
	İncesu	185	16800	2	-	0
	Kocasinan	1260	35645	3	-	0
	Melikgazi	1439	45185	3	-	0
	Özvatan	337	10900	2	-	0
	Pınarbaşı	283	36970	2	-	0
	Sarıoğlan	16	28350	1	-	0
	Sarız	1605	4100	2	-	0
	Talas	1846	12360	3	-	0
	Tomarza	130	6113	2	-	0
	Yahyalı	29146	2204600	25	15	41,6
	Yeşilhisar	30554	2532427	25	9	25,0
Toplam		**72148**	**5450413**	**100**	**36**	**36,0**

Tablo 12. Niğde ili elma alanlarından 2018-2019 yıllarında alınan toprak ve kök örneklerinde bulunan kök yara nematodlarının bulunma oranları (%).

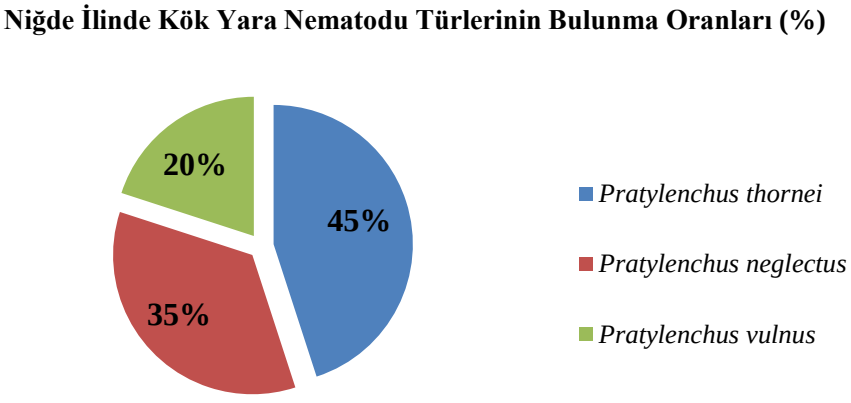
İl	İlçe	Toplu Meyve Alanı (da)	Toplam Ağaç Sayısı (Adet)	Alınan Örnek Sayısı	Pozitif Örnek Sayısı	Bulunma Oranı (%)
Niğde	Altunhisar	7660	627840	12	-	0
	Bor	50920	3137241	30	10	33,3
	Merkez	83480	3981110	35	3	8,5
	Ulukışla	33070	1369400	15	7	46,6
	Çamardı	55010	1727970	20	-	0
	Çiftlik	5010	276260	8	-	0
Toplam		**235150**	**11119821**	**120**	**20**	**16,6**

Ekstraksiyon çalışmaları sonucunda *Pratylenchus* spp.'lere ait ergin ve juvenil bireyler topraktan alınan örneklerde daha yoğun olarak bulunmuştur. Örnekleme yapılan elma bahçelerinin büyük bir çoğunluğunda *Pratylenchus* spp.'e ait ergin bireylere daha çok rastlanılmıştır.

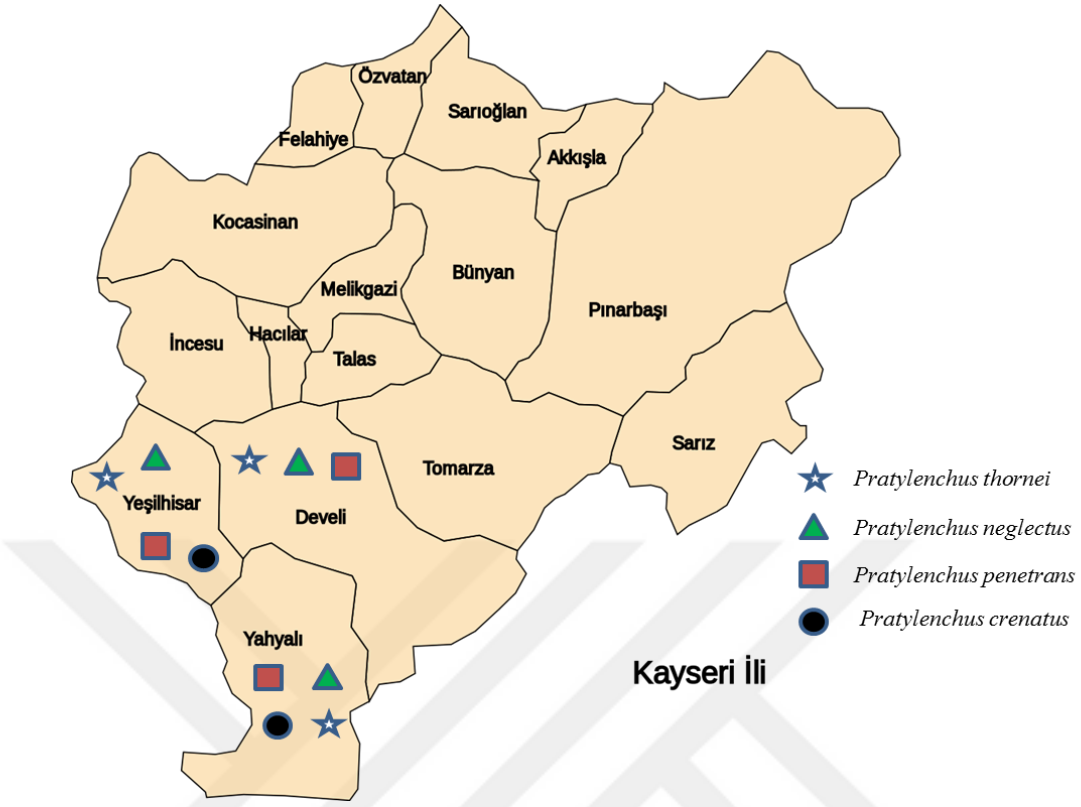
Kayseri ve Niğde illerinde örnekleme yapılan elma bahçeleri içerisinde en yüksek *Pratylenchus* spp. yoğunluğu KAY-3 izolatında Develi ilçesine ait bir elma bahçesinde görülmüştür. Kayseri ilinde örnekleme yapılan elma bahçeleri içerisinde *Pratylenchus* spp. yoğunluğuna en çok Develi ilçesinde rastlanılmıştır. Niğde ilinde örnekleme yapılan elma bahçelerinde *Pratylenchus* spp. yoğunluğu daha homojen bir dağılım göstermiştir (Tablo 13, 14). Kayseri ve Niğde illerinde örnekleme yapılan elma bahçeleri içerisinde en yaygın türün *Pratylenchus thornei* ve *P. neglectus* olduğu belirlenmiştir (Şekil 34, 35). Yapılan morfolojik, morfometrik ve moleküler çalışmalar sonucunda *Pratylenchus* cinsine ait toplamda 5 tür bulunmuştur. Bunlar: *Pratylenchus thornei, P. crenatus, P. negelectus, P. penetrans* ve *P. vulnus*'tur. Bu türlerin saptandığı alanlar Şekil 36 ve 37'da gösterilmistir.



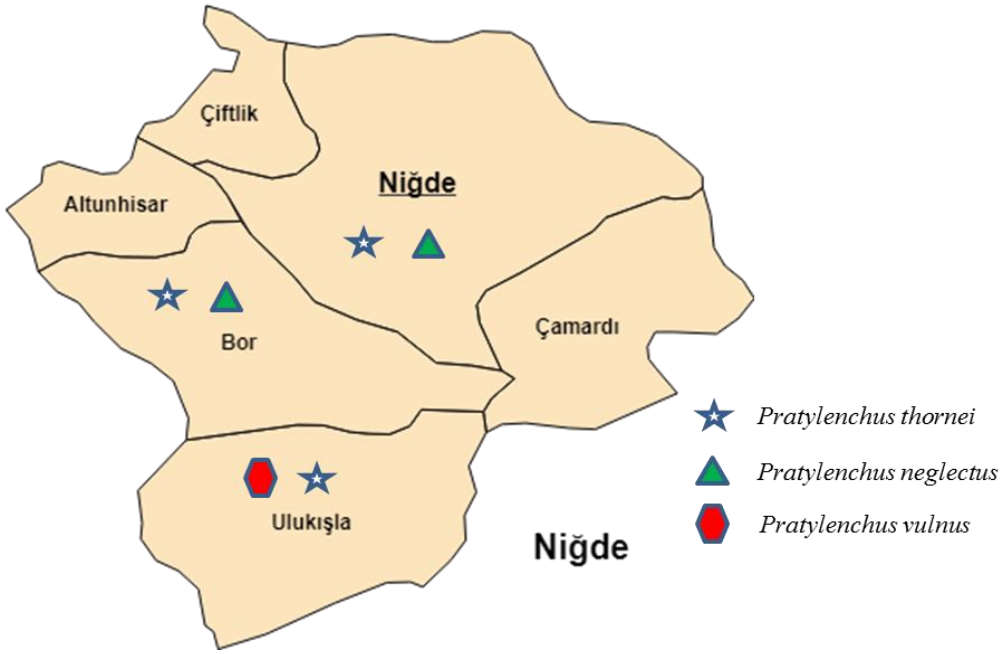
Şekil 34. Kayseri ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodlarınon bulunma oranları (%).



Şekil 35. Niğde ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodlarının bulunma oranları (%).



Şekil 36. Kayseri ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodları türlerinin ilçelere göre dağılımı.



Şekil 37. Niğde ilinde elma bahçelerinde yapılan örnekelemelerde kök yara nematodları türlerinin ilçelere göre dağılımı.

Çevresel ve iklimsel faktörlere bağlı olarak kök yara nematodlarının 25-150/100 cm^3 toprak yoğunluğunda meyve ağaçlarında zararlı olduğu bildirilmektedir (Nyczepir ve Halbrendt, 1993). Bu çalışmada Kayseri'de KYN'ları ile bulaşık olduğu tespit edilen elma bahçelerinin yarısında KYN popülasyonunun bu değerin üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 14). Niğde ilinde ise KYN'ları ile bulaşık olan sadece bir elma bahçesinde KYN'ları zarar eşiğinin üzerinde bulunmaktadır (Tablo 13).

Tablo 13. Niğde (NİĞ) ilinde sörvey çalışması kapsamında örnekleme yapılan elma bahçelerine ait toprak örneklerinde (Pozitif örnekler) bulunan *Pratylenchus* spp. yoğunlukları.

Kod	Ergin Nematod/100 gr toprak	Juvenil nematod /100 gr toprak	Ergin Nematod /100 gr kök	Juvenil Nematod /100 gr kök	Toplam Nematod (Ergin+ Juvenil)	Tespit Edilen Türler*
NİĞ-3	12	2	-	1	15	Pt
NİĞ-7	1	11	-	-	12	Pn
NİĞ-9	3	-	-	-	3	Pn
NİĞ-36	12	1	-	-	13	Pn
NİĞ-39	5	1	-	-	6	Pt
NİĞ-41	1	-	1	3	5	Pt
NİĞ-49	7	-	-	-	7	Pn
NİĞ-51	3	5	1	3	12	Pt
NİĞ-54	11	5	-	2	18	Pn
NİĞ-59	4	7	-	1	12	Pn
NİĞ-61	6	11	-	-	17	Pt
NİĞ-62	7	3	-	1	11	Pn
NİĞ-64	6	2	3	-	11	Pt
NİĞ-69	1	14	-	-	15	Pv
NİĞ-71	8	1	5	5	19	Pt
NİĞ-72	14	9	3	4	**30**	Pv
NİĞ-75	7	5	2	-	14	Pt
NİĞ-76	4	4	4	2	14	Pv
NİĞ-77	9	2	-	2	13	Pt
NİĞ-79	6	4	2	3	15	Pv
Toplam	**127**	**87**	**21**	**27**	**262**	**Pt, Pn, Pv**

*Pt: *Pratylenchus thornei*; Pn: *P. neglectus*; Pc: *P. crenatus;* Pv: *P. vulnus;* Pp: *P. penetrans*.

Tablo 14. Kayseri (KAY) ilinde sörvey çalışması kapsamında örnekleme yapılan elma bahçelerine ait toprak örneklerinde (Pozitif örnekler) bulunan *Pratylenchus* spp. yoğunlukları.

Kod	Ergin Nematod/100 gr toprak	Juvenil nematod /100 gr toprak	Ergin Nematod /100 gr kök	Juvenil Nematod /100 gr kök	Toplam Nematod (Ergin+ Juvenil)	Tespit Edilen Türler*
KAY-1	25	12	-	3	**40**	Pn
KAY-3	110	36	3	5	**154**	Pn
KAY-4	66	14	8	7	**95**	Pn
KAY-5	84	21	2	-	**107**	Pn
KAY-7	45	19	5	11	**80**	Pt
KAY-9	28	12	4	-	**44**	Pt
KAY-10	3	27	2	14	**46**	Pt
KAY-11	12	17	3	9	**41**	Pt
KAY-13	5	1	-	-	6	Pt
KAY-15	2	7	-	1	10	Pt
KAY-16	9	-	-	-	9	Pp
KAY-17	5	1	1	3	10	Pn
KAY-23	2	7	-	1	10	Pn
KAY-24	7	3	-	1	11	Pp
KAY-25	2	7	-	1	10	Pp
KAY-27	8	3	3	2	16	Pp
KAY-28	7	1	-	-	8	Pt
KAY-29	6	1	3	1	11	Pt
KAY-30	8	-	-	3	11	Pt
KAY-31	9	-	-	4	13	Pc
KAY-32	8	7	1	3	19	Pt
KAY-33	14	11	2	4	**31**	Pn
KAY-34	9	15	2	3	**29**	Pn
KAY-36	8	17	1	4	**30**	Pp
KAY-37	6	14	3	-	23	Pn
KAY-39	9	21	4	-	**34**	Pc
KAY-40	4	15	7	6	**32**	Pc
KAY-52	13	17	9	5	**44**	Pn
KAY-54	6	9	11	3	**29**	Pt
KAY-55	8	11	1	9	**29**	Pp
KAY-58	9	3	2	11	**25**	Pc
KAY-60	4	7	-	1	12	Pc
KAY-63	12	5	5	5	**27**	Pc
KAY-64	1	11	7	3	22	Pp
KAY-65	2	14	3	-	19	Pc
KAY-67	4	6	2	7	19	Pc
Toplam	560	372	94	130	**1156**	**Pt, Pn, Pp, Pc**

*Pt: *Pratylenchus thornei*; Pn: *P. neglectus*; Pc: *P. crenatus;* Pv: *P. vulnus;* Pp: *P. penetrans*.

3.2. Elde Edilen Kök Yara Nematodlarının Tanımı, Morfolojik Ölçümleri

Takım (Order): Rhabditida Chitwood, 1933

Alttakım (Suborder): Tylenchina Thorne, 1949

Familya (Family): Pratylenchidae Thorne, 1949

Altfamilya (Subfamily): Pratylenchinae Thorne, 1949

Cins (Genus): *Pratylenchus* spp.

Tür (Species): *Pratylenchus crenatus* Loof, 1960

Tanımı; Dişi: Genelde düz bir vücuda sahiptir ve dudak bölgesinde 3 adet annuli bulunur. Vücut boyunca annüller belirgin bir şekilde bulunur. Vulva indeksi genelde %78-84 arasındadır. Post vulval uterine sac kısadır ve vulva-anüs arasında %40-50'lik bir alanı kaplar. Spermateka küçük, farkedilmesi olduça zordur ve vulvanın anterior kısmında bulunur. Kuyruk büyük ölçüde yuvarlağımsıdır ve 20-24 arasında annuli içerir.

Erkek: Bulunamamıştır.

Lokasyon ve habitat: ilk olarak Polonya'da yumuşak çekirdekli meyve fidanı yetiştirilen alanlarda rapor edilmiştir. Dünya'da ılıman iklim kuşağında yer alan birçok ülkede bulunmaktadır. Avrupa kıtasında Belçika, Bosna-Hersek ve Almanya gibi farklı ülkelerde patates, mısır, gül, arpa, baklagiller ve tahıl alanlarında varlığı bildirilmiştir.

Ülkemizde Karadeniz Bölgesinde turunçgil ve lahana alanlarında (Yüksel, 1974), Ege Bölgesinde patates ekim alanlarında ve Doğu Anadolu Bölgesinde kavun karpuz yetiştiriciliği yapılan alanlarda zarar yaptığı bildirilmiştir (Ertürk vd., 1975; Osmanoğlu, 2005; Castillo ve Vovlas, 2007).

Kayseri ve Niğde illerinde elma bahçelerinde yapılan çalışmalar kapsamında sadece Kayseri iline ait Yahyalı ve Yeşilhisar ilçelerinde tespit edilmiştir (Şekil 32, 33). Bu çalışmada elde edilen morfolojik ve morfometrik gözlemler İmren (2007) ve Kumari (2015) tarafından yapılan tanımlamalar ile büyük oranda benzerlik göstermektedir (Şekil 38) (Tablo 15).

Tablo 15. Niğde ilinden elde edilen bazı *Pratylenchus crenatus* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları

Morfometrik Karakterler	***Praylenchus crenatus* Ort. ± Ss. (Min-max) (µm)**			
	KAY-31	**KAY-39**	**İmren (2012)**	**Kumari (2015)**
n (Örnek sayısı)	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀
Vücut uzunluğu (L)	525,6±37,8 (481-614)	478,1±19,4 (452-511)	490 ± 60 (440–550)	445 ± 21 (415 – 483)
Vücut uzunluğu/vücudun en geniş yeri (a)	29,9±2,7 (24,8-36,1)	30,9±2,3 (27,2-35,9)	30,6 ± 2,1 (26,5–33,8)	26.8 ± 2.30 (23.0 – 30.1)
Vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b)	5,9±0,3 (5,5-6,8)	5,6±0,2 (5,3-6,1)	5,0 ±0,2 (4,6–5,7)	4.6 ± 0.31 (4.2 – 5.1)
Vücut uzunluğu/Oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık (b')	2,9±0,3 (2,5-3,8)	2,6±0,2 (2,3-3,1)	-	-
Toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c)	22,1±2,0 (19,5-27,1)	23,9±5,1 (20,3-45,3)	18,6 ± 1,2 (15,1–23,3)	19.7 ± 1.98 (17.2 – 23.1)
Kuyruk uzunluğu /Anüsteki vücut genişliği (c')	2,0±0,1 (1,8-2,4)	1,8±0,2 (0,8-2,2)	2,6 ±0,02 (2,0–3,1)	2.26 ± 0.14 (2.00 – 2.50)
Vulva İndeksi (%V)	80,7±0,8 (79-82)	80,3±0,7 (79-82)	80,5 ± 2,0 (76–86)	83 ± 1.12 (81 – 84)
Stylet Uzunluğu (S)	13,8±0,4 (13-14)	13,2±0,5 (12-14)	17 ± 0,5 (14,1–18,4)	14 ± 0.73 (13 – 15)
Pharynx Uzunluğu (P)	87,8±1,7 (85-92)	83,9±1,4 (81-86)	-	97 ± 4.00 (91 – 105)
Maximum Vücut Genişliği (MBW)	17,6±1,2 (15-21)	15,5±0,7 (14-17)	-	16 ± 1.82 (13 – 20)
Kuyruk Uzunluğu (TL)	23,8±0,8 (22-25)	20,4±2,6 (10-24)	26,3 ± 0,4	23 ± 2.82 (18 – 28)
Anal vücut genişliği (ABW)	11,6±0,6 (10-13)	11,1±0,5 (10-12)	-	10 ± 1.04 (9 – 12)
Pharyngeal örtüşme (Overlap)	41,8±1,0 (40-44)	41,9±1,1 (40-44)	-	-

Takım (Order): Rhabditida Chitwood, 1933

Alttakım (Suborder): Tylenchina Thorne, 1949

Familya (Family): Pratylenchidae Thorne, 1949

Altfamilya (Subfamily): Pratylenchinae Thorne, 1949

Cins (Genus): *Pratylenchus* spp.

Tür (Species): *Pratylenchus neglectus* (Rensch, 1924) Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941

Tanımı; Dişi: Vücudun ventralinde hafifçe kıvrılan bir vücuda sahiptir ve dudak bölgesinde iki adet annuli bulunur. Oldukça belirgin bir yapıda styletlere sahiptirler ve stylet knobları yuvarlığımsıdır. Kuyruk bölgesi değişik şekillerde olmakla birlikte 15-20 adet annuli içerir. Phasmidler kuyruk bölgesinde yarısında posteriorde bulunur. Kutuk ucunda annuli bulunmaz ve yuvarlığımsıdır.

Erkek: Bulunamamıştır.

Lokasyon ve habitat: *Pratylenchus neglectus* ılıman iklimlerde oldukça yaygın olarak bulunmaktadır ve Avrupa, Amerika, Japonya ve Kuzey Afrika gibi farklı kıtalara yayılmıştır. Mısır, baklagiller, tahıllar ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçları konukçuları arasında yer almaktadır.

İlk olarak Güney Afrika'da 1953 yılında tespit edilen bu tür ülkemizde Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde patates, mısır ve meyve fidancılığı gibi farklı tarımsal yetiştiricilik yapılan alanlarda tespit edilmiştir (Sher ve Allen, 1953; Yüksel, 1974; Saltukoğlu, 1976; Kepenekçi, 1999; İmren, 2012).

Bu çalışma kapsamında *P. neglectus,* Kayseri ilinin Develi, Yahyalı ve Yeşilhisar ilçelerinde tespit edilmiştir. Niğde ilinde Merkez ve Bor ilçelerinde bu türün varlığı saptanmıştır. Bu alanlarda tespit edilen *P. neglectus* popülasyonları morfolojik ve morfometrik karakterler bakımından Divsalar vd. (2019) ve Fayazi vd. (2012)'nin tanımlarına uymaktadır (Şekil 39) (Tablo 16).

Tablo 16. Kayseri ve Niğdeden elde edilen *Pratylenchus neglectus* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları

Morfometrik Karakterler	*Praylenchus neglectus* Ort. ± Ss. (Min-max) (µm)					
	KAY-22	KAY-23	NİĞ-7	NİĞ-49	Divsalar vd. (2019) Kerman	Fayazi vd. (2012) Masjed Solleiman
n (Örnek sayısı)	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀
Vücut uzunluğu (L)	502,0±24,5 (502-571)	551,5±16,2 (523-577)	547,4±22,3 (505-574)	555,5±17,2 (529-581)	535.7 ± 28.9 (494–560)	576.2 ± 6.4 (595-690)
Vücut uzunluğu/vücudun en geniş yeri (a)	18,1±1,1 (16,1-20,3)	19,0±1,0 (17,4-21,3)	20,8±2,1 (17,5-24,8)	21,4±2,0 (18,2-24,9)	25.7 ± 2.6 (22.6–28.1)	25.7 ± 6.4 (27.6-35.6)
Vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b)	6,3±0,3 (5,5-7,0)	6,6±0,2 (6,1-7,0)	6,7±0,4 (6,0-7,5)	6,8±0,3 (6,3-7,5)	6.0 ± 0.6 (5.5–6.8)	6.4 ± 0.7 (6.2-6.9)
Vücut uzunluğu/Oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık (b')	3,3±0,3 (2,5-4,1)	3,6±0,2 (3,1-4,0)	3,7±0,4 (3,0-4,5)	3,8±0,3 (3,3-4,6)	4.4 ± 0.3 (4.1–4.9)	4.6 ± 0.7 (4-5.5)
Toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c)	23,3±1,8 (20,0-26,2,1)	23,9±1,3 (22,3-26,2)	24,2±1,4 (21,4-26,2)	24,9±1,2 (22,3-27,1)	20.9 ± 2.0 (19.1–23.4)	20 ± 2 (12.8-22.3)
Kuyruk uzunluğu /Anüsteki vücut genişliği (c')	1,9±0,1 (1,6-2,1)	1,8±0,1 (1,6-2,0)	1,8±0,1 (1,4-2,0)	1,7±0,1 (1,4-1,9)	2.0 ± 0.3 (1.8–2.4)	1.9 ± 0.5 (1.7-2.5)
Vulva İndeksi (%) (V)	82,1±1,5 (80-85)	81,6±1,4 (80-85)	81,5±1,4 (79-84)	82,0±1,2 (80-84)	83.6 ± 3.0 (81–88)	77 ± 1.2 (76-78)
Stylet Uzunluğu (S)	16,3±0,9 (15-18)	15,6±0,7 (14-17)	15,2±1,2 (13-18)	15,0±0,8 (13-17)	17.5 ± 1.1(16–19)	16 ± 1.1 (15-16)
Pharynx Uzunluğu (P)	86,1±3,7 (79-93)	83,3±2,0 (80-87)	86,1±3,7 (79-93)	80,6±2,1 (76-84)	89.0 ± 8.1 (79–100)	100 ± 2.1 (99-103)
Maximum Vücut Genişliği (MBW)	40,1±1,3 (38-43)	29,0±1,1 (27-31)	26,5±2,7 (23-32)	26,0±2,2 (23-29)	42.1 ± 2.4 (40–45)	19.4 ± 1 (19-26)
Kuyruk Uzunluğu (TL)	23,3±1,6 (21-26)	23,0±0,9 (21-24)	22,6±1,0 (21-24)	22,3±0,9 (21-24)	21.0 ± 2.1(19–24)	35 ± 10.5 (35-40)
Anal vücut genişliği (ABW)	12,1±0,6 (11-13)	12,3±0,4 (12-13)	12,6±1,0 (11-15)	12,8±0,8 (12-15)	25.7 ± 2.0 (24–29)	12.7 ± 2.2 (11-13)
Pharyngeal örtüşme (Overlap)	23,3±1,1 (21-25)	22,5±1,5 (20-25)	22,6±1,3 (21-25)	22,0±1,2 (20-24)	13.0 ± 1.3 (12–14)	10.5 ± 1.1 (9–12)

Takım (Order): Rhabditida Chitwood, 1933

Alttakım (Suborder): Tylenchina Thorne, 1949

Familya (Family): Pratylenchidae Thorne, 1949

Altfamilya (Subfamily): Pratylenchinae Thorne, 1949

Cins (Genus): *Pratylenchus* spp.

Tür (Species): *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941

Tanımı; Dişi: Vücut ventralin iç tarafından hafif eğik bir şekil almıştır ve dudak bölgesi genelde daha düz bir yapıdadır ve bu bölgede üç adet annuli bulunur. Baş bölgesi oldukça belirgindir ve stylet knobları yuvarlağımsı bir şekil almıştır. Özafagal örtüşme ventral bölümde kesik bir şekilde bulunur ve genelde vücut genişliğinin bir buçuk katı kadardır. Kutikular annüller ince yapılıdır. Vücudun lateral alanlarında 4 adet yanal çizgi bulunur. Post vulval uterine sac genelde kısadır ve vücut genişliği ile aynı uzunlukta ya da bir buçuk katı kadardır. Kuyruk bölümü genelde yuvarlaktır ve düz bir uca sahiptir. Kuyruk bölgesinde ventral bölgede 15-27 arasında annuli içerir (Şekil 40).

Erkek: Nadiren bulunur ve genelde dişilerden daha küçük bir vücuda sahiptir. Bursada sona eren lateral alanlarda dört adet yanal çizgi bulunur. Kuyruk bölgesi vücut genişliğinin iki katı kadardır ve bursa tarafından tamamen örtülüdür. Spicule genelde 14-17 µm uzunlıuğundadır. Gubernakulum 3,9-4,2 µm uzunluğundadır.

Lokasyon ve habitat: *Pratylenchus penetrans* ilk olarak Cobb (1917) tarafından Amerika'da pamuk ve patates yetiştiriciliği yapılan alanlarda tespit edilmiş ve daha sonra Avrupa ve Afrika kıtalarında sıcak ve ılıman iklim kuşağında bulunan birçok ülke tarafından rapor edilmiştir. Ülkemizde Karadeniz, Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde yetiştiriciliği yapılan birçok kültür bitkisinde varlığı saptanmıştır. *Pratylenchus penetrans* oldukça geniş bir konukçu dizisine sahiptir ve şimdiye kadar yaklaşık 350 kültür bitkisinde rapor edilmiştir. Konukçuları arasında sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçları, şeker pancarı, domates ve buğday gibi önemli kültür bitkileri bulunmaktadır (Yüksel, 1974; Öztürk, 1990; Akgül, 1991; Elekçioğlu, 1992; Castillo ve Vovlas, 2007). Bu çalışma kapsamında Kayseri iline ait Develi, Yahyalı ve Yeşilhisar ilçelerinde tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen morfolojik ve morfometrik gözlemler İmren (2007) ve Bogale vd. (2021) tarafından yapılan tanımlamalar ile büyük oranda uyumluluk göstermektedir (Tablo 17).

Tablo 17. Kayseri ilinden elde edilen *Pratylenchus penetrans* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları

Morfometrik Karakterler	*Praylenchus penetrans* Ort. ± Sd. (Min-max) (µm)			
	KAY-24	KAY-27	Bogale vd. (2021) (BN)	İmren (2007)
n (Örnek sayısı)	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀
Vücut uzunluğu (L)	536,1±17,9 (510-570)	519,6±9,8 (504-543)	506 ± 10.30 (465–578)	560 ± 50 (490-600)
Vücut uzunluğu/vücudun en geniş yeri (a)	26,7±1,0 (24,9-28,3)	27,3±0,9 (24,9-29,3)	27.50 ± 0.25 (24.40–31.20)	26,8± 0,9 (20,7-32,0)
Vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b)	6,1±0,2 (5,7-6,6)	6,2±0,1 (5,8-6,7)	-	4,9 ± 0,2 (4,62-5,3)
Vücut uzunluğu/Oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık (b')	3,1±0,2 (2,7-3,6)	3,2±0,1 (2,8-3,7)	4.52 ± 0.08 (6.32–10.30	-
Toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c)	21,4±1,0 (19,3-23,4)	21,4±0,6 (20,4-23,1)	17.20 ± 0.33 (14.10–20.30)	21,4 ± 0,6 (14,8-27,2)
Kuyruk uzunluğu /Anüsteki vücut genişliği (c')	2,2±0,2 (1,9-2,7)	2,0±0,1 (1,7-2,2)	-	2,1 ± 0,05 (1,5-2,4)
Vulva İndeksi (%) (V)	80,0±0,6 (79-81)	79,5±0,7 (78-80)	79.70 ± 0.81 (73.30–82.90)	78,5 ± 0,5 (76-80)
Stylet Uzunluğu (S)	14,8±0,3 (14-15)	14,6±0,5 (14-15)	15.30 ± 0.12 (15.00–15.80)	17,2 ± 0,2 (14-18,4)
Pharynx Uzunluğu (P)	86,7±1,3 (85-89)	83,3±1,4 (80-86)	76.40 ± 1.31 (70.50–83.30)	-
Maximum Vücut Genişliği (MBW)	20,1±1,1 (18-22)	19,0±0,6 (18-21)	18.40 ± 0.39 (16.10–20.20)	-
Kuyruk Uzunluğu (TL)	25,0±1,2 (23-27)	24,3±0,8 (23-25)	29.30 ± 0.83 (26.40–33.4)	27 ± 0,4 (22-33)
Anal vücut genişliği (ABW)	11,1±0,7 (10-12)	11,7±0,7 (11-13)	-	-
Pharyngeal örtüşme (Overlap)	39,6±0,9 (38-41)	38,4±0,7 (37-40)	45.40 ± 1.69 (32.60–58.70)	-

Takım (Order): Rhabditida Chitwood, 1933

Alttakım (Suborder): Tylenchina Thorne, 1949

Familya (Family): Pratylenchidae Thorne, 1949

Altfamilya (Subfamily): Pratylenchinae Thorne, 1949

Cins (Genus): *Pratylenchus* spp.

Tür (Species): *Pratylenchus thornei* Sher & Allen 1953 (*P.thornei* Sher, 1948)

Tanımı; Dişi: Spiral şeklinde vücut tipine ve yaklaşık 1 µm aralıklı enine çizgili kütiküle sahiptir. Lateral alanlarda dört adet yanal çizgi bulunur. Dudak bölgesinde üç adet annuli vardır ve düz şekillidir. Styletler belirgin yapıdadır ve basal knoblar yuvarlağımsıdır. Sinir halkası özafagusu boşaltım kanalına yakın bir bölümden tamamen sarmış bir şekildedir. Hemizonid 2 annuli uzunluğundadır ve boşaltım kanalının hemen üstünde yer alır. Spermateka belirsizdir. Kısa bir uterusa sahiptir. Phasmid kuyruğun orta bölmesinde yer alır be phasmid sonrası dört adet yanal çizgi bulunur. Kuyruk bölümü yuvarlaktır ve düz bir şekilde biter. Kuyruk ucunda çizgi bulunmaz.

Erkek: Bulunamamıştır.

Lokasyon ve Habitat: İlk olarak 1953'te Amerika'nın California eyaletinde tespit edilen bu tür daha sonra Dünya'da sıcak ve ılıman iklime sahip farklı coğrafi bölgelerde geniş bir konucu dizisi üzerinde tespit edilmiştir. Avustralya, Hindistan, İtalya ve Meksika'da özellikle buğday ve tahıl alanlarında en çok karşılaşılan BPN türleri arasında yer almaktadır (Sher ve Allen, 1953; Fortuner, 1977). Dünya'da antartika dışındaki tüm kıtalarda varlığı bilinmektedir (Siddiqui vd., 1973; Castillo ve Vovlas, 2007). Ülkemizde Karadeniz, Akdeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde biber, domates, karpuz, tahıl ve hububat alanlarında bulunduğu bildirilmiştir (Yüksel, 1974; Tunçdemir, 1983; Elekçioğlu, 1994; Kepenekçi ve Ökten, 1999; Osmanoğlu, 2005). Bu çalışmada Kayseri ilinde Develi, Yahyalı ve Yeşilhisar ilçelerinde; Niğde ilinde ise Merkez, Bor ve Ulukışla ilçelerinde saptanmıştır. Bu çalısmada tespit edilen *P. thornei* popülasyonları morfolojik ve morfometrik karakterler bakımından Akyazı vd. (2017) ve Fayazi vd. (2012) tanımlarına uymaktadır (Şekil 41, 42) (Tablo 18)

Tablo 18. Kayseri ve Niğdeden elde edilen *Pratylenchus thornei* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları

Morfometrik Karakterler	*Praylenchus thornei* Ort. ± Sd. (Min-max) (µm)					
	KAY-3	KAY-17	NİĞ-39	NİĞ-41	Akyazı vd. (2017)	Fayazi vd. (2012) (Bagh Mallek)
n (Örnek sayısı)	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀
Vücut uzunluğu (L)	568,7±13,7 (545-591)	573,8±10,2 (575-602)	591,9±11,8 (574-614)	598,6±15,0 (580-645)	560,8±54,3 (486-656)	616 ± 6.4 (425-62)
Vücut uzunluğu/vücudun en geniş yeri (a)	25,2±1,8 (22,5-30,4)	26,4±2,1 (23,2-31,0)	26,5±1,2 (24,2-28,6)	27,5±1,2 (24,3-29,3)	28,2±3,1 (21,6-32,4)	35 ± 5.6 (30-39.8)
Vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b)	7,1±0,3 (6,6-7,7)	7,0±0,1 (6,7-7,3)	7,1±0,1 (6,8-7,5)	7,2±0,1 (6,9-7,5)	5,9±1,0 (4,8-7,8)	6.1 ± 0.6 (4.1-7.3)
Vücut uzunluğu/Oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık (b')	4,0±0,3 (3,6-4,7)	4,0±0,1 (3,7-4,3)	4,1±0,1 (3,8-4,5)	4,2±0,1 (3,9-4,5)	-	4.8 ± 1.1 (3.4-5.5)
Toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c)	26,1±1,6 (22,8-29,5)	25,3±1,0 (23,4-27,0)	24,5±0,9 (23,3-26,7)	25,4±0,8 (23,3-26,8)	22,3±4,0 (17,2-32,3)	20 ± 1.5 (19.9-23.8)
Kuyruk uzunluğu /Anüsteki vücut genişliği (c')	1,7±0,1 (1,5-1,9)	2,0±0,2 (1,7-2,5)	2,0±0,1 (1,8-2,4)	1,8±0,1 (1,6-2,0)	2,1±0,1 (1,6-2,5)	2 ± 0.4 (1.6-2.1)
Vulva İndeksi (%) (V)	79,3±1,3 (75-81)	78,5±1,1 (76-80)	80,1±1,4 (78-83)	80,7±1,2 (79-83)	75,2±1,7 (73,1-78,5)	77.3 ± 1.05 (79-79.9)
Stylet Uzunluğu (S)	15,1±0,7 (14-16)	14,6±0,8 (13-16)	14,8±0,7 (14-16)	15,0±0,6 (14-16)	16,1±0,8 (15,0-17,6)	16.3 ± 0.7 (16-18)
Pharynx Uzunluğu (P)	80,8±2,4 (79-93)	81,1±1,3 (79-84)	82,4±1,3 (80-85)	82,8±1,1 (81-85)	71,1±8,7 (57,9-85,9)	95 ± 6.4 (83-96)
Maximum Vücut Genişliği (MBW)	22,6±1,5 (19-25)	21,8±1,4 (19-24)	22,3±0,9 (21-24)	22,6±0,8 (21-24)	20,0±1,6 (17,6-24,7)	18.0±1.5 (17-21)
Kuyruk Uzunluğu (TL)	21,8±1,3 (19-24)	22,7±1,0 (21-25)	24,1±0,7 (23-25)	23,5±0,6 (23-25)	25,7±3,7 (18,1-31,0)	30 ± 0 (30)
Anal vücut genişliği (ABW)	12,4±0,7 (11-14)	11,1±0,9 (9-13)	11,6±0,7 (10-13)	12,5±0,6 (12-14)	12,3±1,3 (9,0-14,4)	13.0±0.5 (11-13)
Pharyngeal örtüşme (Overlap)	38,9±1,1 (37-41)	37,7±1,2 (35-40)	38,8±0,7 (37-40)	39,2±0,7 (38-40)	-	47 ± 8. (35-49)

Takım (Order): Rhabditida Chitwood, 1933

Alttakım (Suborder): Tylenchina Thorne, 1949

Familya (Family): Pratylenchidae Thorne, 1949

Altfamilya (Subfamily): Pratylenchinae Thorne, 1949

Cins (Genus): *Pratylenchus* spp.

Tür (Species): *Pratylenchus vulnus* Allen & Jensen, 1951

Tanımı; Dişi: Vücut hafif ventralden eğik ve baş bölümünde 3 veya 4 adet annuli bulunur. Baş bölümü oldukça belirgindir. Ağız açıklığı etrafında altı adet papillae ve iki adet amphid bulunur. Pharyngeal örtüşme ventralden uzun bir şekilde bağırsaklara doğru uzanır. İşlevsel bir spermateka bulunur ve postvulval kese vücut genişliğinin yaklaşık iki katı kadardır. Lateral alanlarda dört adet yanal çizgi bulunur. Kuyruk bölgesi kuyruk ucuna doğru sivrilir ve düz bir şekilde biter. Kuyruk bölgesinde bir ya da 2 adet annuli bulunur (Şekil 43).

Erkek: Bulunamamıştır.

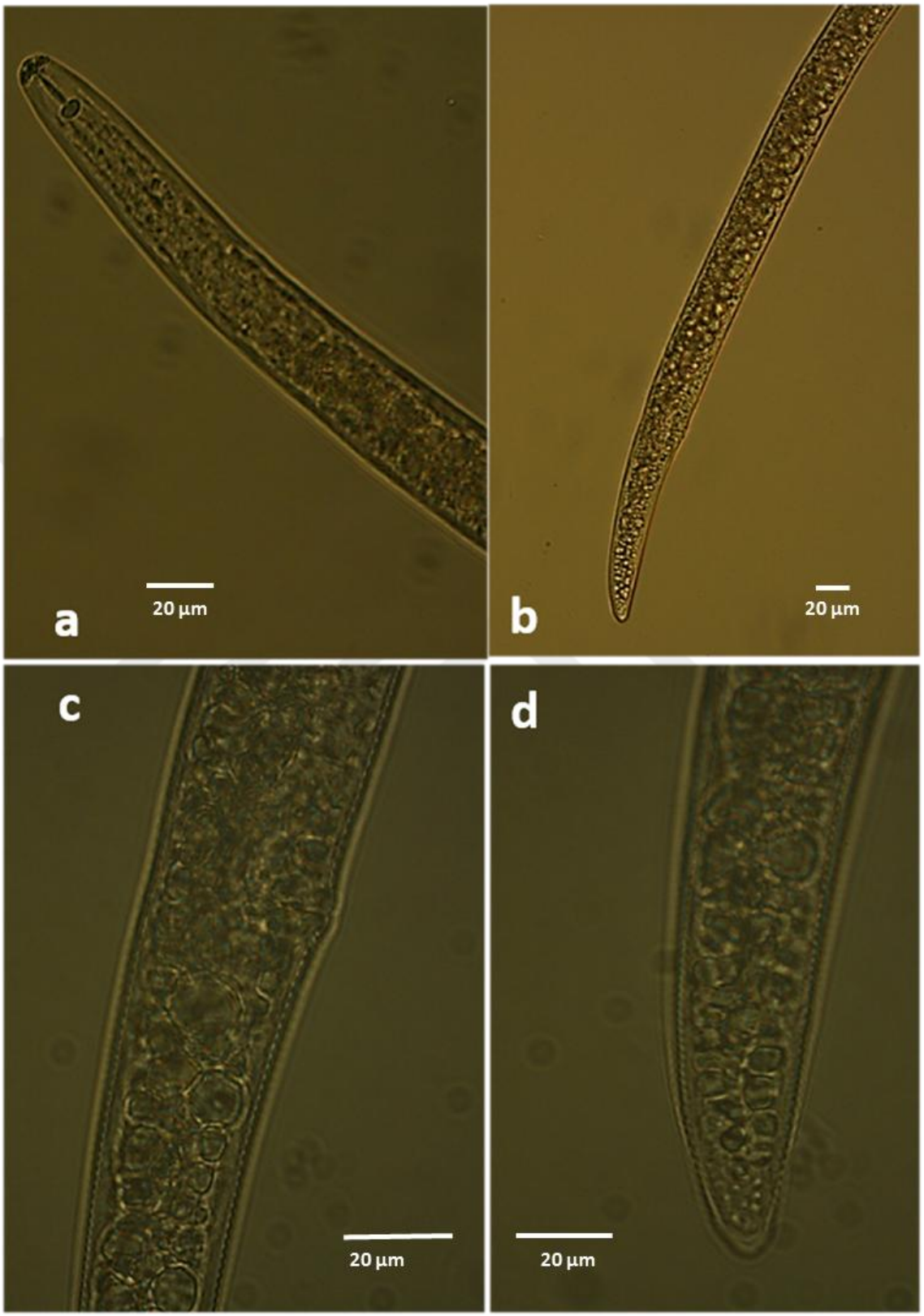
Lokasyon ve habitat: Şimdiye kadar Dünya'da sıcak ve ılıman iklime sahip birçok ülkesinde rapor edilmiştir. Avustralya, Belçika, Kuzey Afrika, İsveç, Birleşik Arap Emirlikleri ve Amerika'da yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçları, fındık, süs ve sebze bitkileri dâhil yaklaşık 80 kültür bitksinde tespit edilmiştir. Ülkemizde Karadeniz, Akdeniz ve İç Anadolu Bölgelerinde biber, süs bitkileri, zeytin, soğan, susam ve buğday olmak üzere çeşitli kültür bitkilerinde varlığı tespit edilmiştir (Saltukoglu, 1974; Kepenekci, 2001a; Yavuzaslanoglu vd., 2019, 2020). Bu çalışmada sadece Niğde ilinin Ulukışla ilçelesinde bulunduğu saptanmıştır. Bu çalısmada tespit edilen *P. vulnus* bireyleri morfolojik ve morfometrik karakterler bakımından Bakooie vd. (2012) (Moghan) ve Roman ve Hirschmann (1969) tanımlarıyla benzerlik göstermektedir (Tablo 19).

Tablo 19. Niğdeden elde edilen *Pratylenchus vulnus* izolatlarının morfometrik ölçümleri ve bazı çalışmalarla kıyaslamaları

Morfometrik Karakterler	*Praylenchus vulnus* Ort. ± Sd. (Min-max) (µm)			
	NİĞ-72	NİĞ-76	Bakooie vd. (2012) (Moghan)	Roman ve Hirschmann (1969)
n (Örnek sayısı)	20 ♀	20 ♀	20 ♀	20 ♀
Vücut uzunluğu (L)	629,19±12,1 (609-651)	609,6±11,3 (587-627)	604 (461-702)	628 (537-708)
Vücut uzunluğu/vücudun en geniş yeri (a)	31,5±1,0 (29,9-33,5)	32,7±1,0 (28,4-36,5)	31,4 (25,6-38,5)	31,2 (25,2-38,8)
Vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b)	7,6±0,1 (7,4-8,0)	7,7±0,3 (7,2-8,3)	7 (5,2-8,3)	6,7 (5,7-7,7)
Vücut uzunluğu/Oesaphagal bezlerin posteriör ucu ile vücudun en önucu arasındaki uzaklık (b')	4,6±0,1 (4,4-5,0)	4,7±0,3 (4,2-5,3)	4,5 (3,7-5,4)	-
Toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c)	25,5±1,6 (23,2-29,1)	27,4±2,2 (24,0-31,3)	23,2 (16,8-26,6)	19,8 (17,4-24,3)
Kuyruk uzunluğu /Anüsteki vücut genişliği (c')	1,7±0,1 (1,4-2,0)	1,6±0,1 (1,5-2,1)	2,5 (1,7-4,1)	-
Vulva İndeksi (%V)	80,7±0,8 (79-82)	79,8±0,6 (79-82)	81,1 (74,8-84,2)	79,5 (77,0-82,0)
Stylet Uzunluğu (S)	13,9±0,6 (13-15)	13,7±0,6 (12-15)	14,1 (12-17)	14,8 (14,4-15,6)
Pharynx Uzunluğu (P)	81,8±1,0 (80-84)	79,2±2,5 (74-83)	86,9 (75-100)	93,3 (88,0-101,2)
Maximum Vücut Genişliği (MBW)	20,0±0,5 (19-21)	18,7±1,5 (17-21)	-	20,2 (16,8-27,0)
Kuyruk Uzunluğu (TL)	24,7±1,5 (22-27)	22,3±1,6 (20-25)	25,9 (20-37)	31,9 (27,0-36,0)
Anal vücut genişliği (ABW)	14,4±0,5 (13-15)	13,8±0,8 (12-15)	-	-
Pharyngeal örtüşme (Overlap)	41,8±1,0 (40-44)	41,7±1,5 (40-44)	46,7 (27-69)	-



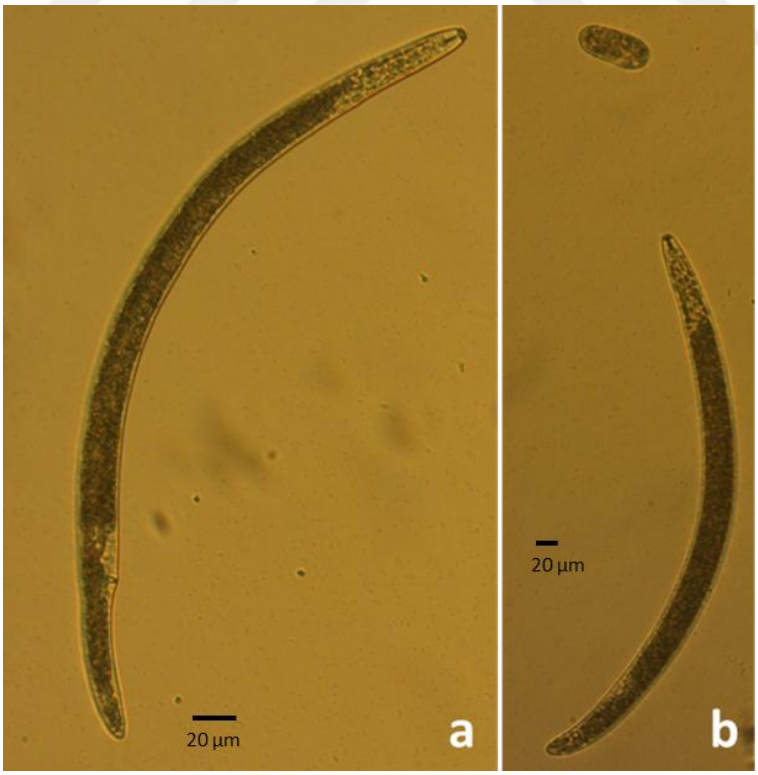
Şekil 38. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus crenatus*-KAY39 (Dişi) ait bir görüntü (20X).



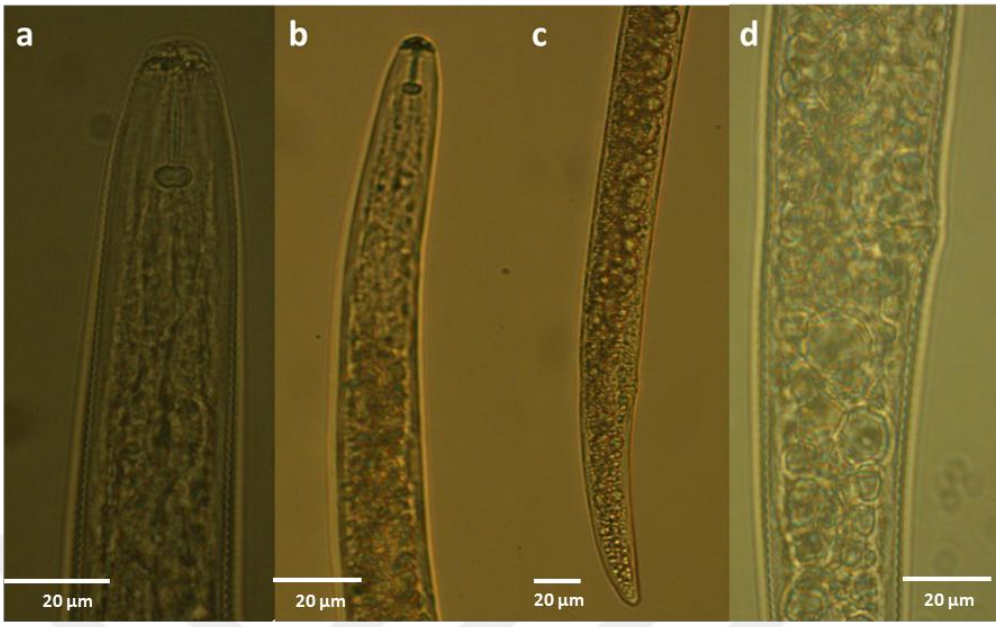
Şekil 39. *Pratylenchus neglectus*'a (♀) (KAY-3) ait baş (a), gövde (b), genital organ (Vulva) (c) ve kuyruk bölgelerine (d) ait mikroskop görüntüleri.



Şekil 40. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus penetrans* KAY-24 (Dişi) ait bir görüntü (20X).



Şekil 41. *Pratylenchus thornei*'ye (♀) (KAY-7) ait ergin (Dişi) (a), 3. dönem juvenil (b-alt) ve yumurta (b-üst) olmak üzere farklı gelişim dönemlerinin mikroskop görüntüleri.



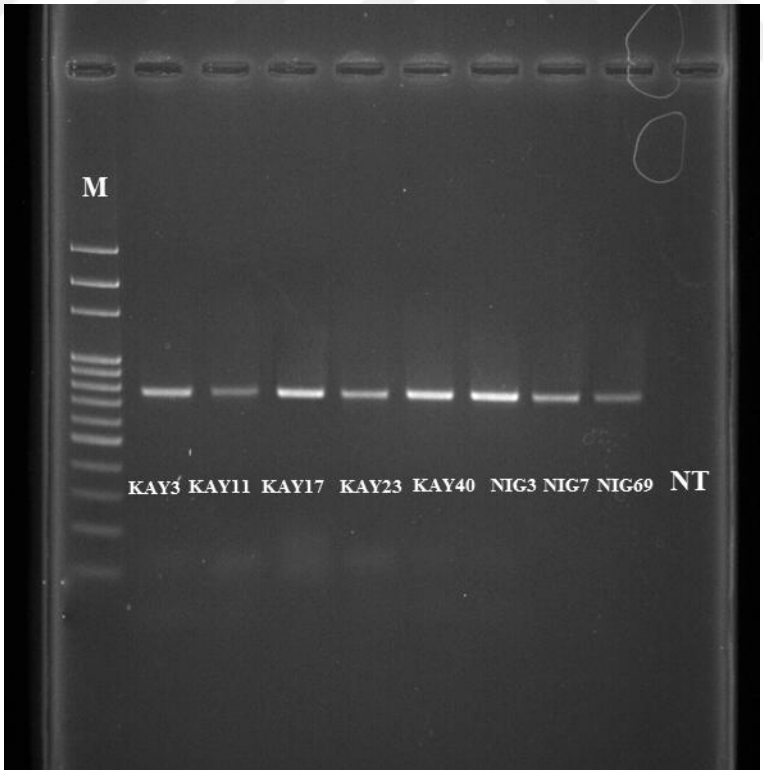
Şekil 42. *Pratylenchus thornei*'ye (♀) (NİĞ-39) ait baş (a, b), kuyruk (c) ve genital organ (Vulva) (d) b ölgelerine ait mikroskop görüntüleri.



Şekil 43. Ekstrakte edilen toprak örneklerinden *Pratylenchus vulnus* (NİĞ-76)'a (Dişi) ait bir görüntü (40X).

3.3. Kök Yara Nematodlarının Moleküler Teşhisi

DNA izolasyonu yapılan izolatların D2A ve D3B perimerleri kullanılarak 28S-LSU bölgesinin D2 ve D3 bölgeleri genişletilmiştir ve PCR amplifikasyonları sonucunda 100 bp DNA ladder ile (Solis, byodyne, Tartu, Estonya) yaklaşık 780 civarında baz çifti (bp) aralığında bant vermiştir (Şekil 40). İzolatlara ait DNA izolasyonları sekans analizine gönderilmiş (Ankara/REFGEN) ve sekans dizilimlerinin BLAST (Basic Local Alignment Search Tool/NCBI) analizleri sonucunda her bir izolatın türü belirlenmiştir. BLAST analizi sonucunda elde edilen izolatların tamamı Gen Bankasında *Pratylenchus* cinsine ait türlerle eşleşmiştir. *Pratylenchus* spp.'ye ait toplamda 56 popülasyon incelenmiş ve bu popülasyonların 20 tanesinin *P. thornei*, 17 tanesinin *P. neglectus*, 8 tanesinin *P. crenatus*, 7 tanesinin *P. penetrans* ve 4 tanesinin *P. vulnus* olduğu belirlenmiştir. Elde edilen tür teşhisi sonuçları ve izolatların Gen Bankası erişim numaraları Tablo 20'de verilmiştir. BLAST analizi sonucunda elde edilen izolatlar referans türlere ait izolatlarla %99,45-%100,00 arasında benzerlik meydana gelmiştir ve yapılan morfolojik ve morfometrik teşhisler sonucunda bu türler doğrulanmıştır.



Şekil 44. Bazı *Pratylenchus* spp. izolatlara ait jel görüntüleri. NT: Negatif Kontrol; M: Marker.

Tablo 20. Kök yara nematodlarına ait izolatların moleküler yöntemlerle belirlenen türleri

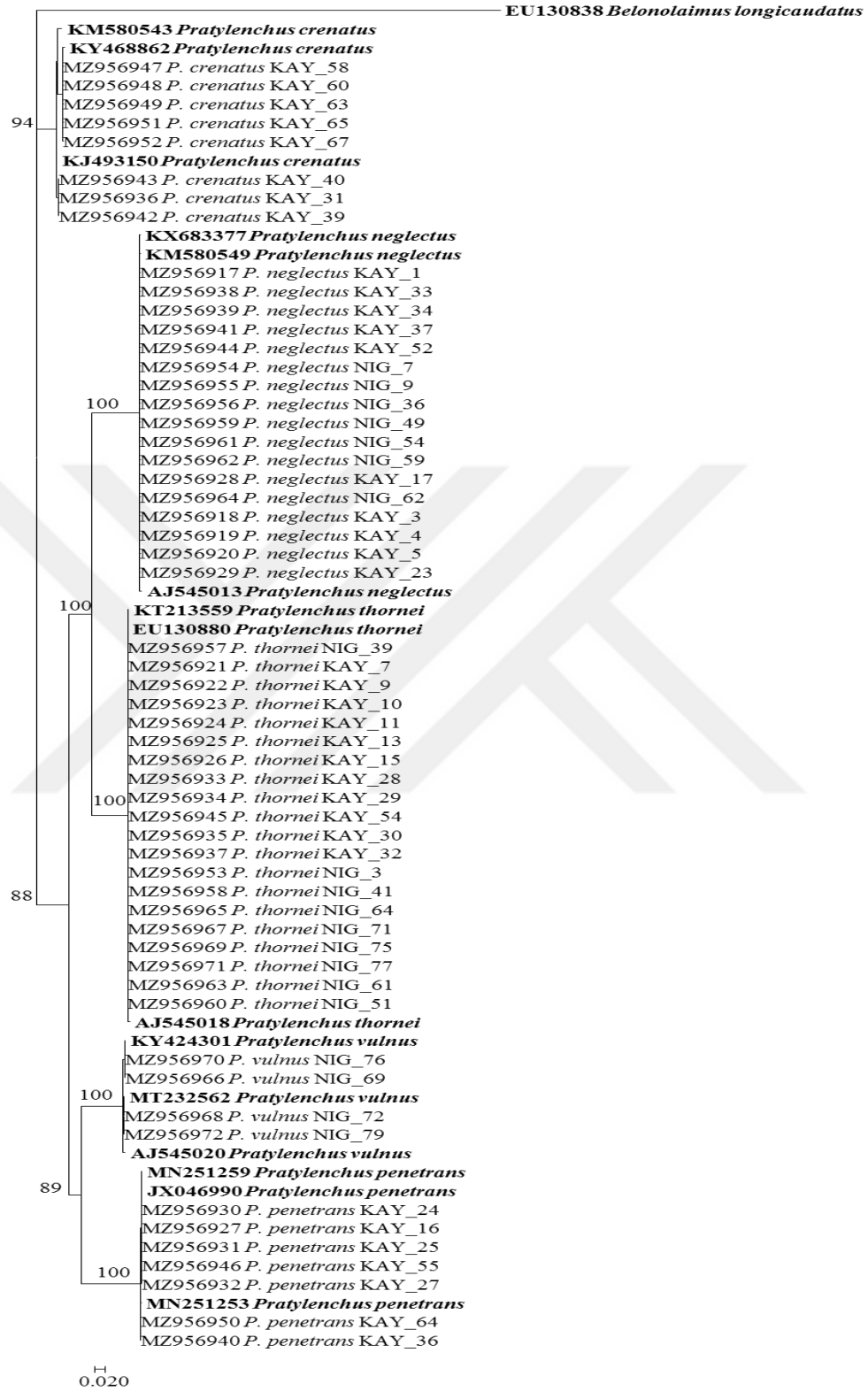
İzolat adı	Türler (28S-LSU/D2-D3)	GenBank Erişim Numarası	İzolat adı	Türler (28S-LSU/D2-D3)	GenBank Erişim Numarası
KAY_1	*Pratylenchus neglectus*	MZ956917	KAY_54	*P. thornei*	MZ956945
KAY_3	*P. neglectus*	MZ956918	KAY_55	*P. penetrans*	MZ956946
KAY_4	*P. neglectus*	MZ956919	KAY_58	*P. crenatus*	MZ956947
KAY_5	*P. neglectus*	MZ956920	KAY_60	*P. crenatus*	MZ956948
KAY_7	*P. thornei*	MZ956921	KAY_63	*P. crenatus*	MZ956949
KAY_9	*P. thornei*	MZ956922	KAY_64	*P. penetrans*	MZ956950
KAY_10	*P. thornei*	MZ956923	KAY_65	*P. crenatus*	MZ956951
KAY_11	*P. thornei*	MZ956924	KAY_67	*P. crenatus*	MZ956952
KAY_13	*P. thornei*	MZ956925	NIG_3	*P. thornei*	MZ956953
KAY_15	*P. thornei*	MZ956926	NIG_7	*P. neglectus*	MZ956954
KAY_16	*P. penetrans*	MZ956927	NIG_9	*P. neglectus*	MZ956955
KAY_17	*P. neglectus*	MZ956928	NIG_36	*P. neglectus*	MZ956956
KAY_23	*P. neglectus*	MZ956929	NIG_39	*P. thornei*	MZ956957
KAY_24	*P. penetrans*	MZ956930	NIG_41	*P. thornei*	MZ956958
KAY_25	*P. penetrans*	MZ956931	NIG_49	*P. neglectus*	MZ956959
KAY_27	*P. penetrans*	MZ956932	NIG_51	*P. thornei*	MZ956960
KAY_28	*P. thornei*	MZ956933	NIG_54	*P. neglectus*	MZ956961
KAY_29	*P. thornei*	MZ956934	NIG_59	*P. neglectus*	MZ956962
KAY_30	*P. thornei*	MZ956935	NIG_61	*P. thornei*	MZ956963
KAY_31	*P. crenatus*	MZ956936	NIG_62	*P. neglectus*	MZ956964
KAY_32	*P. thornei*	MZ956937	NIG_64	*P. thornei*	MZ956965
KAY_33	*P. neglectus*	MZ956938	NIG_69	*P. vulnus*	MZ956966
KAY_34	*P. neglectus*	MZ956939	NIG_71	*P. thornei*	MZ956967
KAY_36	*P. penetrans*	MZ956940	NIG_72	*P. vulnus*	MZ956968
KAY_37	*P. neglectus*	MZ956941	NIG_75	*P. thornei*	MZ956969
KAY_39	*P. crenatus*	MZ956942	NIG_76	*P. vulnus*	MZ956970
KAY_40	*P. crenatus*	MZ956943	NIG_77	*P. thornei*	MZ956971
KAY_52	*P. neglectus*	MZ956944	NIG_79	*P. vulnus*	MZ956972

28S-LSU bölgesinin D2 ve D3 bölgelerine dayalı olarak yapılan filogenetik analizler sonucunda:

- *P.crenatus*' ait 5 izolat (KAY58, KAY60, KAY63, KAY65 ve KAY67) KY468862 (Kuzey Kore) NCBI erişim numaralı *P.crenatus* ile aynı grupta yer alırken *P.crenatus*' ait 3 izolat (KAY31, KAY39 ve KAY40) KJ493150 (Portekiz) NCBI erişim numaralı *P.crenatus* ile aynı grupta yer almıştır.
- *P. neglectus*'a ait KAY1, KAY3, KAY4, KAY5, KAY7, KAY9, KAY17, KAY23, KAY33, KAY34, KAY36, KAY37, KAY49, KAY52, KAY54, KAY59 ve KAY62 izolatları KX683377 (Birleşik Krallık), AJ545013 (İtalya: Puglia) ve KM580549 (Çek Cumhuriyeti) NCBI erişim numaralı *P. neglectus* izolatları ile aynı grupta yer almıştır.

- *P. thornei*'ye ait KAY7, KAY9, KAY10, KAY11, KAY13, KAY15, KAY28, KAY29, KAY30, KAY32, KAY54, NIG3, NIG39, NIG41, NIG51, NIG61, NIG64, NIG71, NIG75 ve NIG77 izolatlar EU130880 (ABD: Kaliforniya) ve AJ545018 (İtalya) NCBI erişim numaralı *P. thornei*'ye ait izolatlar ile aynı grupta yer almıştır.
- *P. vulnus*' ait NIG69, NIG72, NIG76 ve NIG79 izolatları AJ545020 (İtalya), MT232562 (Portekiz), AJ545020 (İtalya) NCBI erişim numaralı *P. vulnus*'a ait izolatlar ile aynı grupta yer almıştır.
- *P. penetrans*'a ait KAY16, KAY24, KAY25, KAY27, KAY36, KAY55, KAY64 izolatları MN251259 (ABD: Wisconsin), JX046990 (Hollanda) ve MN251253 (ABD: Wisconsin) NCBI erişim numaralı *P. penetrans*'a ait izolatlar ile aynı grupta yer almıştır.

28S-LSU bölgesinin D2 ve D3 bölgelerine dayalı olarak yapılan filogenetik analiz *P. thornei* ve *P. neglectus* türlerine ait izolatların *P. penetrans, P. vulnus* ve *P. crenatus*'a göre birbirleriyle daha yakın bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Her ne kadar izolatlar kendi arasında yüksek bootstrap değeri ile gruplanmış olduğu görülse de *P. penetrans, P. vulnus* ve *P. crenatus*'a ait izolatlarda tur içi polimorfizm meydana geldiği görülmektedir. *Pratylenchus* türleri içerisinde sadece *P. penetrans, P. vulnus* ve *P. crenatus*'a izolatlarda 2 farklı grup oluşurken diğer türlerde tek bir grup meydana gelmiştir (Şekil 45).



Şekil 45. Elde edilen Kök yara nematodu izolatlarının LSU-28S-rDNA/D2-D3 bölgelerine ait sekans analizlerine dayalı filogenetik analiz. Koyu yazılmış erişim numaraları ve tür isimleri NCBI'dan çekilmiş referans izolatlardır.

3.4. Konukçu Reaksiyonu Çalışmaları

Saksı denemeleri boyunca Kayseri ilinde görülen bazı meterolojik veriler Tablo 21'de verilmiştir. Denemelerin Havuç kültüründe çoğaltılarak saksılara inoküle edilen *Pratylenchus neglectus*'un elma anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonu çalışmalarında tüm ana faktörlerin [Elma anacı (Anaç) ve Elma Çeşidi (Çeşit)] ve ilgili interaksiyonlarının (Anaç x Çeşit) saksı içerisinde toprakta ve kökte bulunan *Pratylenchus neglectus* sayısı ve üreme oranını (Ro) önemli derecede etkilemiştir (Tablo 22). Test edilen tüm elma anaçlarının ve üzerine aşılı çeşitlerin *P. neglectus*'a karşı duyarlı reaksiyon göstermiş ve *Pratylenchus neglectus*'un test edilen elma anaçları üzerindeki üreme oranı (Ro) 1 değerinin üzerinde gerçekleşmiştir. *Pratylenchus neglectus*'un en düşük üreme oranı Golden aşılı MM106 elma anacı üzerinde gerçekleşirken en yüksek üreme oranı ise Starking aşılı MM111 anacında gerçekleşmiştir. *Pratylenchus neglectus*'un M9, MM106 ve MM111 anaçlarındaki en yüksek üreme oranları sırasıyla G.smith, Fuji ve Starking'de gerçekleşmiştir (Tablo 22). M9 anaçlarına aşılı çeşitler arasında en düşük üreme oranı Starking'de gerçekleşirken en yüksek üreme oranı Golden aşılı M9 anaçların meydana gelmiştir. MM106 anaçlarına aşılı çeşitler arasında en düşük üreme oranı Fuji çeşidinde görülürken, en yüksek üreme oranı G. Smith çeşidinde gözlemlenmiştir. MM111 anacına aşılı çeşitler arasında en düşük üreme oranı Fuji'de meydana gelirken en yüksek üreme oranı ise Starking çeşidinde meydana gelmiştir. Anaçlar üzerine aşılı çeşitlerin ortalamaları alındığında ise en düşük üreme oranı 1,75 üreme oranı ile MM106 anacında meydana gelirken bunu 1,78 üreme oranı ile M9 ve 2,59 üreme oranı ile MM111 takip etmiştir (Tablo 23).

Tablo 21. Saksı denemeleri boyunca Kayseri ilinde görülen bazı meterolojik veriler

KAYSERI	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Ort. Sıcaklık (°C)	15.1	19.0	22.3	22.0	17.5
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.6	26.9	30.7	30.8	26.6
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	6.9	9.8	12.0	11.5	7.4
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	8.3	10.3	11.9	11.4	9.1

Tablo 22. *Pratylenchus neglectus*'un elma anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonları çalışmalarına ait istatiksel analiz tablosu (MANOVA).

Kaynak		**df**	**F**	**P**
Anaç (A)	Toprak (T)	2	111,890	**0,000**
	Kök (K)	2	108,771	**0,000**
	T+K	2	185,486	**0,000**
	Ro*	2	185,221	**0,000**
Çeşit (Ç)	Toprak (T)	3	5,016	**0,004**
	Kök (K)	3	5,584	**0,002**
	T+K	3	3,142	**0,034**
	Ro	3	3,067	**0,037**
A X Ç	Toprak (T)	6	8,726	**0,000**
	Kök (K)	6	2,419	**0,040**
	T+K	6	3,910	**0,003**
	Ro	6	3,901	**0,003**
Error		48		

*Ro: Üreme oranı, (Tukey, $P \leq 0{,}05$).

Tablo 23. *Pratylenchus neglectus*'un yaygın kullanılan elma anaçlarına karşı konukçu reaksiyonları

Anaç	Çeşit	İnoküle edilen *P. neglectus* (Pi) (Ergin+larva)	*P. neglectus* /100 g toprak (Pf) (Ergin+larva)	*P. neglectus*/1 fidan kökü (Pf) (Ergin+larva)	Toplam *P. neglectus* (Pf) (Ergin+larva)	Çoğalma Oranı (Ro=Pf/Pi)
M9	Golden	1000,0	591,4±65.1C*	1186,6±155,3A	1778,0±149,4A	1,78±0.15A
M9	G.Smith	1000,0	500,6±63,2B	1434,8±86,4C	1935,4±96,2B	1,93±0.09B
M9	Fuji	1000,0	425,2±49,5AB	1291±137,4B	1716,2±173,1A	1,71±0,17A
M9	Starking	1000,0	333,2±60,7A	1399,2±132,7C	1732,4±113,7A	1,73±0,11A
Ort.		**1000,0**	**462,2±61,7**	**1327,5±127,1**	**1790,5±132,6**	**1,78±0.10**
MM106	Golden	1000,0	378,2±83,0A	1297,6±88,0A	1675,8±103,7A	1,67±0,10A
MM106	G.Smith	1000,0	411,6±89,1B	1336,±60,1A	1748,0±70,1A	1,74±0,07A
MM106	Fuji	1000,0	343,6±54,8A	1518,6±116,0B	1862,2±108,2B	1,86±0,10B
MM106	Starking	1000,0	353,8±28,8A	1399,2±132,7A	1753,0±149,8A	1,75±0,14A
Ort.		**1000,0**	**371,3±63,5**	**1387,4±99,2**	**1759,5±107,4**	**1,75±0.11**
MM111	Golden	1000,0	657,0±46,8A	1811,4±197,8A	2648,4±236,6B	2,47±0,23A
MM111	G.Smith	1000,0	615,0±44,2A	2024,2±98,5B	2639,2±118,4B	2,63±0,12AB
MM111	Fuji	1000,0	611,0±87,4A	1818,2±79,8A	2429,2±57,5A	2,43±0,06A
MM111	Starking	1000,0	752,2±36,1B	2101,4±290,4B	2853,6±307,1C	2,85±0,30B
Ort.		**1000,0**	**658,2±53,2**	**1938,4±166,7**	**2642,5±175,1**	**2,59±0,17**

*Aynı sütunda farklı harf alan ortamalalar Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir (P<0,05).

Pratylenchus thornei'nin elma anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonu çalışmalarında ana faktörlerden sadece Elma anaçlarının (Anaç) saksı içerisinde toprakta ve kökte bulunan *Pratylenchus thornei*'nin sayısı ve çoğalma oranı üzerine önemli derecede etkisi olurken söz konusu parametreler üzerine elma Çeşitlerinin (Çeşit) önemli bir etkisi bulunamamıştır. Anaç ve Çeşit interaksiyonunun ise sadece toprakta bulunan *Pratylenchus thornei*'nin sayısı üzerinde önemli bir etkisi bulunmuştur (Tablo 24).

Tablo 24. *Pratylenchus thornei*'nin elma anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonları çalışmalarına ait istatiksel analiz tablosu (MANOVA).

Kaynak		**df**	**F**	**P**
Anaç (A)	Toprak (T)	2	26,512	**0,000**
	Kök (K)	2	6,583	**0,003**
	T+K	2	26,407	**0,000**
	Ro*	2	26,407	**0,000**
Çeşit (Ç)	Toprak (T)	3	2,334	0,086
	Kök (K)	3	0,151	0,929
	T+K	3	1,156	0,336
	Ro	3	1,156	0,336
A X Ç	Toprak (T)	6	2,384	**0,043**
	Kök (K)	6	0,231	0,965
	T+K	6	1,720	0,137
	Ro	6	1,720	0,137
Error		48		

*Ro: Üreme oranı, (Tukey, $P \leq 0,05$).

Test edilen tüm elma anaçlarının ve üzerine aşılı çeşitler *P. thornei*'ye karşı orta derecede dayanıklılık göstermiş ve *Pratylenchus thornei*'nin test edilen elma anaçları üzerindeki üreme oranı (Ro) 1 değerinin altında gerçekleşmiştir. *Pratylenchus thornei*'nin toprakta en düşük bulunma oranı Starking aşılı MM111 anacında gerçekleşirken (277,2±91,1 /100 g toprak) toprakta en yüksek bulunma oranı Golden aşılı M9 anacında saptanmıştır. Genel olarak M9 elma anacı üzerine aşılı çeşitlerde toprakta bulunan *P. thornei* sayısı ortalaması MM106 ve MM111 anaçlarına aşılı çeşitlerin ortalamasından daha yüksek bulunmuştur.

Fidan köklerinde *P. thornei*'ye ait en düşük birey sayısı Fuji aşılı MM111 anacında gerçekleşirken (106,8±23,5 / 1 fidan kökü) en yüksek birey sayısı Starking aşılı M9 anacında meydana (171,4±81,6/ 1 fidan kökü) gelmiştir. Toprakta ve fidan köklerinde *P. thornei*'ye ait en yüksek birey sayısına ve en yüksek çoğalma oranına (Ro: 0,71±0,07) Golden aşılı M9 anacında (714,4±71,6 Ergin+larva) rastlanılmıştır. Toprakta ve fidan köklerinde en düşük birey sayısı (389,2±118,3 Ergin+larva) ve çoğalma oranı (Ro:0,38±0,11) Starking aşılı MM111 anacında meydana gelmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. *Pratylenchus thornei*'nin yaygın kullanılan elma anaçlarına karşı konukçu reaksiyonları

Anaç	Çeşit	İnoküle edilen *P. thornei* (Pi) (Ergin+larva)	*P. thornei* /100 g toprak (Pf) (Ergin+larva)	*P. thornei* /1 fidan kökü (Pf) (Ergin+larva)	Toplam *P. thornei* (Pf) (Ergin+larva)	Çoğalma Oranı (Ro=Pf/Pi)
M9	Golden	1000,0	559,2±43,4C*	155,2±74,2A	714,4±71,6B	0,71±0,07B
M9	G.Smith	1000,0	465,4±47,3B	138,4±55,6A	603,8±48,7A	0,60±0,04A
M9	Fuji	1000,0	444,0±29,5B	148,6±57,6A	592,6±53,A	0,59±0,05A
M9	Starking	1000,0	392,2±37,7A	171,4±81,6A	563,6±105,3A	0,56±0,10A
Ort.		**1000,0**	**465,2±72,1**	**153,4±63,7**	**618,6±89,2**	**0,61±0,08**
MM106	Golden	1000,0	326,4±43,8A	151,4±45,6A	477,8±55,9A	0,47±0,05A
MM106	G.Smith	1000,0	374,8±59,3B	165,2±28,8B	540,0±40,7B	0,54±0,04B
MM106	Fuji	1000,0	354,4±57,1AB	169,0±27,3B	523,4±31,7B	0,52±0,03B
MM106	Starking	1000,0	379,2±62,1B	165,2±37,7B	544,4±35,5B	0,54±0,03B
Ort.		**1000,0**	**358,7±55,7**	**162,7±33,4**	**521,4±47,1**	**0,52±0,04**
MM111	Golden	1000,0	346,6±90,0B	117,2±24,4A	463,8±112,2B	0,46±0,11B
MM111	G.Smith	1000,0	329,6±91,7AB	112,4±24,9A	442,0±114,2B	0,44±0,11B
MM111	Fuji	1000,0	309,8±98,5AB	106,8±23,5A	416,6±120,0AB	0,41±0,12AB
MM111	Starking	1000,0	277,2±91,1A	112,0±31,1A	389,2±118,3A	0,38±0,11A
Ort.		**1000,0**	**315,8±89,2**	**112,1±24,3**	**427,9±110,4**	**0,42±0,11**

*Aynı sütunda farklı harf alan ortamalalar Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel farklılıkları göstermektedir (P<0,05).

Elma anaçlarına aşılı çeşitlerde *P. thornei*'nin ortalama çoğalma oranı en yüksek M9 anacında (Ro:0,61±0,08) gerçekleşirken bunu ve sırasıyla MM106 (Ro:0,52±0,04) ve MM111 (Ro:0,42±0,11) anaçları takip etmiştir. MM111 anaçlarına aşılı çeşitlerin tamamında *Pratylenchus thornei*'nin çoğalma oranı 0,5 değerinin altında seyretmiştir. MM106 anaçlarına aşılı çeşitlerde ise sadece Golden aşılı MM106 anacında çoğalma oranı 0,5 değerinin altına düşmüş ve diğer çeşitlerin çoğalma oranı 0,5 değerinin üstünde gerçekleşmiştir. M9 anaçlarına aşılı çeşitlerin tamamında çoğalma oranı 0,5 değerinin üstünde gerçekleşmiştir (Tablo 25).

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1.Tartışma

Elma bahçelerinde BPN'ları diğer toprak kökenli patojenlerle birlikte ciddi verim kayıplarına neden olabilmektedir. Bu BPN'ları içerisinde KYN'ları doğrudan bitki kökleri ile beslenerek köklerde yaralara ve sekonder enfeksiyonlara neden olmaktadır. Bu çalışmada Kayseri ve Niğde illerinde 8 farklı BPN bulunmuş ve bunlar içerisinde en yaygın bulunan BPN'larının *Pratylenchus* spp. ve *Helicotlenchus* spp. olduğu belirlenmiştir. Söz konusu BPN'lara ülkemizde diğer illerde gerçekleştirilen elma bahçelerinde de rastlanılmıştır. Kepenekçi ve Zeki (2002) Isparta ve Burdur'da elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda gerçekleştirdikleri çalışmalarda *Hoplolaimus galeatus*, *Paratylenchus nainianus*, *Hemicriconemoides gaddi*, *Pratylenchus neglectus*, *P. thornei*, *Helicotylenchus digonicus* ve *Hoplolaimus galeatus*'ı tespit etmişler ve bunlar içerisinde en yaygın BPN'larının *Pratylenchus neglectus*, *P. thornei*, *Helicotylenchus digonicus* olduğunu belirlemişlerdir. İç Anadolu Bölgesi'nde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada en sık rastlanılan türlerin *P. thornei* ve *P. neglectus* olduğu bildirilmiştir (Yavuzaslanoğlu vd., 2012, 2020).

Isparta ve Antalya illerinde meyve bahçelerinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada *P. thornei*, *P. neglectus*, *P. penetrans* ve *P. crenatus* KYN'ları belirlenmiş bunlar içerisinde en yaygın bulunan türün %50 oran ile *P. thornei* olduğu bildirilmiştir (Söğüt ve Devran, 2011). Akyazı vd. (2014) Ordu ilinde fındık bahçelerinde gerçekleştirdiği çalışmada *Criconemella* spp., *Meloidogyne* spp., *Paratylenchus* spp. ve *Pratylenchus* spp. saptamışlardır. Karakaş vd. (2021) ceviz ve elma bahçelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada *Pratylenchus penetrans*, *P. thornei* ve *Helicotylenchus canadiensis*'i tespit etmişlerdir. Evlice ve Ökten

(2008) tarafından armut bahçelerinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada *Pratylenchus thornei*, *Pratylenchus pratensis*, *Pratylenchus penetrans* tespit etmişler ve bunlar arasında en yaygın bulunan KYN türünün %10 bulunma oranı ile *Pratylenchus penetrans* olduğunu rapor etmişlerdir. Göze Özdemir (2020) Burdur ve Isparta illerinde tahıl alanlarında gerçekleştirdiği tez çalışmasında kök yara nematodlarına ait dört tür (*P. penetrans*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *P. crenatus*) tespit etmiş ve bu türler arasında en yaygın türlerin *P. thornei* ve *P. neglectus* olduğunu bildirmiştir. Bu tez çalışmasında tespit edilen KYN'u türleri yukarıda bahsedilen çalışmalarda elde edilen KYN'u türleri ile büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Ülkemizin ılıman iklim kuşağında yer alması nedeniyle farklı coğrafi bölgelerindeki bitkisel üretim deseni çeşitlilik göstermektedir. KYN'larının geniş konukçu dizisine sahip olması ve ılıman iklim koşullarında oldukça yaygın bulunan BPN'u olması KYN'larının ülkemizde oldukça geniş bir alana yayılmasında etkili olmuş olabilir. Bu tez çalışmasında en yaygın KYN'u türünün *P. thornei* olduğu tespit edilmiştir. *P. thornei* geniş konukçu dizisine sahiptir ve buğday ve arpa gibi tahıllardaki zararı nedeniyle ülkemizde birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Imren, 2007; Kılıç, 2011; Imren vd., 2017; Yıldız vd., 2017; Uludamar vd., 2018). Konukçu türü ve toprak yapısının KYN'larının dağılımı ve popülasyon yoğunluğu üzerinde önemli rol oynadığı bilinmektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda *P. thornei* ve *P. neglectus*'un kumlu topraklarda daha iyi gelişim gösterdiği bildirilmiştir (Siddiqi, 2000; Castillo ve Vovlas, 2007). Bu çalışmada sörvey yapılan Kayseri ve Niğde illeri önemli buğday ve arpa yetiştiriciliği yapılan iller arasında yer almaktadır. Bu durum *P. thornei*'nin diğer türlere kıyasla daha geniş bir yayılma alanı bulmasına ve bu illerdeki iklim koşullarına daha çok adapte olmasına neden olmuş olabilir.

Bu çalışmada KYN'larının morfolojik ve morfometrik gözlemleri önceki çalışmalarda bildirilen gözlem ve ölçümlerle büyük oranda benzerlik göstermektedir. Ayrıca önceki çalışmalarda stylet uzunluğu ve faringeal örtüşme gibi varyasyonun daha düşük olduğu ve daha yüksek bir güvenirliliğe sahip olduğu bildirilen morfometrik ölçümler literatürde verilen diğer ölçümlerle oldukça yakın değerler almıştır. Bu çalışmada elde edilen *Pratylenchus vulnus* popülasyonlarına ait morfometrik ölçümler ve gözlemler Bakooie vd. (2012) ve

Roman ve Hirschmann (1969) tarafından bildirilen gözlem ve ölçümlerle, *Praylenchus thornei* popülasyonlarına ait morfometrik ölçümler ve gözlemler Akyazı vd. (2018) ve Fayazi vd. (2012) (Bagh Mallek) tarafından bildirilen gözlem ve ölçümlerle, *Praylenchus penetrans* popülasyonlarına ait morfometrik ölçümler ve gözlemler Bogale vd. (2021) (BN) ve İmren (2007) tarafından bildirilen gözlem ve ölçümlerle, *Praylenchus neglectus* popülasyonlarına ait morfometrik ölçümler ve gözlemler Divsalar vd. (2019) (Kerman) ve Fayazi vd. (2012) (Masjed Solleiman) tarafından bildirilen gözlem ve ölçümlerle, *Praylenchus crenatus* popülasyonlarına ait morfometrik ölçümler ve gözlemler İmren (2012) ve Kumari (2015) tarafından bildirilen gözlem ve ölçümlerle büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Bununla beraber pharynx uzunluğu (P), maximum Vücut Genişliği (MBW), kuyruk uzunluğu (TL) ve anal vücut genişliğine (ABW) morfometrik ölçümlerin Loof (1991), Yu (1997) ve Shar ve Allen (1953) tarafından bildirilen ölçümlerden farklılık göstermektedir. *Pratylenchus* türleri içerisinde morfolojik ve tür içi morfometrik varyasyon bir çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Ryss, 2002; Fayazi vd., 2012). Bu durumun *Pratylenchus* cinsine ait çok sayıda tür olması (110 tür), türler arası morfolojik ve morfometrik benzerliklerin olması ve türler-içi varyasyonların oldukça fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bogale vd. (2021) *Pratylenchus penetrans*'a ait 7 farklı izolatın söz konusu morfometrik karakterler bakımından farklılık gösterdiğini ve bu durumun bu popülasyonların izole edildiği bölgenin çevresel faktörlerinden ve bu popülasyonlar arasındaki tür içi genetik varyasyonun oldukça yüksek olmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Diogo Gil vd. (2021) morfometrik karakterlerde görülen varyasyonların farklı fiksasyon metodlarının kullanılması ve çevresel koşullardaki faklılıklardan ileri gelebileceğini bildirmiştir. Tarjan ve Frederick (1978) *Pratylenchus brachyurus* ve *P. coffeae* türlerinde dişi kuyruk uzunluğu ve stylet uzunluğunun en az varyasyon gösteren morfometrik karakterler olduğunu ve diğer morfometrik karakterler bakımından bu türlerde yüksek varyasyon olduğunu bildirmişlerdir. Kuyruk uzunluğu, stylet uzunluğu, özafagus ile bağırsak örtüşmesi, vulval indeksin (%V) tür teşhisinde diğer morfometrik karakterlere göre çok daha güvenilir sonuçlar verdiği bilinmektedir (Divsalar vd., 2018). Bu çalışmada KYN'larına elde edilen bu morfometrik ölçüm değerleri yukarıda bahsedilen

çalışmalarda belirtilen morfometrik ölçümleriyle genel itibariyle benzerlik göstermektedir. Ayrıca ölçümlerin yapıldığı nematodlara ait popülasyonların çoğalma hızı ve farklı üreme stratejilerinden, coğrafi izolat varyasyonlarından, ölçüm öncesi inkübasyon süresi ve sıcaklığı, popülasyon yoğunluğu ve konukçu fizyolojisi morfolojik ve morfometrik ölçümlerin varyasyon göstermesinde farklılıklara neden olabilmektedir (Roman ve Hirschmann, 1969; Tarte ve Mai, 1976; Ryss, 2002; Fayazi vd., 2012; Troccoli vd., 2016; Chihani-Hammas vd., 2018).

28S-LSU bölgesinin D2 ve D3 bölgelerine dayalı olarak yapılan filogenetik analiz *Pratylenchus thornei* ve *P. neglectus*'un türlerinin evriminde Pratylenchidae familyasında ortak bir atadan ayrıldığını göstermektedir ve bu türler aralarında monofili oluştururken *P. crenatus*'a *ait* izolatların bu monofilinin dışarısında kaldığı görülmektedir. Ayrıca *P. penetrans*, *P. vulnus* ve *P. crenatus*'a ait izolatlarda filogenetik analizlerde 2 farklı grup oluşmuştur (Şekil 45). Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Al-Banna vd. (1997) *Pratylenchus thornei*, *P. penetrans*'ın türlerinin evriminde ortak bir atadan ayrıldığını ve yapılan filogenetik analizlerde aynı grupta yer aldığını belirtmiştir. İmren vd. (2021) *Pratylenchus thornei* ve *P. neglectus*'un filogenetik analizler sonucunda yakın akraba olduklarını ve aynı grupta yer aldığını bildirmişlerdir. Wang vd. (2012) incelediği 23 *Pratylenchus* türünün 7 farklı klade ayrıldığını ve bunlar içerisinde *Pratylenchus thornei*, *P. penetrans* ve *P. neglectus*'un birbiriyle yakından ilişkili türler olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen filogenetik analizler Carta vd. (2001) ve Subbotin vd. (2008) tarafından bildirilen filogenetik ağaça oldukça benzerdir. Subbotin vd. (2008) *P.crenatus* izolatlarında filogenetik analizlerde 2 farklı grup olduğunu ve *Pratylenchus thornei* ve *P. neglectus*'un yakın akraba türler olduğunu bildirmişlerdir. Carta vd. (2001) *Pratylenchus thornei*, *P. neglectus* ve *P. vulnus*'un aynı *P. crenatus*'un ise farklı grupta yer aldığını bildirmişlerdir. 28S rDNA alt biriminin D2-D3 uzantıları, rDNA genlerinin en hızlı gelişen kodlama bölgelerinden olması nedeniyle *Pratylenchus* spp. türlerinin moleküler teşhisinde ve filogenetik analizlerinde sıkça başvurulan yöntemlerden birisidir (Carta vd., 2001; Subbotin vd., 2005). Sekans analizi karşılaştırması ve moleküler filogenetik

analizler *Praylenchus* cinsi içerisinde LSU bölgesinin 28S/D2-D3 bölgelerine ait nükleotid varyasyonun belirlenmesinde ve tür teşhislerinde oldukça sık kullanılan yöntemlerdir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda *Pratylenchus* cinsi içerisinde tür içi genetik varyasyon birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Duncan vd. (1999) *P. coffeae*'de, Troccoli vd. (2008) *P. lentis*'de, De Luca vd. (2010) *P. hippeastri*'de, Pinochet vd. (1994) ve Bakooie vd. (2012) *P. vulnus*'da genom varyasyonunun yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında, teşhisi yapılan *Pratylenchus thornei*, *P. neglectus* ve *P. vulnus* türleri içerisinde varyasyon bulunmazken *P. crenatus*'ta düşük oranda varyasyon bulunmuştur. Bu varyasyonun nedeni LSU bölgesinin 28S/D2-D3 domaini içerisindeki sekans ve genom uzunluğu farklılıklarından ileri geldiği söylenebilir. Filogenetik analizlerde *Pratylenchus thornei*, *P. neglectus* ve *P. vulnus* türlerinde monofilik kümelenme oluşmuştur. Oluşan bu kümelenme Palomares Rius vd. (2010), De Luca vd. (2004), Subbotin vd. (2008), Holterman vd. (2009) tarafından D2-D3gen bölgeleri kullanarak elde edilen verilerle büyük ölçüde benzerlik göstermekte ve bu türlerin yakın akraba olduklarını ve benzer moleküler özellikler taşıdıklarını göstermektedir. Bu durum *Pratylenchus* izolatlarının birbirlerine yakın coğrafi lokasyonlardan izole edilmiş ve aynı konukçulardan elde edilmiş olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Bu tez çalışmasında test edilen M-9, MM106 ve MM111 elma anaçları *Pratylenchus neglectus*'a karşı yüksek oranda duyarlılık göstermiş ve tüm anaçlar için üreme oranı (Ro) 1'in üzerinde gerçekleşmiştir. Bu anaçlar içerisinde en yüksek duyarlılığı ise 2.85 üreme oranı ile MM111 anacı gösterirken en düşük üreme oranı (Ro: 1.67) MM106 anacında gözlemlenmiştir. Daha önceki yapılan çalışmalarda farklı elma anaçlarının kök yara nematodlarına karşı yüksek oranda hassas olduğunu göstermektedir. Jaffee vd. (1982) *Pratylenchus penetrans*'ın MM-106 elma anacında konukçu reaksiyonu çalışmalarında her 100 cm^3 toprak için yaklaşık 100 adet *Pratylenchus penetrans* bireyinin elde edildiğini bildirmiştir. Mai ve Abawi (1978) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise 100 cm^3 toprakta yaklaşık 450 ve 100 gram kökte ortalama 993 *Pratylenchus penetrans* bireyinin bulunduğunu bildirilmektedir. Granny Smith aşılı M-7 anaçlarının kullanıldığı bir diğer çalışmada ise *Pratylenchus penetrans*

yoğunluğunun 250 cm^3 toprakta 126 iken 100 gram kökte ise 233 adet olduğu ve toprak ve köklerdeki *Pratylenchus penetrans* yoğunluğunun örnekleme yapılan mevsimlere göre değiştiğini bildirilmiştir (Santa ve Wilson, 1990). *P. vulnus*'un farklı izolatlarının M-9 ve MM-106 elma anaçlarına uygulandığı bir başka çalışmada söz konusu *P. vulnus*'un izolatlarına ait üreme oranlarının 1,5'in üzerinde gerçekleştiği bildirilmiştir (Pinochet vd., 1992). Pinochet vd. (1993) *Pratylenchus vulnus*'un EM-26 anaçları üzerindeki konukçu reaksiyonunu inceledikleri bir diğer çalışmada toprak ve köklerdeki üreme oranının farklı izolatlar için sırasıyla 0.2-8 ve 0.5-17 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Fernandez vd. (1992) KYN'larından *P. vulnus*'un Emla-26 elma anacında çok sayıda kolonize olabildiğini ve köklerde büyük zarara neden olduğunu bildirmiştir. Söğüt vd. (2013) KYN'larından *P. penetrans, P. vulnus, P. thornei* ve *P. crenatus*'un M9, MM106 ve MM111 anaçlarındaki konukçu reaksiyonlarını araştırdıkları çalışmalarında *P. penetrans*'ın söz konusu elma anaçlarında üreme oranını sırasıyla 5.6±1.4, 2.5±0.5 ve 10.6±1.0 olarak belirlemişlerdir. *Pratylenchus crenatus*'un M9, MM106 ve MM111 anaçlarında çoğalamadığını, *P. thornei*'nin üreme oranının M9, MM106 ve MM111 anaçları için sırasıyla 0.05±0.02, 0.03±0.02 ve 0.04±0.02 olarak gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Söğüt vd. (2013) aynı çalışmada *Pratylenchus neglectus*'un M9, MM106 ve MM111 anaçlarındaki çoğalma oranının sırasıyla 0.03±0.02, 0.03±0.02 ve 0.02±0.01 olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Önceki çalışmalara bakıldığında KYN'larının aynı konukçuda farklı patojenitelere ve değişen oranlarda üreme gücüne sahip oldukları görülmektedir. Bunun nedeni aynı türe ait farklı bölgelerden izole edilmiş KYN'ları popülasyonları arasında patojenite ve üreme gücü açısından farklılıkların bulunması olabilir.

KYN'ları içerisinde aynı türe ait farklı coğrafi izolatların genetik varyasyonlarının konukçu bitkilerin savunma mekanizmasının aşılmasında önemli bir role sahiptir. Pinochet vd. (1994) *P. vulnus*'un farklı coğrafi bölgelerden elde edilen KYN'u izolatlarının EM-26 elma anacında konukçu reaksiyonlarını araştırmış ve patojenite ve üreme gücü açısından ciddi farklılıklar olduğunu ve bu durumun *P. vulnus* izolatlarının farklı coğrafi bölgelerden izole edilmiş olmasına ve tür-içi genetik varyasyondan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Gil vd. (2021)

Pratylenchus penetrans'ın aynı popülasyonuna ait bireyler arasında dahi önemli bir genetik varyasyonun olabileceğini ve bu durumun konukçu bitkilerin KYN'larına karşı dayanıklılıklarını/toleranslarını etkileyebilecek önemli bir etken olduğunu bildirmişlerdir. Yukarıda bahsedilen çalışmalarda denemeler farklı toprak yapısına ve tekstürüne sahip ortamlarda gerçekleştirilmiştir. Toprak yapısı ve tekstürünün kök yara nematodlarının popülasyon yoğunluklarını etkilediği ve kök yara nematodlarının kumlu topraklarda daha hızlı bir gelişim gösterdiği bilinmektedir (Mai ve Abawi, 1978). İnkübasyon süresi kök yara nematodlarının popülasyon yoğunluklarını etkileyen bir diğer faktördür ve yetiştirme sezonunun iklim koşullarına bağlı olarak daha uzun sürdüğü çalışmalarda kök yara nematodlarının popülasyon yoğunluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Önceki çalışmalar kök yara nematodlarının tür, izolat ve çevresel koşullara adaptasyon kabiliyetlerine göre elma anaçları üzerindeki patojenitelerinin değiştiğini göstermektedir. Ayrıca sıcaklık gibi çevresel faktörler kök yara nematodlarının gelişimini ve bir jenerasyonunun ne kadar süre içerisinde tamamlayacağını belirleyen en önemli faktörlerden birisidir ve yukarıdaki çalışmalarda bu bağlamda önemli bir varyasyon bulunmaktadır. Elma anaçları biyotik ve abiyotik etmenlere karşı duyarlılıkları bakımından farklılıklar göstermektedir. Leinfelder ve Mervin (2006) M-26, M-7, G-16, CG-6210 ve CG-30 elma anaçları ile yaptıkları çalışmada CG-6210 ve CG-30 anaçlarının gelişme geriliğine karşı daha dayanıklı anaçlar olduğunu rapor etmişlerdir. Elma anaçları arasındaki morfolojik, fizyolojik ve kalıtsal varyasyon söz konusu anaçların kök yara nematodlarına ve diğer toprak kökenli patojenlere karşı duyarlılığını etkilemektedir.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Kayseri ve Niğde illerinde elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki paraziti nematodlar ve kök yara nematodlarının bölgedeki yaygınlığı ve bulaşıklık oranları ortaya konmuştur.

Laboratuvar çalışmaları sonucunda, 2 takım (Rhabditia ve Dorylaimida), 8 familyaya ait (Criconematidae, Tylenchidae, Haplolaimidae, Pratylenchidae, Tylenchulidae, Meloidogynidae, Tylenchoidea ve Longidoridae) 8 bitki paraziti cins düzeyinde (*Criconema* spp., *Paratylenchus* spp., *Hoplolaimus* spp.,

Meloidogyne spp., *Radopholus* spp., *Xiphinema* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp.) belirlenmiştir. Kayseri ve Niğde illerinde elma yetiştiriciliği yapılan alanlardan yapılan toprak ve kök örneklerinin incelenmesi sonucunda en çok karşılaşılan bitki paraziti nematodlarının *Pratylenchus* spp. ve *Helicotylenchus* spp. olduğu saptanmıştır. Kayseri ve Niğde illeri elma bahçelerinde örnekleme yapılan alanların sırasıyla %36 ve %16'sının Kök yara nematodları ile bulaşık olduğu belirlenmiştir. Kök yara nematodlarına ait toplam 5 tür (*P. thornei*, *P. neglectus*, *P. penetrans*, *P. vulnus* ve *P. crenatus*) morfolojik, morfometrik ve moleküler yöntemler kullanılarak tespit edilmiştir. Kayseri ilinde örnekleme yapılan elma bahçelerinin yarısında kök yara nematodları yoğunluğunun ekonomik zarar eşiğinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Kök yara nematodları elma bahçelerinde Gelişme Geriliği (Replant Disease) olarak adlandırılan hastalığın ortaya çıkmasından sorumlu ana etmenler arasında gösterilmektedir. Bu nedenle kök yara nematodları elma yetiştiriciliği yapılan alanlar için önemli bir zararlı konumundadır. Elma bahçesi kurulması düşünülen alanlarda bölgenin iklimsel ve çevresel faktörlerine uygun ve kök yara nematodlarına karşı dayanıklı anaç ve çeşit seçimi büyük önem taşımaktadır. Elma bahçesi kurulan alanlarda bitki paraziti ve kök yara nematodlarının belirlenmesi mücadele açısından büyük önem taşımaktadır.

Kayseri ve Niğde elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda en çok karşılaşılan bitki paraziti nematodlarının kök yara nematodlarına ait *P. thornei*, *P. neglectus*, *P. penetrans*, *P. vulnus* ve *P. crenatus* olduğu bu çalışma ile belirlenmiştir. Kök yara nematodları içerisinde de *P. thornei*'nin en yaygın tür olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada ülkemizde elma bahçelerinde en çok tercih edilen M9, MM106 ve MM111 elma anaçlarının *Pratylecnhus neglectus*'a karşı duyarlılık gösterdiği ve *P. thornei*'ye karşı ise orta derecede dayanıklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Kök yara nematodları geniş konukçu dizisine sahiptir ve yerleştiği alanlarda kısa sürede çoğalabilen nematodlardır. Yetiştiricilik yapılması planlanan ekolojik koşullara adaptasyonu yüksek ve kök yara nematodlarına karşı dayanıklı elma anaçların geliştirilmesi ve bu anaçlarla meyve bahçelerinin kurulması ekonomik ve karlı bir üreticilik için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca Kök yara nematodlarının geniş konukçu dizisine sahip olması nedeniyle yetiştiricilik sahası

içerisinde yabancı ot mücadelesine ve ara ürün yetiştiriciliğinin yapılması yerine bu alanlarda biyofümigasyon bitkilerinin yetiştirilerek yeşil gübreleme yapılması hem kök yara nematodlarının hem de diğer bitki paraziti nematodlarının baskılanmasında önemli bir rol alabilir.

KAYNAKÇA

1. Agrios, G.N., 1997. Plant Pathology (Fourth Edition). Academic Press Inc., London, 635 pp.

2. Ağaoğlu, Y.S., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, A.İ., Yanmaz, R., 1997. Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara, 154 pp.

3. Akgül, H. C., 1991. Çankaya (Ankara) İlçesindeki Bazı Çim Alanlarında Bulunan Tylenchida Takımına Ait Bitki Paraziti Nematod Türleri Üzerinde Taksonomik Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 155 s.

4. Akgül, H., Kaçal, E., Öztürk, F.P., Özongun, Ş., Atasay, A., Öztürk, G., 2011. Elma Kültürü. Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Isparta, 175 pp.

5. Akyazi, F., Yildiz, S., Felek, A. F., 2014. Soil nematode communities associated with hazelnut orchards in Turkey. **Journal of Entomology and Nematology, 6** (8): 112-121.

6. Akyazi, F., S. Joseph, A. F. Felek, T. Mengistu, 2017. Molecular and morphometric characterization of root lesion nematode *Pratylenchus thornei* Sher and Allen, 1953 from hazelnut orchards in Ordu, Turkey, pp. 399-406. *IX International Congress on Hazelnut*, August 15-18, 2017, Samsun.

7. Al-Banna, L., Williamson, V., Gardner, S. L., 1997. Phylogenetic analysis of nematodes of the genus *Pratylenchus* using nuclear 26S RDNa. **Molecular Phylogenetics and Evolution, 7**(1): 94-102.

8. Al-Banna, L., Ploeg, A. T., Williamson, V. M., Kaloshian, I., 2004. Discrimination of six *Pratylenchus* species using PCR and species-specific primers. **Journal of Nematology, 36** (2): 142.

9. Alcañiz, E., Pinochet, J., Fernández, C., Esmenjaud, D., Felipe, A., 1996. Evaluation of *Prunus* rootstocks for root-lesion nematode resistance. **HortScience, 31** (6): 1013-1016.

10. Al-Rehiayani, S., Hafez, S., 1998. Host status and green manure effect of selected crops on *Meloidogyne chitwoodi* race 2 and *Pratylenchus neglectus*. **Nematropica, 28**: 2.

11. Askary, T. H., Banday, S. A., Iqbal, U., Khan, A. A., Mir, M. M., Waliullah, M. I. S., 2012. Plant parasitic nematode diversity in pome, stone and nut fruits, pp. 237-268. *In*: Agroecology and Strategies for Climate Change (Ed: E. Lichtfouse). Springer, Dordrecht.

12. Atay, A. N., Atay, E., Koyuncu, F., 2010. Dünya elma ıslah programlarına genel bir bakış. **Bahçe, 39** (1): 31-44.

13. Baele, G., Lemey, P., Bedford, T., Rambaut, A., Suchard, M. A., Alekseyenko, A. V., 2012. Improving the accuracy of demographic and molecular clock model comparison while accommodating phylogenetic uncertainty. **Molecular biology and evolution, 29**(9): 2157-2167.

14. 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.

15. 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** (4): 459-471.

16. Baidoo, R., Yan, G., Nagachandrabose, S., Skantar, A. M., 2017. Developing a real-time PCR assay for direct identification and quantification of *Pratylenchus penetrans* in soil. **Plant disease, 101** (8): 1432-1441.

17. Bakooie, M., Pourjam, E., Javaran, M. J., 2012. Investigation on Iranian Pratylenchus vulnus populations by morphological and molecular marker (RAPD-PCR). **Journal of Agricultural Technology, 8** (1): 219-231.

18. Barker, K. R., Clayton, C. N., 1973. Nematodes attacking cultivars of peach in North Carolina. **Journal of nematology, 5** (4): 265.

19. Barker, K. R., Carter, C. C., Sasser, J. N., 1985. An Advanced Treatise on *Meloidogyne* Vol II: Methodology. North Carolina State University Graphics, Raleigh, Doktora Tezi, North Carolina, 421 s.

20. Bashimov, G., 2016. Elma İhracatinda Türkiye'nin Karşilaştirmali Üstünlüğü. **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13** (2): 9-15.

21. Baxter, R. I., Blake, C.D., 1967. Invasion of wheat roots by *Pratylenchus thornei*. **Nature, 215**: 1168-1169.

22. Bélair, G., Fournier, Y., Dauphinais, N., Dangi, O. P., 2002. Reproduction of *Pratylenchus penetrans* on various rotation crops in Quebec. **Phytoprotection, 83**(2): 111-114.

23. Bélair, G., Dauphinais, N., Fournier, Y., Dangi, O. P., Clément, M. F., 2005. Effect of forage and grain pearl millet on *Pratylenchus penetrans* and potato yields in Quebec. **Journal of Nematology, 37** (1): 78.

24. Bélair, G., Dauphinais, N., Benoit, D. L., Fournier, Y., 2007. Reproduction of *Pratylenchus penetrans* on 24 common weeds in potato fields in Quebec. **Journal of nematology, 39** (4): 321.

25. Bernard, E. C., Laughlin, C. W., 1976. Relative Susceptibility of Selected Cultivars, of Potato to *Pratylenchus penetrans*. **Journal of Nematology, 8** (3): 239.

26. Bernard, G. C., Egnin, M., Bonsi, C., 2017. The impact of plant-parasitic nematodes on agriculture and methods of control, pp. 121-153. *In*: Nematology-Concepts, Diagnosis and Control (Eds: M.M. Shah, M. Mohammad). Intech, Rijeka.

27. Bhadury, P., Austen, M. C., Bilton, D. T., Lambshead, P. J. D., Rogers, A. D., Smerdon, G. R., 2006. Development and evaluation of a DNA-barcoding approach for the rapid identification of nematodes. **Marine Ecology Progress Series, 320**: 1-9.

28. Bogale, M., Tadesse, B., Nuaima, R. H., Honermeier, B., Hallmann, J., DiGennaro, P., 2021. Morphometric and Molecular Diversity among Seven European Isolates of *Pratylenchus penetrans*. **Plants, 10**(4): 674.

29. Bora, T., Karaca, İ., 1970. Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın ölçülmesi. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 43 s.

30. Castillo, P., Trapero-Casas, J. L., Jimenez-Diaz, R. M., 1995. Effect of time, temperature, and inoculum density on reproduction of *Pratylenchus thornei* in carrot disk culture. **Journal of Nematology, 27**: 120-124.

31. Castillo, P., Vovlas, N., 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. Brill, Leiden-Boston, 529 pp.

32. Castillo, J. D., Vivanco, J. M., Manter, D. K., 2017. Bacterial microbiome and nematode occurrence in different potato agricultural soils. **Microbial ecology, 74** (4): 888-900.

33. Chihani-Hammas, N., Hajji-Hedfi, L., Regaieg, H., Larayedh, A., Badiss, A., Qing, Y., Najet, H. R., 2018. First report of *Pratylenchus vulnus* associated with apple in Tunisia. **Journal of nematology, 50** (4): 579.

34. Coomans, A., 2000. Nematode systematics: past, present and future. **Nematology, 2** (1): 3-7.

35. Dababat, A., Yıldız, Ş., Ciftci, V., Duman, N., Imren, M., 2019. Occurrence and seasonal variation of the root lesion nematode *Pratylenchus neglectus* on cereals in Bolu, Turkey. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 43** (1): 21-27.

36. Darby, B. J., Todd, T. C., Herman, M. A., 2013. High throughput amplicon sequencing of rRNA genes requires a copy number correction to accurately reflect the effects of management practices on soil nematode community structure. **Molecular ecology, 22** (21): 5456-5471.

37. Dauphinais, N., Vandal, M., Gagnon, A. È., Bélair, G., Véronneau, P. Y., Mimee, B., 2018. Development and Application of a Multiplex qPCR Method for the Simultaneous Detection and Quantification of *Pratylenchus alleni* and *P. penetrans* in Quebec, Canada. **Plant disease, 102** (5): 970-976.

38. De Luca, F., Fanelli, E., Di Vito, M., Reyes, A., De Giorgi, C., 2004. Comparison of the sequences of the D3 expansion of the 26S ribosomal genes reveals different degrees of heterogeneity in different populations and species of *Pratylenchus* from the Mediterranean region. **European Journal of Plant Pathology 110**: 949-957.

39. De Luca, F., Troccoli, A., Duncan, L. W., Subbotin, S. A., Waeyenberge, L., Moens, M., Inserra, R. N., 2010. Characterisation of a population of Pratylenchus hippeastri from bromeliads and description of two related new species, *P. floridensis* n. sp. and *P. parafloridensis* n. sp., from grasses in Florida. **Nematology, 12**(6): 847-868.

40. Dickerson, O. J., Darling, H. M., Griffin, G. D., 1964. Pathogenicity and population trends of *Pratylenchus penetrans* on potato and corn. **Phytopathology, 54**(3): 317-322.

41. Dickerson, O. J., Blake, J. H., Lewis, S.A., 2000. Nematode Guidelines for South Carolina. Clemson, Clemson University Press, 36 pp.

42. Divsalar, N., Jamali, S., Pedramfar, H., Taheri, H., 2012. Root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) on citrus in south-west of Caspian Sea. **Journal of Agricultural Technology, 8** (7): 2227-2238.

43. Divsalar, N., Shokoohi, E., Hoseinipour, A., Mashela, P., 2019. Molecular and morphological variation of the root-lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. **Biologia, 74**(3): 257-267.

44. Dubius Thorne, T., 1987. Plant-parasitic nematodes in orchards of the Okanagan Valley of British Columbia, Canada. **Plant disease**, 85.

45. Dullahide, S. R., Stirling, G. R., Nikulin, A., Stirling, A. M., 1994. The role of nematodes, fungi, bacteria, and abiotic factors in the etiology of apple replant problems in the Granite Belt of Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture, 34**(8): 1177-1182.

46. Duncan, L. W., Inserra, R. N., Thomas, W. K., Dunn, D., Mustika, I., Frisse, L. M., Kaplan, D. T., 1999. Investigation-Research: Molecular and Morphological Analysis of Isolates of Pratylenchus coffeae and Closely Related Species. **Nematropica, 29**(1): 61-80.

47. Duncan, L. W., Moens, M., 2013. Migratory endoparasitic nematodes. **Plant nematology, (2)**: 144-178.

48. Egunjobi, O. A., 1968a. An ecological study of some soil nematodes associated with apple trees in a New Zealand grassed orchard. **New Zealand Journal of Agricultural Research, 11**(2): 386-406.

49. Egunjobi, O. A., 1968b. A comparison of *Pratylenchus* spp.(nematoda) population densities in grass and apple roots. **New Zealand Journal of Agricultural Research, 11**(1): 142-148.

50. Elekçioğlu, İ. H., 1992. Untersuchungen zum Auftreten und zur Verbreitung phytoparasitärer Nematoden in den landwirtschaftlichen Hauptkulturen des ostmediterranen Gebietes der Türkei. **Plits, 10** (5): 120.

51. Elekçioğlu, İ. H., Uygun, N., 1994. Occurrence and distribution of plant parasitic nematodes in cash crops in eastern Mediterranean region of Türkiye, pp. 409-410. *Procedings of 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union*, September 18-24, 1994, Aydın.

52. European Food Safety Authority, 2011. Submission of scientific peer-reviewed open literature for the approval of pesticide active substances under Regulation (EC) No:1107/2009. **EFSA Journal, 9** (2): 2092.

53. Evlice, E., Ökten, M., 2008. Ankara Ili Armut (*Pyrus Communis* L.) Bahçelerinde Saptanan Tylenchida (Nematoda) Takımına Ait Bitki Paraziti Nematodlar. **Bitki Koruma Bülteni, 48** (4): 1-8.

54. Ertürk, H., Özkut, S., Borazancı, N., 1975. Ege Bölgesi Kök-ur nematod türlerine (*Meloidogyne incognita* ve *M. javanica*) Nemaguard şeftali anacının dayanıklılığı üzerinde araştırmalar. **Tarım Bakanlığı Zirai Karantina Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Bülteni, 15**(1): 58-65.

55. FAOSTAT, 2019. Ülkelere göre elma üretimi. (Web sayfası: **http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC**), (Erişim tarihi: Kasım 2019).

56. Fayazi, F., Farokhi-Nejd, R., Ahmadi, A. R., Memari, H. R., Bahmani, Z., 2012. Molecular and morphometric identification of *P. thornei* and *P. neglectus* in southwest of Iran. **Journal of Plant Pathology and Microbiology, 3**(123): 2.

57. Fernández, C., Pinochet, J., Dolcet, R., 1992. Host-parasite relationship of *Pratylenchus vulnus* on apple and pear rootstocks. **Nematropica, 22**: 2.

58. Fortuner, R. 1977. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. CAB international, Wallingford, 265 pp.

59. Geraert, E., 1983. The use of the female reproductive system in nematode systematics. **Concepts in Nematode Systematics, 73**: 84.

60. Geraert, E., 2013. The Pratylenchidae of The World: İdentification of The Family Pratylenchidae (Nematoda: Tylenchida). Academia Press, Gent, 522 pp.

61. Ghorbanzad, H., Heydari, R., Pourjam, E., 2014. Description of some plant parasitic nematodes from fruit orchards of West Azerbayjan, Iran. **Journal of Crop Protection, 3** (3): 397-411.

62. Gil, D., Cardoso, J., Abrantes, I., Esteves, I., 2021. *Pratylenchus penetrans* Parasitizing Potato Crops: Morphometric and Genetic Variability of Portuguese Isolates. **Plants, 10**(3): 603.

63. Gözel, U., Yildiz, V., 2017. Ödemiş (izmir) ilçesi sert ve yumuşak çekirdekli meyve fidanlıklarında bulunan bitki paraziti nematod faunası. **Türkiye Entomoloji Bülteni, 5** (4):185-194.

64. Gray, M., Lopez-Nicora, H., Mekete, T., Niblack, T., Reynolds, K., 2011. Distribution and diversity of root-lession nematode (*Pratylenchus* spp.) associated with *Miscanthus giganteus* and *Panicum virgatum* used for biofuels, and species identification in a multiplex polymerase chain reaction. **Nematology, 13**(6): 673-686.

65. Handoo, Z. A., Golden, A. M., 1989. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (lesion nematodes). **Journal of Nematology, 21** (2):202.

66. Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., Dewaard, J. R., 2003a. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270**(1512): 313-321.

67. Hebert, P. D., Ratnasingham, S., De Waard, J. R., 2003b. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270**(1): S96-S99.

68. Hernández-Dorrego, A., Pinochet, J., Calvet, C., 1999. Growth response of peach and plum rootstocks infected with *Pratylenchus vulnus* in microplots. **Journal of nematology, 31**(4S): 656.

69. Holterman, M., van der Wurff, A., van den Elsen, S., van Megen, H., Bongers, T., Holovachov, O., Helder, J., 2006. Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward crown clades. **Molecular biology and evolution, 23**(9): 1792-1800.

70. Holterman, M., Karssen, G., Van Den Elsen, S., Van Megen, H., Bakker, J., Helder, J., 2009. Small subunit rDNA-based phylogeny of the Tylenchida sheds light on relationships among some high-impact plant-parasitic nematodes and the evolution of plant feeding. **Phytopathology, 99**(3): 227-235.

71. Hooper, D.J., 1986a. Extraction of free living stages from soil, pp. 130-185. *In*: Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes (Ed: J.F. Southey). Her Majesty's Stationary Office, London.

72. Hooper, D.J., 1986b. Handling, Fixing, Staining and Mounting Nematodes, pp. 105-185. *In*: Laboratory Methods For Work with Plant and Soil Nematodes (Ed: Southey, J.F Her Majesty's Stationary Office, London.

73. Huang, D., Yan, G., 2017. Specific detection of the root-lesion nematode *Pratylenchus scribneri* using conventional and real-time PCR. **Plant disease, 101**(2): 359-365.

74. Huelsenbeck, J. P., Ronquist, F., 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. **Bioinformatics, 17**(8): 754-755.

75. Ibrahim, S. K., Ibrahim Azar, C. N., Akikki, B., Ibrahim, L., 2016. Plant-parasitic nematodes on stone fruits and citrus in Lebanon. **Lebanese Science Journal, 17**(1): 10.

76. İmren, M., 2007. Diyarbakır İli Buğday, Sebze ve Bağ Alanlarında Önemli Bitki Paraziti Nematod Türlerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 116 s.

77. Imren, M., Toktay, H., Özarslandan, A., Nicol, J. M., Elekcioğlu, İ. H., 2012. Determination of the cereal cyst nematode species, *Heterodera avenae* group in cereal fields of South East Anatolia. **Turkish Journal of Entomology, 36**(2): 265-276.

78. Imren, M., Ciftci, 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.

79. IPARC, G. M., 2019. The UK Pesticide Guide 2019. **Outlooks on Pest Management, 30**(1): 42-42.

80. Islam, S., Khan, A.,Bilqees, F. M., 1996. Survey of stylet-bearing nematodes associated with apple (*Malus pumila* mill.) in swat district, NWFP, Pakistan. **Proceedings of Parasitology, (21)**: 1-9.

81. Mustafa, İ., Özer, G., Paulitz, T., Morgounov, A., Dababat, A. A., 2021. Plant-parasitic nematode associated with wheat in central, eastern, and south-eastern Kazakhstan. **Plant Disease**, (ja).

82. Mai, W. F., Abawi, G. S., 1978. Determining the cause and extent of apple, cherry, and pear replant diseases under controlled conditions. **Phytopathology, 68**(11): 1540-1544.

83. Jaffee, B. A., Mai, W. F., 1979a. Growth reduction of apple seedlings by *Pratylenchus penetrans* as influenced by seedling and age at inoculation. **Journal of Nematology, 11**(2): 163-165.

84. Jaffee, B. A., Mai, W. F., 1979b. Effect of soil Water potantial on growth of apple trees infected with *Pratylenchus penetrans*. **Journal of Nematology, 11** (2): 165-168.

85. Jaffee, B. A., Abawi, G. S., Mai, W. F., 1982. Role of soil microflora and *Pratylenchus penetrans* in an apple replant disease. **Phytopathology, 72**(2): 247-251.

86. Janssen, T., Karssen, G., Couvreur, M., Waeyenberge, L., Bert, W., 2017a. The pitfalls of molecular species identification: a case study within the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae). **Nematology, 19**(10): 1179-1199.

87. Janssen, T., Karssen, G., Orlando, V., Subbotin, S. A., Bert, W., 2017b. Molecular characterization and species delimiting of plant-parasitic nematodes of the genus *Pratylenchus* from the penetrans group (Nematoda: Pratylenchidae). **Molecular phylogenetics and evolution, 117**: 30-48.

88. Javed, N., Khan, S. A., Ullah, Z., Khan, H. U., 2012. Estimation of prevalence and population densities of plant parasitic nematodes associated with twelve fruit trees in Pakistan. **Pakistan Journal of Phytopathology, 24**(1): 63-68.

89. Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Michael, G.K., Jones, T.K., Rosa Manzanilla-Lopez, Juan, E., Palomares-Rius, Wim, M.L.W., Perry, R. N., 2013. Top 10 plant parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular plant pathology, 14** (9): 946-961.

90. Jones, M. G. K., Fosu-Nyarko, J., 2014. Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. **Annals of Applied Biology, 164**: 163–181.

91. Karakaş, U. S., Peçen, A., Kepenekçi, İ., Çetintaş, R., 2021. Determination of Plant Parasitic Nematode Species of Tylenchida (Nematoda) in Apple (*Pyrus malus* L.) and Walnut (*Juglans regia* L.) Orchards in Bingöl Province of Turkey. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24**(3): 554-560.

92. Kasapoğlu, E. B., Imren, M., Elekcioğlu, İ. H., 2014. Plant Parasitic Nematode Species Found On Important Cultivated Plants In Adana. **Türkiye Entomoloji Dergisi, 38** (3):333-350.

93. Kepenekci, I., M. E. Okten, 1999. Taxonomic investigations on the species of Tylenchida (Nematode) in the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) fields in rotation with carrot (*Daucus carota* L.) in Beypazari (Ankara) district, pp. 965-968. *3. Turkish National Horticulture Congress in Turkey*, September 14-17, 1999, Ankara University, 968 s.

94. Kepenekçi, İ., Öztürk, G., 1999. New species nematoda fauna of the Türkiye belonging to Scutylenchus (Dolichodoroidea: Tylenchida) genus. **Bitki Koruma Bülteni, 39**(1).

95. Kepenekci, İ., 2001a. Plant Parasitic Nematodes of Tylenchida (Nematoda) Associated with Walnut (*Juglans regia* L.) and Chestnut (*Castanea sativa* Miller) Orchards in The Black Sea Region. **Journal of Agricultural Sciences, 7**: 101-105.

96. Kepenekci, İ., 2001b. Plant Parasitic Nematodes of Tylenchida (Nematoda) Associated with Stone Fruits (Apricots and Peaches) In Southern Turkey. **Pakistan Journal of Nematology, 19**(1/2): 49-61.

97. Kepenekci, I., 2002. A survey of Tylenchida (Nematoda) found in hazelnut (*Corylus* sp.) orchards in the west Black Sea region of Turkey. **Nematropica, 32**: 1.

98. Kepenekçi, I., Zeki, C., 2002. Nematodes of Tylenchida (Nematoda) Associated. **Pakistan Journal of Nematology, 20**(1): 61-63.

99. Kepenekci, İ., 2012. Nematoloji. Eğitim Yayım ve Yayımlar Dairesi Başkanlığı Tarım Bilim Serisi Yayını No:3, Ankara, 1155 pp.

100. Khan, A., Shaukat, S. S., Khatoon, N., 2013. Phytonematodes associated with peach (*Prunus persica* L.) seedlings in Balochistan, Pakistan. **Pakistan Journal of Nematology, 31**(2).

101. Khan, Z., Tahseen, Q., Gawade, B., Mahboob, M., Parakh, D., Dubey, S., 2016. Interception and Salvaging of Root-Lesion Nematode (*Pratylenchus penetrans*) In Apple (*Malus domestica*) Saplings. **Indian Phytopathology, 69**(4s): 419-423.

102. Kılıç, M., 2011. Mardin İli Buğday Ekiliş Alanlarında Bulunan Bitki Paraziti Nematod Türleri Üzerinde Taksonomik Araştırmalar. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Urfa, 80 s.

103. Kızıltan, M. F., Yıldırım, A. N., Söğüt, M. A., 2016. The Determination of Nematode Tolerance And Seedling Performance of The Selected Almond (*Prunus amygdalus* L.) Genotypes In Isparta Province. **Erwerbs-Obstbau, 58**(4): 233-239.

104. Kim, D., Chun, J. Y., 2014. Identification of root-lesion nematode (Pratylenchidae: *Pratylenchus*) intercepted on imported plants. **Korean journal of applied entomology, 53**(1): 51-57.

105. Kimpinski, J., 1982. The effect of nematicides on *Pratylenchus penetrans* and potato yields. **American Potato Journal, 59**(7): 327-335.

106. Kimpinski, J., McRae, K. B., 1988. Relationship of yield and *Pratylenchus* spp. population densities in Superior and Russet Burbank potato. **Journal of nematology, 20** (2): 34.

107. Knoetze, R., van den Berg, E., Girgan, C., van der Walt, L., 2019. First Report of the Root Lesion Nematode, *Pratylenchus hippeastri*, on Apple in South Africa**. Journal of Plant Diseases and Protection, 126**(6): 607-609.

108. Kress, W. J., Erickson, D. L., 2008. DNA barcodes: genes, genomics, and bioinformatics. **Proceedings of the National Academy of Sciences, 105**(8): 2761-2762.

109. Kumari, S., 2015. Characterization of *Pratylenchus crenatus* and *P. neglectus* (Nematoda: Pratylenchidae) associated with wheat crop. **Helminthologia, 52** (3): 280.

110. Lasserre, F., Rivoal, R., Cook, R., 1994. Interactions Between *Heterodera avenae* and *Pratylenchus neglectus* on Wheat. **Journal of Nematology 26**: 336- 344.

111. Leinfelder, M. M., Merwin, I. A., 2006. Rootstock selection, preplant soil treatments, and tree planting positions as factors in managing apple replant disease. **HortScience, 41**(2): 394-401.

112. Lišková, M., Sasanelli, N., D'Addabbo, T., 2007. Some notes on the occurrence of plant parasitic nematodes on fruit trees in Slovakia. **Plant Protection Science, 43**(1): 26-32.

113. Luc, M., 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 7. The family Pratylenchidae Thorne, 1949. **Revue de Nématologie, 10**(2): 203-218.

114. Loof, P. A., 1960. Taxonomic studies on the genus *Pratylenchus* (Nematoda). **Tijdschrift over Plantenziekten, 66**(2): 29-90.

115. Loof, P. A., 1991. The family Pratylenchidae. **Manual of agricultural nematology**, 363-421.

116. Lopes, E. A., Roberts, D. M., Blok, V. C., 2019. Variable ITS-copy number at different developmental stages of *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi*. **European Journal of Plant Pathology, 154**(3): 843-848.

117. Mahran, A., Tenuta, M., Shinners-Carenelly, T., Mundo-Ocampo, M., Daayf, F., 2010. Prevalence and species identification of *Pratylenchus* spp. in Manitoba potato fields and host suitability of 'Russet Burbank'. **Canadian journal of plant pathology, 32**(2): 272-282.

118. Mai, W.F., Abawi, G.S., 1981.Controlling replant disease of stone fruits in northeastern United States by preplant fumigation. **Plant Disease, 65**: 859-864.

119. Mant, A., Hinai S., 1996. Population dynamics and control of plant parasitic nematodes on Banana in the Sultanate of Oman. **Nematologia Mediterranea, 24**: 295-299.

120. Manzanilla López, R. H., Marbán Mendoza, N., 2012. Practical Plant Nematology. Colegio de Postgraduados, Mexico, 883 pp.

121. Mamiya, Y., 1971. Effect of temperature on the life cycle of *Pratylenchus penetrans* on *Cryptomeria* seedlings and observations on its reproduction. **Nematologica, 17**: 82-89.

122. McKeand, J. B., 1999. Molecular diagnosis of parasitic nematodes. **Parasitology, 117** (7): 87-96.

123. Melakeberhan, H., Webster, J. M., Rutherford, T. A., 1992. Influence of temperature on reproduction of *Bursaphelenchus xylophilus* and *Pinus sylvestris* mortality. **Nematologica, 38(1-4)**: 80-87.

124. Melakeberhan, H., Bird, G. W., Perry, R., 1994. Plant-parasitic nematodes associated with cherry rootstocks in Michigan. **Journal of nematology, 26**(4S): 767.

125. Min, Y. Y., 2007. Detection of the root-lesion nematode, *Pratylenchus penetrans* (Cobb), in a nematode community using real-time PCR. **日本線虫学会誌, 37**(2): 87-92.

126. Min, Y. Y., 2010. Quantitative detection of *Pratylenchus penetrans* from soil by using soil compaction and real-time PCR. **日本線虫学会誌 40**(1): 1-6.

127. Min, Y. Y., Goto, K., Toyota, K., Sato, E., 2011. A multiplex real-time PCR assay for the simultaneous quantification of the major plant-parasitic nematodes in Japan. **Nematology, 13**(6): 713-720.

128. Mizukubo, T., Minagawa, N.,1991. Morphometric Differentiation of *Pratylenchus neglectus* (Rensch, 1924) and *P. gotohi* N. sp. (Nematoda: Pratylenchidae). **Japanese Journal of Nematology, 21**: 26-42.

129. Mizukubo, T., Adachi, H., 1997. Effect of temperature on *Pratylenchus penetrans* development. **Journal of Nematology, 29**(3): 306.

130. Moody, E. H., Lownsbery, B. F., Ahmed, J. M., 1973. Culture of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* on carrot disks. **Journal of Nematology, 5**(3): 225.

131. Mokrini, F., Waeyenberge, L., Viaene, N., Andaloussi, F. A., Moens, M., 2013. Quantitative detection of the root-lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*, using qPCR. **European Journal of Plant Pathology, 137**(2): 403-413.

132. Mokrini, F., Waeyenberge, L., Viaene, N., Andaloussi, F. A., Moens, M., 2014. The β-1, 4-endoglucanase gene is suitable for the molecular quantification of the root-lesion nematode, *Pratylenchus thornei*. **Nematology, 16**(7): 789-796.

133. Momota, Y., Kushida, A., Mizukubo, T., Uehara, T. 1998. Identification of *Pratylenchus coffeae* and *P. loosi* using specific primers for PCR amplification of ribosomal DNA. **Nematologica, 44**(4): 357-368.

134. Nickle, W. R., 1991. Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York, 1025 pp.

135. Nico, A. I., Rapoport, H. F., Jiménez-Díaz, R. M., Castillo, P., 2002. Incidence and population density of plant-parasitic nematodes associated with olive planting stocks at nurseries in southern Spain. **Plant Disease, 86**(10): 1075-1079.

136. Niblack, T. L., 1992. *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Helicotylenchus*, and other nematodes on soybean in Missouri. **Journal of nematology, 24**(4S): 738.

137. Nyczepir, A. P., Halbrendt, J.M., 1993. Nematode pests of deciduous fruit and nut trees, pp. 380-450. *In*: Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture (Eds: K.R. Evans, D.L. Trudgill, J.M. Webster). CAB International, Oxon.

138. Nyczepir, A. P., Becker, J. O., 1998. Fruit and citrus trees, pp. 637-684. *In*: Plant and Nematode Interactions (Eds: K.R. Barker, G.A. Pederson, G.L. Windham, J.M. Bartels). American society of agronomy, Madison, Wisconsin.

139. Nyczepir, A. P., Pinochet, J., 2001. Assessment of Guardian peach rootstock for resistance to two isolates of *Pratylenchus vulnus*. **Journal of nematology, 33**(4S): 302.

140. O'Bannon, J. H., Tomerlin, A. T., 1973. Citrus tree decline caused by *Pratylenchus coffeae*. **Journal of nematology, 5**(4): 311.

141. Olthof, T. H., McGarvey, B. D., Chiba, M., 1985. Oxamyl in the control of *Pratylenchus penetrans* on potatoes. **Canadian Journal of Plant Pathology, 7**(2): 155-160.

142. Olthof, T. H., 1986. Reaction of six *Solanum tuberosum* cultivars to *Pratylenchus penetrans*. **Journal of Nematology, 18**(1): 54.

143. Olthof, T. H., 1987. Effects of fumigants and systemic pesticides on Pratylenchus penetrans and potato yield. **Journal of Nematology, 19**(4): 424.

144. Olthof, T. H., 1989. Effects of fumigant and nonfumigant nematicides on *Pratylenchus penetrans* and yield of potato. **Journal of nematology, 21**(4S): 645.

145. Oliveira, C. M., Blok, V., Neilson, R., Mroz, T., Roberts, D., 2017. Hydrolysis probe-based PCR for detection of *Pratylenchus crenatus*, *P. neglectus* and *P. penetrans*. **Nematology, 19**(1): 81-91.

146. Oliveira, C.M.G., Santos, M.A., Castro, L.H.S., 2019. Diagnose De Fitonematoides. Millennium, Campinas, 368 pp.

147. Orlando, V., Grove, I. G., Edwards, S. G., Prior, T., Roberts, D., Neilson, R., Back, M., 2020. Root-lesion nematodes of potato: current status of diagnostics, pathogenicity and management. **Plant Pathology, 69** (3): 405-417.

148. Osmanoğlu, A. N., 2005. Diyarbakır İli Kavun (*Cucumus melo* L) ve Karpuz (*Citrullus lunatus* (Thunb.) Mansf.) Ekiliş Alanlarında Tylenchida (Nematoda) Türleri Üzerine Taksonomik Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 216 s.

149. Özbek, S., 1978. Özel meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 128: 392-483.

150. Özdemir, F. G. G., Yaşar, B., Elekcioğlu, 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.

151. Öztürk, G. 1990. Konya, Karaman ve Nevflehir illeri Soğan (*Allium cepa* L.) Ekiliş Alanlarinda Bulunan Tylenchida Takımına ait Bitki Paraziti Nematod Türleri Üzerinde Taksonomik Araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 225s.

152. Palomares-Rius, J., Castillo, P., Liébanas, G., Vovlas, N., Landa, B. B., Navas-Cortés, J. A., Subbotin, S. A., 2010. Description of *Pratylenchus hispaniensis* n. sp. from Spain and considerations on the phylogenetic relationship among selected genera in the family Pratylenchidae. **Nematology, 12**(3): 429-451.

153. Peetz, A. B., Zasada, I. A., 2016. Species-specific diagnostics using a β-1, 4-endoglucanase gene for *Pratylenchus* spp. occurring in the Pacific Northwest of North America. **Nematology, 18** (10): 1219-1229.

154. Pinochet, J., Verdejo, S., Soler, A., Canals, J., 1992. Host range of a population of *Pratylenchus vulnus* in commercial fruit, nut, citrus, and grape rootstocks in Spain. **Journal of Nematology, 24** (4S): 693.

155. Pinochet, J., Camprubi, A., Calvet, C., 1993. Effects of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal fungus Glomus mosseae on the growth of EMLA-26 apple rootstock. **Mycorrhiza, 4**(2): 79-83.

156. Pinochet, P., Cenis, J. L., Fernandez, C., Doucet, M., Maruli, J., 1994. Reproductive fitness and random amplified polymorphic DNA variation among isolates of *Pratylenchus vulnus*. **Journal of Nematology, 26**(3): 271.

157. Pinochet, J., Fernandez, C., Esmenjaud, D., Doucet, M., 1993. Effects of six *Pratylenchus vulnus* isolates on the growth of peach-almond hybrid and apple rootstocks. **Journal of Nematology, 25** (4S): 843.

158. Pinochet, J., Agles, M., Dalmau, E., Fernandez, C., Felipe, A., 1996. *Prunus* rootstock evaluation to root-knot and lesion nematodes in Spain. **Journal of Nematology, 28** (4S): 616.

159. Potter, M. J., Vanstone, V. A., Davies, K. A., Kirkegaard, J. A., Rathjen, A. J., 1999. Reduced susceptibility of *Brassica napus* to *Pratylenchus neglectus* in plants with elevated root levels of 2-phenylethyl glucosinolate. **Journal of Nematology, 31** (3):291.

160. Powers, T., 2004. Nematode molecular diagnostics: from bands to barcodes. **Annual Review of Phytopathology, 42**: 367-383.

161. Rivoal, R., Cook, R., 1993. Plant parasitic nematodes in temperate agriculture, pp. 259-303. *In*: Nematode pests of cereals (Eds:K. Evans, D. L. Trudgill, J. M. Webster) CAB International, Wallingford.

162. Roberts, D., Oliveira, C.M.G., Neilson, R., Blok, V., 2016. Molecular diagnostics of plant-parasitic nematodes, pp. 281-324. *In*: Diagnose de fitonematoides (Eds: C.M.G. Oliveira, M.A. Santos, L.H.S. Castro). Millenium, Campinas.

163. Roman, J., Hirschmann, H., 1969. Morphology and morphometrics of six species of *Pratylenchus*. **Journal of Nematology, 1** (4): 363.

164. Ryss, A. Y., 2002. Genus *Pratylenchus* Filipjev: multientry and monoentry keys and diagnostic relationships (Nematoda: Tylenchida: Pratylenchidae). **Zoosystematica Rossica, 10**: 241-255.

165. Saeed, I. A. M., MacGuidwin, A. E., Rouse, D. I., 1998. Effect of initial nematode population density on the interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Verticillium dahliae* on'Russet burbank'potato. **Journal of nematology, 30** (1): 100.

166. Saeki, Y., Kawano, E., Yamashita, C., Akao, S., Nagatomo, Y., 2003. Detection of plant parasitic nematodes, *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus coffeae* by multiplex PCR using specific primers. **Soil Science and Plant Nutrition, 49** (2): 291-295.

167. Saltukoglu, M. E., Geraert, E., Coomans, A., 1976. Some Tylenchida from the Istambul-Area (Turkey). **Nematologia mediterranea, 4** (2): 139-153.

168. Samac, D. A., Smigocki, A. C., 2003. Expression of oryzacystatin I and II in alfalfa increases resistance to the root-lesion nematode. **Phytopathology, 93** (7): 799-804.

169. Santo, G. S., Wilson, J. H., 1990. Effect of fenamiphos on *Pratylenchus penetrans* and growth of apple. **Supplement to the Journal of Nematology, 22** (4): 779–782.

170. Sharma, G. C., Sen, S., 2015. Status of plant parasitic nematodes in apple orchards of Himachal Pradesh. **International Journal of Farm Sciences, 5** (3): 171-178.

171. Sher, S. A., Allen, M. W., 1953. Revision of the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Tylenchidae). **University of California publications in zoology, 57** (6): 441-470.

172. Sheedy, J. G., Smiley, R. W., Easley, S. A., Thompson, A. L., 2008. Resistance of Pacific Northwest spring wheat and barley cultivars to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*). **Plant Disease Management Reports, 2**: N007.

173. Shokoohi, E., Abolafia, J., Mashela, P. W., Divslar, N., 2019. New data on known species of *Hirschmanniella* and *Pratylenchus* (Rhabditida, Pratylenchidae) from Iran and South Africa. **Journal of Nematology, 51**: 41.

174. Siddiqi, M. R., 1973. Systematics of the genus *Trichodorus* Cobb, 1913 (Nematoda: Dorylaimida), with descriptions of three new species. **Nematologica, 19**(3): 259-278.

175. Siddiqi, M. R., 2000. Tylenchida: Parasites of Plants and Insects. CABI, Oxon, 805 pp.

176. Singh, N., Sharma, D. P., Kumari, S., 2018. Nematodes and Biological Activity Status of Declining Apple Orchards in Shimla and Sirmaur Districts of Himanchal Pradesh-A Survey. **Indian Journal of Nematology, 48**(1): 73-76.

177. Sögüt, M. A., Devran, Z., 2011. Distribution and Molecular Identification of Root Lesion Nematodes in Temperate Fruit Orchards of Turkey. **Nematropica, 41**(1): 91-99.

178. Söğüt, M. A., Devran, Z., Arıcı, Ş. E., Şan, B., Yıldırım, A. N., 2013.Host Reactions of Root Lesion Nematodes (*Pratylenchus* Spp.) on The Rootstocks of Pome and Stone Fruits. **Türkiye Entomoloji Dergisi, 37**(2): 239-248.

179. Stirling, G. R., 2014. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Soil Ecosystem Management In Sustainable Agriculture. CABI., Wallingford, 501 pp.

180. Sturz, A. V., Kimpinski, J., 2004. Endoroot bacteria derived from marigolds (*Tagetes* spp.) can decrease soil population densities of root-lesion nematodes in the potato root zone. **Plant and Soil, 262** (1-2): 241-249.

181. Subbotin, S. A., Madani, M., Krall, E., Sturhan, D., Moens, M., 2005. Molecular diagnostics, taxonomy, and phylogeny of the stem nematode Ditylenchus dipsaci species complex based on the sequences of the internal transcribed spacer-rDNA. **Phytopathology, 95**(11): 1308-1315.

182. Subbotin, S. A., Sturhan, D., Chizhov, V. N., Vovlas, N., Baldwin, J. G., 2006. Phylogenetic analysis of Tylenchida Thorne, 1949 as inferred from D2 and D3 expansion fragments of the 28S rRNA gene sequences. **Nematology, 8** (3): 455–474.

183. Subbotin, S. A., Ragsdale, E. J., Mullens, T., Roberts, P. A., Mundo-Ocampo, M., Baldwin, J. G., 2008. A phylogenetic framework for root lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* (Nematoda): Evidence from 18S and D2–D3 expansion segments of 28S ribosomal RNA genes and morphological characters. **Molecular phylogenetics and evolution, 48** (2): 491-505.

184. Subbotin, S. A., Mundo-Ocampo, M., Baldwin, J., 2010. Description and Diagnosis of *Heterodera* Species, 35-449. *In*: Systematics of Cyst Nematodes (Nematoda: Heteroderinae) (Eds. S. A. Subbotin, M. Mundo-Ocampo, J. Baldwin, D.J. Hunt, R.N. Perry) Part B (pp. 35-449). Brill, Boston.

185. Szczygiel, A., A. L. Zepp, 1998. An occurrence and importance of apple replant disease in Polish orchards, pp. 99-102. *IV International Symposium on Replant Problems*, 1 November, 1998, Budapest, Hungary, ISHS Acta Horticulturae, 477 pp.

186. Taheri, A., Hollamby, G. J., Vanstone, V. A., 1994. Interaction Between Root Lesion Nematode, *Pratylenchus neglectus* (Rensch 1924) Chitwood and Oteifa 1952, and Root Rotting Fungi of Wheat. **Journal of Crop and Horticultural Science, 22** :181-185.

187. Tarjan, A. C., Frederick, J. J., 1978. Intraspecific morphological variation among populations of *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae*. **Journal of Nematology, 10**(2): 152.

188. Tarte, R., Mai, W. F., 1976. Morphological variation in *Pratylenchus penetrans*. **Journal of Nematology, 8** (3): 185.

189. Thompson, J. P., Owen, K. J., Stirling, G. R., Bell, M. J., 2008. Root-lesion nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*): a review of recent progress in managing a significant pest of grain crops in northern Australia. **Australasian Plant Pathology, 37**(3): 235-242.

190. Timper, P., Brodie, B. B., 1993. Infection of *Pratylenchus penetrans* by nematode-pathogenic fungi. **Journal of nematology, 25** (2): 297.

191. Timper, P., Brodie, B. B., 1994. Effect of *Hirsutella rhossiliensis* on infection of potato by *Pratylenchus penetrans*. **Journal of nematology, 26**(3): 304.

192. Todd, T. C., Oakley, T. R., 1996. Seasonal dynamics and yield relationships of *Pratylenchus* spp. in corn roots. **Journal of nematology, 28** (4S): 676.

193. Tunçdemir, Ü., 1983. Investigations on the Control Possibilities of Stem Nematode *Ditylenchus dipsaci* Kühn.) Causing Damage to Hemps in the Black Sea Region. **Bitki Koruma Bülteni, 27**(3).

194. Turner, D. R., Chapman, R. A., 1972. Infection of seedlings of alfalfa and red clover by concomitant populations of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus penetrans*. **Journal of Nematology, 4** (4): 280.

195. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2020. İllere göre elma elanı. (Web sayfası: **https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr**), (Erişim tarihi: Kasım 2019).

196. Tülek, A., Kepenekçi, İ., Çobanoğlu, S., Hekimhan, H., Devran, Z., Melik, B., Elekcioğlu, İ.H., 2009. A new multiplication method of rice white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi* Christie, Aphelenchida: Aphelenchoidiae), on carrot discs. **Russian Journal of Nematology, 17: 135**–136.

197. Troccoli, A., De Luca, F., Handoo, Z. A., Di Vito, M., 2008. Morphological and molecular characterization of *Pratylenchus lentis* n. sp.(Nematoda: Pratylenchidae) from Sicily. **Journal of Nematology, 40** (3): 190.

198. Troccoli, A., Subbotin, S. A., Chitambar, J. J., Janssen, T., Waeyenberge, L., Stanley, J. D., Inserra, R. N., 2016. Characterisation of amphimictic and parthenogenetic populations of *Pratylenchus bolivianus* Corbett, 1983 (Nematoda: Pratylenchidae) and their phylogenetic relationships with closely related species. **Nematology, 18**(6): 651-678.

199. Tsolova, E., Koleva, L., 2015. Ecological characteristics of plant parasitic nematodes in conventional and organic production of raspberries. **Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 18** (4): 727-739.

200. Uludamar, E. B. K., Yıldız, Ş., Imren, M., Atilla, Ö., Elekçioğlu, İ. H., 2018. Occurrence of plant parasitic nematode species in important crops in the Southeast Anatolia Region of Turkey. **Turkish Journal of Entomology, 42** (1): 63-74.

201. Uehara, T., Mizukubo, T., Kushida, A., Momota, Y., 1998. Identification of *Pratylenchus penetrans* (Cobb) by PCR using ITSbased species-specific primers. **Japanese Journal of Nematology, 28** :1–7.

202. Utkhede, R. S., Smith, E. M., Palmer, R., 1992. Effect of Root Fungi and Root-Lesion Nematodes on The Growth of Young Apple Trees Grown in Apple Replant Disease Soil. **Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzen Schutz, 99** (4): 414-419.

203. Van Bezooijen, J., 2006. Methods And Techniques For Nematology. Wageningen University, Wageningen, 108 pp.

204. Vrain, T.C., Rousselle, G. L., 1980. Distribution of plant-parasitic nematodes in Quebec apple orchards. **Plant disease, 64** (6): 582-83.

205. Waeyenberge, L., Moens, M., Viaene, N., 2009. Species-specific duplex PCR for the detection of *Pratylenchus penetrans*. **Nematology, 11** (6): 847-857.

206. Wallace, M. K., MacDonald, D. H., 1979. Plant-parasitic nematodes in Minnesota apple orchards. **Plant Disease Reporter, 63** (12): 1063-1067.

207. Wang, K. H., Hooks, C. R., 2009. Plant-parasitic nematodes and their associated natural enemies within banana (*Musa* spp.) plantings in Hawaii. **Nematropica, 39** (1): 57-74.

208. Wang, J., Wei, Y., Gu, J., Zhang, R., Huang, G., Wang, X., Sun, J., 2012. Phylogenetic analysis of *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae) based on ribosomal internal transcribed spacers (ITS) and D2-D3 expansion segments of 28S rRNA gene. **Acta Zootaxonomica Sinica/Dongwu Fenlei Xuebao, 37**(4): 687-693.

209. Wang, H., Zhuo, K., Liao, J., 2016. Morphological and molecular characterization of Pratylenchus hippeastri, a new record of root-lesion nematode associated with apple in China. **Pakistan Journal of Zoology, 48** (3).

210. Whish, J. P. M., Thompson, J. P., Clewett, T. G., J. L., Lawrence, J. W., 2014. *Pratyelnchus thornei* Populations Reduce Water Uptake In Intolerant Wheat Cultivars. **Field Crops Research, 161**: 1-10.

211. Yan, G., Smiley, R. W., Okubara, P. A., Skantar, A., Easley, S. A., Sheedy, J. G., Thompson, A. L., 2008. Detection and discrimination of *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei* in DNA extracts from soil. **Plant Disease, 92** (11): 1480-1487.

212. Yan, G., Smiley, R. W., Okubara, P. A., 2012. Detection and quantification of *Pratylenchus thornei* in DNA extracted from soil using real-time PCR. **Phytopathology, 102**(1): 14-22.

213. Yavuzaslanoglu, E., Elekcioglu, H. I., Nicol, J. M., Yorgancilar, O., Hodson, D., Yildirim, A. F., Bolat, N., 2012. Distribution, frequency and occurrence of cereal nematodes on the Central Anatolian Plateau in Turkey and their relationship with soil physicochemical properties. **Nematology, 14**(7): 839-854.

214. Yavuzaslanoglu, E., Sonmezoglu, O. A., Genc, N., Akar, Z. M., Ocal, A., Karaca, M. S., Aydogdu, M., 2019. Occurrence and abundance of nematodes on onion in Turkey and their relationship with soil physicochemical properties. **Nematology, 21**(10): 1063-1079.

215. Yiğit, U., 2018. Karadeniz Bölgesinde Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Bitkilerinde Zararlı Olarak Tespit Edilen Endoparazit Nematodların Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonlarının Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 96 s.

216. Yildiz, Ş., Imren, M., Duman, N., 2017. Nematode biodiversity in cereal growing areas of Bolu, Turkey. **Türkiye Entomoloji Dergisi, 41** (2): 159-168.

217. Yu, Q., 1997. First report of *Pratylenchus thornei* from spring wheat in southern Ontario. **Canadian Journal of Plant Pathology, 19**(3): 289-292.

218. Yujin, H., Heng, Z., Shouhua, W., 1998. Study on the Pathogenesis of *Trichodorus nanjingensis* to *Mains baccata*. **Journal of Fruit Science**, 1.

219. Yüksel, H., 1974. Kök ur nematodlarının (*Meloidogyne* spp.) Türkiye'deki durumu ve bunların popülasyon problemleri üzerine düşünceler. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5** (1): 83-105.

220. Zirakparvar, M. E., 1980. Host range of *Pratylenchus hexincisus* and its pathogenicity on corn, soybean, and tomato. **Phytopathology, 70** (8): 749-753.

221. Zunke, U., 1990. Ectoparasitic Feeding Behaviour of The Root Lesion Nematode, *Pratylenchus penetrans*, on Root Hairs of Different Host Plants. **Revue De Nématologie, 3** :331-337.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Ebubekir YÜKSEL

Uyruğu: Türkiye (T.C.)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Bitki Koruma	2017
Lisans	Ankara Üniversitesi, Bitki Koruma	2012
Ön Lisans	Muğla Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksek Okulu	2008
Lise	Mimar Sinan Lisesi, Ankara	2005

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014-Halen	Erciyes Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2012-2014	Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT)	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Özdemir, E., İnak, E., Evlice, E., Yüksel, E., Delialioğlu, R. A., Susurluk, I. A., 2021. Effects of insecticides and synergistic chemicals on the efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) against *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Crop Protection, 144**: 105605.
2. Öğretmen, A., Yüksel, E., Canhilal, R., 2020. Susceptibility of larvae of wireworms (*Agriotes* spp.) (Coleoptera: Elateridae) to some Turkish isolates of entomopathogenic nematodes under laboratory and field conditions. **Biological Control, 149**: 104320.
3. Atmaca, S., Yüksel, E., Canhilal, R., 2020. Evaluation of Turkish Isolates of Entomopathogenic Fungi Against the Adults of *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). **Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6**(3): 444-452.
4. Akpınar, F., Yüksel, E., Canhilal, R., 2020. Potential of Local Entomopathogenic Nematode Isolates to Control the Adults of the Scarab Beetle, *Epicometis hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6**(3): 461-468.
5. Canhilal, R., Yüksel, E., 2020. Laboratory evaluation of some native isolates of Steinernema feltiae (Filipjev) against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). **Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 11**(1): 35-41.
6. Yüksel, E., Canhılal, R., 2020. Effects of some commonly used biopesticides on the survival and virulence of native entomopathogenic nematode isolates. **Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 11**(1): 35-41.
7. Canhilal, R., Yüksel, E., Ulger, İ., 2020. Böceklerin Hayvan Yemi Olarak Kullanım Olanakları. **Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 3**(1): 42-46.
8. Yuksel, E., Canhilal, R., Imren, M., 2019. Potential of four Turkish isolates of entomopathogenic nematodes against three major stored products insect pests. **Journal of Stored Products Research, 83**: 317-321.

9. Yüksel, E., Canhilal, R., İmren, M., 2019. Azadirachtin ve Spinosadın Bazı Yerel Entomoapatojen Nematod İzolatlarının Canlılığı ve Virülensliği Üzerine Etkileri. **Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 5(**2): 280-285.

10. Yuksel, E., Canhilal, R., 2019. Isolation, identification, and pathogenicity of entomopathogenic nematodes occurring in Cappadocia Region, Central Turkey. **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29**(1): 1-7.

11. Çolak, E. Ş., Yüksel, E., Canhilal, R., 2019. Yabancı otların kontrolünde biyolojik mücadele. **Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 2(**3): 23-29.

12. Yuksel, E., Canhilal, R., 2018. Evaluation of local isolates of entomopathogenic nematodes for the management of black cutworm, *Agrotis ipsilon* Hufnagel (Lepidoptera: Noctuidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28**(1): 1-7.

13. Yüksel, E., Canhilal, R., 2018. A survey of public opinion about entomophagy in Erciyes University. **Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 4(**2): 203-208.

14. Yuksel, E., Taskesen, Y. E., Erarslan, D., Canhilal, R. (2018). Effectiveness of different entomopathogenic nematode species against the variegated cutworm, *Peridroma saucia* (Hubner)(Lepidoptera: Noctuidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28**(1): 1-4.

15. Çolak, E. Ş., Canhilal, R., Yüksel, E., 2018. Depolanmış Ürün Zararlılarıyla Mücadelede Rezidüyel Pestisit Uygulamaları. **Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 1**(1): 8-18.

16. Canhilal, R., Waeyenberge, L., Yüksel, E., Koca, A. S., Deniz, Y., Imren, M., 2017. Assessment of the natural presence of entomopathogenic nematodes in Kayseri soils, Turkey. **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 27**(2).

17. Yüksel, E., Açıkgöz, Ç., Demirci, F., Muştu, M., 2017. Entomopatojen funguslar *Beauveria bassiana, Isaria farinosa* ve *Purpureocillium lilacinum*'un Domates Yaprak galeri Güvesi *Tuta absoluta*'nın yumurta dönemine etkileri. **Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 8**(1): 39-48.