

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Mustafa İMREN

**DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGELERİ
BUĞDAY ALANLARINDA TAHİL KİST NEMATODU
TÜRLERİNİN (*Heterodera avenae* group) BELİRLENMESİ VE BAZI
BUĞDAY GENOTİPLERİNİN *Heterodera avenae* (Wollenweber,
1924)'YE KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI**

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGELERİ BUĞDAY
ALANLARINDA TAHİL KİST NEMATODU TÜRLERİNİN (*Heterodera
avenae* group) BELİRLENMESİ VE BAZI BUĞDAY GENOTİPLERİNİN
Heterodera avenae (Wollenweber, 1924)'YE KARŞI DAYANIKLILIĞININ
ARAŞTIRILMASI**

Mustafa İMREN

DOKTORA TEZİ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

Bu Tez 27/09/2013 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. İ. Halil ELEKCİOĞLU
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Hakan ÖZKAN
ÜYE

.....
Prof. Ekrem ATAKAN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr. Halil TOKTAY
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Bitki Koruma Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma, TÜBİTAK-TOVAG 110 O 632 nolu proje, CIMMYT-Ankara Ofisi ve Çukurova
Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF 2010D4-

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge,
şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve
Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGELERİ BUĞDAY ALANLARINDA TAHİL KİST NEMATODU TÜRLERİNİN (*Heterodera avenae* group) BELİRLENMESİ VE BAZI BUĞDAY GENOTİPLERİNİN *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924)'YE KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

Mustafa İMREN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. İbrahim Halil ELEKCİOĞLU
Yıl: 2013 Sayfa:105
Jüri : Prof. Dr. İbrahim Halil ELEKCİOĞLU
: Prof. Dr. Hakan ÖZKAN
: Prof. Dr. Ekrem ATAKAN
: Doç. Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ
: Yrd. Doç. Dr. Halil TOKTAY

Bu çalışmada, Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodu (*Heterodera avenae* group) türlerinin tanımlanması, tür içi ve türler arası kalıtsal benzerliklerinin araştırılması ile Tahıl kist nematodlarının yaygınlık ve yoğunluklarının tespiti amaçlanmıştır. Ayrıca, Tahıl kist nematodu, *Heterodera avenae*'nin *in vitro* koşullarda patotipinin belirlenmesi, bazı biyolojik özelliklerinin araştırılması ile bazı buğday genotiplerinin *H. avenae* karşı reaksiyonlarının tespiti ve *H. avenae*'nin tarla koşullarında farklı buğday çeşitlerinde meydana getirdiği ürün kaybının araştırılması hedeflenmiştir. Çalışma 2009-2013 yılları arasında laboratuvar ve arazi çalışmaları olarak yürütülmüştür. Çalışma sonucunda Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarının % 52'sinin Tahıl kist nematodu ile bulaşık olduğu, en yaygın türün % 51 ile *H. avenae* olduğu, bunu sırasıyla % 40 ile *H. latipons* ve % 9 ile *H. filipjevi*'nin takip ettiği ortaya konmuştur. Tahıl kist nematodu popülasyonları arasında değişik tekrar oranlarında tür içi ve türler arası genotipik farklılıklar olduğu ve *H. avenae*'nin Doğu Akdeniz Bölgesi patotipinin "Ha1 patotip" grubuna bağlı "Ha21" olduğu saptanmıştır. *H. avenae*'nin üremesi için kumlu toprak tipinin uygun olduğu, nematodun bitkiye dikimle birlikte 2,5 adet ikinci dönem larva/g toprak yoğunluğunda inoküle edilmesi gerektiği, *H. avenae* yumurtalarından en uygun larva çıkışının 4°C' de iki ay süreyle, ön inkübasyonda bekletilen kistlerden, 10 °C'de 191-221 gün inkübasyonunda gerçekleştiği saptanmıştır. Dayanıklılık geni, *Crel*'in *H. avenae*'ye karşı tam bir etkinliğe sahip olmadığı, yerel çeşitlerden Adana 99, Sorgül, Şırnak, Sogol Acırlı'nın ve bazı yabancı buğday türlerinin nematoda karşı orta dayanıklı olduğu saptanmıştır. Tarla koşullarında ürün kaybına yönelik olarak yapılan denemelerde, *H. avenae* kaynaklı ortalama ürün kaybının çeşitlere göre % 4.36-% 25,7 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Tahıl kist nematodu, dayanıklılık, ürün kaybı

ABSTRACT

PhD THESIS

**DETERMINATION OF CEREAL CYST NEMATODES (*Heterodera avenae* group.)
ON CEREAL FIELDS IN EASTERN MEDITERRANEAN AND SOUTHEAST
ANATOLIAIAN REGIONS AND INVESTIGATION OF SOME WHEAT
GENOTYPES RESISTANCE AGANIST TO *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924)**

Mustafa İMREN

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION**

Supervisor : Prof. Dr. İbrahim Halil ELEKCİOĞLU
Year: 2013, Page:105
Jury : Prof. Dr. İbrahim Halil ELEKCİOĞLU
: Prof. Dr. Hakan ÖZKAN
: Prof. Dr. Ekrem ATAKAN
: Assoc. Prof. Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ
: Asst. Prof. Dr. Halil TOKTAY

This study was aimed to determine the identification of Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* group) species, investigation of intra and inter specific genetic similarities and determination of Cereal cyst nematode distribution and density on wheat growing area in the eastern Mediterranean and southeastern Anatolia regions. Additionally, the identification of *Heterodera avenae*' pathotype *in vitro* conditions, investigation of its some biological characters, determination of some wheat genotype reactions against to *H. avenae* and the investigation of yield losses caused by *H.avenae* on different wheat genotypes in field conditions were also aimed. The study was carried out laboratory and field conditions between the years 2009-2013. The result of the study revealed that 52% of the Eastern Mediterranean and Southeastern Anatolia regions of wheat fields were infested by Cereal cyst nematodes; the most common species was found as *H. avenae* with 51% infestation rate, and *H. latipons* and *H. filipjevi* were followed 40% and 9% infestation rate, respectively. The intra and inter genotypic differences were found among the cereal cyst nematode populations, and *H. avenae*' pathotype obtained from the eastern Mediterranean region was determined as "Ha21 pathotype" under "Ha1 group". It was also determined that sandy soil was found as the most proper soil type for *H. avenae* reproduction; the most appropriate inoculum number was 2.5 second stage juveniles/g soil on inoculation to the same planting day; the most suitable hatching condition of juveniles was found from the two months pre- incubated cysts at +4°C and then 191 to 221 days of incubation at 10 °C. Resistance gene, *Cre1*, was not show the entire effectiveness against to *H. avenae*; and from the local varieties, Adana99, Sorgül, Şırnak, Sogol Acırlı and some wild wheat forms were determined as moderately resistant. It was determined that the average yield losses caused by *H. avenae* were varied between 4.36 % and 25.7 % depending on wheat varieties in the field conditions.

Key Words: Wheat, Cereal cyst nematode, resistance, yield loss.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimi beni yönlendiren çok değerli doktora danışman hocam Prof. Dr. İbrahim Halil ELEKCİOĞLU'na, doktora yeterlilik jurimde yer alan Prof. Dr. Hakan ÖZKAN (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü), Prof. Dr. Ekrem ATAKAN'a (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü), Doç. Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü) ve Yrd. Doç Dr. Halil TOKTAY'a, (Niğde Üniversitesi Tarım bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi), katkılarından dolayı Dr. Julie M. NICOL ve Dr. A. Amer DABABAT'a (CIMMYT-Ankara), desteklerinden dolayı ve Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü), Kurum Müdürümüz Doç. Dr. Halil KÜTÜK, Entomoloji Şube Şefi Dr. Naime ELEKCİOĞLU ve Hububat Zararlıları Laboratuvar Şefi Dr. Mustafa GÜLLÜ'ye, çalışmanın moleküler kısmının tamamlanmasında yardımcı olan Dr. Nicole VIAENE, Lieven WAEYENBERGE (ILVO, Ghent-Belçika), çalışma arkadaşlarım Dr. Adem ÖZARSLANDAN, Uzman Refik BOZBUĞA ve Uzman Dilek DİNÇER, Selçuk ULUSOY (Biyolojik Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü), Araştırma görevlisi Ece Börteçine KASAPOĞLU (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü), Uzman Atilla ÖCAL (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü) ve Uzman Mehmet KILIÇ'a (Diyarbakır Zirai Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü), laboratuvar teknisyenimiz Ümit RÜZGAR'a (CIMMYT, Adana) ve Biyolojik Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü personellerinden Halil RÜZGAR, Hasan KARA, Mehmet GÜL, Ergün AVCI ve Dursun KAYA başta olmak üzere bütün mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmamın farklı aşamalarında finansal, teknik ve alt yapı olarak destek sağlayan CIMMYT, TÜBİTAK, ILVO, Ç.Ü BAP, TAGEM, COST-872 Aksiyonu ve Biyolojik Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında anlayış ve desteklerinden dolayı sevgili eşim Şaziye İMREN ve oğlum Muhammet Alperen İMREN'e sonsuz teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Tahıl Kist Nematodunun Önemi	5
2.2. Tahıl Kist Nematodunun Biyolojisi.....	7
2.3. Tahıl Kist Nematodunun Teşhisi.....	10
2.4. Tahıl Kist Nematodunun Patotipleri.....	14
2.5. Tahıl Kist Nematodunun Zararı	18
2.6. Tahıl Kist Nematodunun Mücadelesi	18
3. MATERYAL VE METOD.....	23
3.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Buğday Alanlarında Tahıl Kist Nematodu, <i>Heterodera avenae</i> group Türlerinin Belirlenmesi.....	23
3.1.1. Tahıl Kist Nematodu Sörveyi	23
3.1.2. Örneklerden Kistlerin Elde edilmesi.....	24
3.1.3. Tahıl Kist Nematodlarının Teşhisi.....	25
3.1.4. Tahıl Kist Nematodu Popülasyonları arası Filogenetik Benzerliklerin Araştırılması.....	30
3.2. <i>Heterodera avenae</i> 'nin <i>in-vitro</i> koşullarda Bazı Biyolojik Özelliklerinin Araştırılması.....	32
3.2.1. <i>Heterodera avenae</i> Yumurtalarının Olgunlaşması ve Larva Çıkışı Üzerine Sıcaklığın Etkisi.....	32
3.3. <i>Heterodera avenae</i> 'nin Patotiplerinin Belirlenmesi.....	35

3.4. <i>Heterodera avenae</i> 'ya karşı Bazı Buğday Hat ve Çeşitlerin <i>in-vitro</i> koşullarda Dayanıklılıklarının Araştırılması.....	36
3.5. Tarla Koşullarında <i>Heterodera avenae</i> 'nin Meydana Getirdiği Ürün Kaybının Araştırılması.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Buğday Alanlarında Tahıl Kist Nematodu <i>Heterodera avenae</i> group Türlerinin Belirlenmesi.....	41
4.1.1. Tahıl Kist Nematodu Sörveyi.....	41
4.1.2. Tahıl kist Nematodlarının Teşhisi	43
4.1.3.Tahıl Kist Nematodlarının Filogenetik Benzerliklerinin Araştırılması.....	56
4.2. <i>Heterodera avenae</i> 'nin <i>in-vitro</i> koşullarda Bazı Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	62
4.2.1. Sıcaklığın <i>Heterodera avenae</i> Yumurtalarının İnkübasyonu Üzerine Etkisi.....	62
4.2.2. <i>Heterodera avenae</i> 'ya ait En Uygun Toprak tipi, İnokülasyon Zamanı ve İnokülasyon Oranının Belirlenmesi.....	64
4.3. <i>Heterodera avenae</i> 'nin Patotiplerinin Belirlenmesi.....	67
4.4. <i>Heterodera avenae</i> ' ya karşı Bazı Buğday Çeşit ve Hatların <i>in-vitro</i> koşullarda Dayanıklılıklarının Araştırılması.....	71
4.5. Tarla Koşullarında <i>Heterodera avenae</i> ' nin Meydana Getirdiği Ürün Kaybının Araştırılması.....	79
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	105

ÇİZELGELER DİZİNİ	SAYFA
Çizelge 2.1. Tahıl kist nematodunun dünyadaki yayılışı.....	6
Çizelge 2.2. Tahıl kist nematodu patotiplerinin belirlenmesinde kullanılan Uluslararası Konukçu Test Ayrım Hatları ...	16
Çizelge 2.3. Tahıl kist nematodlarının karşı kullanılan dayanıklılık kaynakları.....	20
Çizelge 3.1. DNA'nın amplifikasyonunda kullanılan primerler	27
Çizelge 3.2. Tahıl kist nematodu popülasyonlar arasın filogenetik benzerliklerin araştırılmasında kullanılan Genbankta kayıtlı olan DNA sekansları.....	31
Çizelge 3.3. <i>Heterodera avenae</i> için en uygun deneme test materyallerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen denemeye ait plan.....	34
Çizelge 3.4. <i>Heterodera avenae</i> patotipini belirlemede kullanılan Uluslararası Konukçu Test Ayrım Hatları.....	35
Çizelge 4.1 Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde buğday alanlarında Tahıl kist nematodu sörveyine ait bilgiler.....	41
Çizelge 4.2 <i>Heterodera avenae</i> ' ye ait dişilerin bazı ölçüm değerleri (µm)	44
Çizelge 4.3. <i>Heterodera avenae</i> ' nin ikinci dönem larvalarına ait bazı ölçüm değerleri (µm).....	45
Çizelge 4.4. <i>Heterodera filipjevi</i> 'ye ait dişilerin bazı ölçüm değerleri (µm).....	46
Çizelge 4.5. <i>Heterodera filipjevi</i> 'nin ikinci dönem larvalarına ait bazı ölçüm değerleri (µm)	47
Çizelge 4.6. <i>Heterodera latipons</i> 'a ait dişilerin bazı ölçüm değerleri (µm).....	48
Çizelge 4.7. <i>Heterodera latipons</i> 'un ikinci dönem larvalarına ait bazı ölçüm değerleri (µm)	49

Çizelge 4.8. 2009-2010 yıllarına ait sörveyde lokasyon bazında türler	54
Çizelge 4.9. 2011-2012 yıllarına ait sörveyde lokasyon bazında türler.....	55
Çizelge 4.10. <i>Heterodera avenae</i> yumurtalarının inkübasyonu üzerine sıcaklığın etkisi.....	62
Çizelge 4.11. <i>Heterodera avenae</i> 'nin gelişimi için en uygun deneme test materyallerinin belirlenmesi amaçlı çalışma sonuçları.....	65
Çizelge 4.12. <i>Heterodera avenae</i> 'nin Hatay (2) ve Adana (1) popülasyonunun uluslararası konukçu test ayırım hatları karşı reaksiyonları.....	68
Çizelge 4.13. <i>Heterodera avenae</i> 'ye karşı dayanıklılıkları araştırılan yerel buğday çeşitleri.....	72
Çizelge 4.14. <i>Heterodera avenae</i> 'ye karşı dayanıklılıkları araştırılan uluslararası buğday çeşitleri.....	74
Çizelge 4.15. <i>Heterodera avenae</i> 'ye karşı reaksiyonları araştırılan yabani buğday formları.....	77
Çizelge 4.16. <i>Heterodera avenae</i> 'nin 2011-2012 üretim sezonuna ait verim denemesindeki buğday çeşitlerine ait başlangıç (Pi) ve sonuç popülasyonları (Pf) ile üreme oranı (MR).....	80
Çizelge 4.17. <i>Heterodera avenae</i> 'nin 2011-2012 üretim sezonunda buğday çeşitlerine ait verim ve ürün kaybı değerleri (%).....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 2.1. Tahıl kist nematodu, <i>Heterodera avenae</i> 'nin hayat döngüsü..	8
Şekil 2.2. Tahıl kist nematodlarının tür teşhislerinde kullanılan vulva özellikleri.....	10
Şekil 2.3. Tahıl kist nematodlarının tür teşhislerinde kullanılan larva özellikleri.....	11
Şekil 2.4. rDNA genel yapısı.....	12
Şekil 3.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodu örneklemesinin yapıldığı iller.....	23
Şekil 3.2. Toprak örneklerinden kistlerin elde edilmesinde kullanılan Kort cihazı.....	24
Şekil 3.3. Tek kisten kisten DNA izolasyonu için örneklerin PCR'a hazırlanması.....	26
Şekil 3.4. Amplifike edilecek olan DNA örneklerinin thermocycle'a yerleştirilmesi ve PCR ürünün agaroz jelde yürütülmesi.....	27
Şekil 3.5. PCR ürününün etidyum bromid bekletilerek UV'de görüntülenmesi.....	28
Şekil 3.6. Amplifike edilmiş olan DNA'nın pipet ucu yardımıyla PCR reaksiyonu içine aktarılması.....	28
Şekil 3.7. <i>Heterodera avenae</i> için en uygun deneme test materyallerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen deneme.....	33
Şekil 3.8. Yerel buğday hat ve çeşitlerin <i>Heterodera avenae</i> 'ye karşı testlenmesi.....	36
Şekil 3.9. Uluslararası buğday hat ve çeşitlerinin <i>Heterodera avenae</i> 'ye karşı testlenmesi.....	37
Şekil 3.10. Bazı yabani buğday formlarının <i>Heterodera avenae</i> 'ye karşı testlenmesi.....	38
Şekil 3.11 <i>Heterodera avenae</i> 'ye ait verim denemesi	39

Şekil 4.1.	Teşhisi yapılan 111 popülasyon içerisinde türler ve bulunma oranları.....	42
Şekil 4.2.	<i>Heterodera avenae</i> 'nin dişi bireyi (kist) ve preperatı.....	44
Şekil 4.3	<i>Heterodera avenae</i> 'nin larvasına ait baş ve kuyruk.....	45
Şekil 4.4.	<i>Heterodera filipjevi</i> 'nin dişi bireyi (kist) ve preperatı.....	47
Şekil 4.5	<i>Heterodera filipjevi</i> 'nin ikinci dönem larvasına ait baş ve kuyruk.....	48
Şekil 4.6.	<i>Heterodera latipons</i> 'un dişi bireyi (kist) ve preperatı.....	49
Şekil 4.7.	<i>Heterodera latipons</i> 'un larvasına ait baş ve kuyruk.....	50
Şekil 4.8.	2009-2010 sörvey çalışmalarında elde edilen popülasyonlara ait DNA'nın 1200 bp'de oluşturduğu bant.....	50
Şekil 4.9.	2011-2012 sörvey çalışmalarında elde edilen popülasyonlara ait DNA'nın 1200 bp'de oluşturduğu bant.....	51
Şekil 4.10	Genbankta BLAST bölümüne giriş yapılması.....	51
Şekil 4.11	Nükleotid dizilerinin Blastn bölümüne eklenmesi.....	52
Şekil 4.12.	Genbankta nükleotid dizilerinin veritabanı ile karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.13.	Genbank veri tabanında nükleotid dizilerine ait karşılaştırma sonuçları.....	53
Şekil 4.14.	2009 ve 2010 popülasyonunda tür içi ve türler arasındaki genetik benzerlikleri.....	58
Şekil 4.15.	2011ve 2012 popülasyonunda tür içi ve türler arasındaki genetik benzerlikleri.....	61

1. GİRİŞ

Buğday (*Triticum* spp.) dünyada 216 milyon ha ekim alanı, 627 milyon ton üretimi ile tarımı yapılan kültür bitkileri içerisinde ilk sırada yer almakta ve insan beslenmesindeki öneminden dolayı birçok ülke için stratejik bir ürün olarak kabul edilmektedir. Türkiye, yaklaşık 9,4 milyon hektar ekim alanı ve 19–21 milyon ton buğday üretimi ile dünyada önemli bir üretici ülke konumundadır (Anonim, 2012).

Buğday ülkemiz için özel bir öneme sahiptir. Zira dünyada buğdayın gen merkezi ve anavatanı olarak bilinmektedir (Salamini ve ark., 2002; Özkan ve ark., 2005; Kilian ve ark., 2007). Yeryüzünde ilk buğday tarımının yaklaşık 12 bin yıl önce, “Verimli Hilal” olarak adlandırılan bugünkü İran, Irak, Türkiye, Suriye, Lübnan, İsrail ve Filistin’i kapsayan bölgede yapıldığı bildirilmektedir (Diamond, 1997; Heun ve ark., 1997; Nesbit ve Samuel, 1998; Lev-Yadun ve ark., 2000; Özkan ve ark., 2002; Salamini ve ark., 2002; Özkan ve ark., 2005; Kilian ve ark., 2007).

Buğdayda ürün kayıplarına neden olan pek çok biyotik ve abiyotik etmen bulunmaktadır. Bitki paraziti nematodlar, biyotik etmenler içerisinde yer alan önemli bir grubu oluşturmaktadır. Bitki paraziti nematodların dünya genelinde buğday üretiminde her yıl ortalama %7-10 oranında ürün kaybına neden oldukları bildirilmektedir (Sasser, 1987; Whitehead, 1998). Buğdayda nematodlardan kaynaklı ürün kaybının popülasyon yoğunluğuna, abiyotik stres faktörlerine, özellikle de kuraklığa bağlı olarak % 35-40’a kadar ulaşabildiği bildirilmektedir (Williamson ve Gleason, 2003). Buğdayda üreyip gelişebilen ve zarar oluşturan nematodlardan biri de *Heterodera avenae* group olarak bilinen Tahıl kist nematodlarıdır (Nicol, 2002b).

Buğdayda zararlı nematodlar içerisinde bitkilerin köklerinde kist oluşturmaları ile tanınan *Heterodera avenae* group buğdayın önemli bir zararlıları arasındadır. Dünyada *Heterodera avenae* group’a ait 12 tür mevcut olup, bunlardan, *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924), *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter 1984, *H. latipons* (Franklin 1969) ve *H. mani* (Mathews, 1971) ana zararlı olarak bilinmektedir (Rivoal ve Cook, 1993; Nicol, 2002a). Türkiye’de Tahıl kist nematodları *H. avenae*, *H. filipjevi* ve *H. latipons* olmak üzere üç önemli türün bulunduğu ve türlerin

dağılımında coğrafik bölgeler arasında farklılıklar olduğu bildirilmektedir (Rumpfenhorst ve ark., 1996; Subbotin ve ark., 2003; Şahin ve ark., 2009). Bununla birlikte Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematoduna yönelik bulgular oldukça sınırlı düzeyde olup sistematik bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Buğdayın önemli gen merkezlerinden biri olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde buğdayda bulunan Tahıl kist nematodu türlerinin araştırılması, tür içi ve türler arası genetik benzerliklerinin belirlenmesi, nematod faunası ve nematoda yönelik mücadele yöntemlerinin geliştirmesi açısından çok önemlidir. Mezopotamya olarak bilinen bu alanda, buğdayın yabani formları ve buğdayın rizosferinde nematod türlerinin bir arada bulunması, farklı türler ile patotiplerin ortaya çıkma olasılığını kuvvetlendirmektedir. Benzer şekilde Doğu Akdeniz Bölgesi nematod biyo-çeşitliliği ve faunası açısından önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarını temsil edecek sayıda örnekleme yapacağı kapsamlı bir sorvey ile Tahıl kist nematodu türlerinin belirlenerek, tür içi ve türler arası genetik benzerliklerin ortaya konması oldukça büyük önem arz etmektedir.

Tahıl kist nematod ile mücadelede kesin tür teşhisinin yanı sıra türe ait patotiplerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Zira, Tahıl kist nematodunun dünya genelinde coğrafik bölgelere özelleşmiş farklı 13 patotipi mevcuttur (Mc Donald ve Nicol, 2005; Turner ve Rowe 2006; Subbotin ve ark., 2010). Dayanıklılığı sağlayan genlerin etkisi nematod türlerine veya aynı türün patotiplerine göre farklı olabilmektedir. Dayanıklılık geni *Cre3*'ün, *H. avenae*'nin Avrupa ve Afrika popülasyonlarına karşı oldukça etkili olurken, Avustralya ve Asya popülasyonlarına karşı etkili olmadığı bildirilmektedir (Rivoal ve ark., 2001; Mokabli ve ark., 2002). Bu nedenle, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Tahıl kist nematodu türlerinin ve patotiplerinin belirlenmesi, zararlıya karşı mücadele yöntemlerinin saptanmasında büyük önem göstermektedir.

Tahıl kist nematodu türleri arasında *in-vitro* koşullarda yumurta ve larva gelişiminde sıcaklık ve inkübasyon süreleri bakımından farklılıklar görülebilmektedir. Tahıl kist nematodu ile *in-vitro* koşullarda yürütülecek nematod-

bitki interaksyonu çalışmalarında, öncelikli olarak nematod popülasyonuna ait bazı biyolojik özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, *in- vitro* koşullarda yürütülecek denemelerde, *H. avenae*'ya ait en uygun deneme test materyalleri; toprak karışımı, inokülasyon oranı ve zamanının belirlenmesi oldukça önemlidir.

Tahıl kist nematodları buğday verimini olumsuz yönde etkilemektedir. *H. avenae*'nin Pakistan'da % 15–20 (Maqbool, 1988), Avustralya'da % 23–50 (Meagher, 1972), Suudi Arabistan'da %40-% 92 (İbrahim ve ark., 1999), Çin'de % 10–40 (Peng ve ark., 2007), Amerika'da %25-% 40 (Smiley ve ark., 1994; 2005) oranında buğdayda ürün kaybına neden olduğu belirtilmektedir. Türkiye'de Orta Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak bulunan *H. filipjevi*'nin bölge genelinde % 5-50 oranında ürün kaybına neden olduğu ve popülasyon yoğunluğunun bir çok lokasyonda ekonomik zarar eşiğinin (5-10 yumurta/gram toprak) oldukça üzerinde olduğu bildirilmektedir (Nicol ve ark 2006). Tahıl kist nematodunun tarla koşullarında meydana getirdiği ürün kayıplarının bilinmesi, mücadele öncesi yapılması gerekli önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tahıl kist nematodları ile mücadelede ekim nöbeti, nadas, toprak işleme teknikleri ile dayanıklı hatların ve çeşitlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Dayanıklı çeşitlerin kullanımı ekonomik ve yaygın mücadele yöntemi olarak bilinmektedir (Andersen ve Andersen, 1982a; Nicol, 2002a). Mücadele maliyetini düşürmesi ve çevre dostu olmasından dolayı dayanıklı çeşitlerin kullanımı diğer yöntemler nazaran daha çok tercih edilmektedir (Nicol ve ark., 2005; Schmidt ve ark., 2005; Zwart ve ark., 2005). Hastalık ve zararlılara dayanıklı gen kaynaklarının doğada çoğunlukla bitkilerin yabani formlarında bulunduğu ve melezleme çalışmaları ile kültür formlarına aktarıldığı bilinmektedir (Boerma ve Hussey, 1992). Bu güne kadar Tahıl kist nematodlarına karşı dayanıklılık sağlayan 9 farklı *Cre* geni buğdayın yabani formlarından buğdaya aktarılmıştır (Ogbonnaya, 2001a, b; Barloy ve ark., 2007). Türkiye'nin yabani buğday genotipleri bakımından gen merkezi olduğu düşünüldüğünde, yabani buğday türlerinin Tahıl kist nematodu türlerine karşı dayanıklılıklarının araştırılması bilimsel açıdan çok önemli görülmektedir. Buğday ıslahı çerçevesinde ulusal ve uluslararası buğday genotiplerinin Tahıl kist nematodu türlerine karşı dayanıklılık veya tolerans düzeylerinin belirlenmesi de yine aynı

derecede önemlidir. Ülkemizde buğday ıslah programlarında Orta Anadolu Bölgesi'nde yaygın bulunan *H. filipjevi*' ye karşı ulusal ve uluslararası buğday genotiplerinin dayanıklılık veya tolerans düzeyleri araştırılmış ve ümit var sonuçlar elde edilmiştir (Nicol ve ark., 2009a). Aynı şekilde Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Tahıl kist nematodu popülasyonlarına karşı buğday ıslah programlarında dayanıklı çeşitlerin geliştirilebilmesi için ulusal ve uluslararası bazı buğday genotipleri ile yabancı buğday formlarının zararlıya karşı dayanıklılığının araştırılması gerekmektedir. Nematod çeşit reaksiyonu çalışmalarından elde edilecek bilgiler bilimsel çalışmalara katkı sağlayacak, Türkiye ve dünyada buğday ıslah programlarında kullanılabilecektir.

Bu çalışmada;

- Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodu türlerinin belirlenmesi, yaygınlık ve yoğunluklarının araştırılması,
- Tahıl kist nematodu popülasyonlarında tür içi ve türler arası genetik benzerliklerin araştırılması,
- *Heterodera avenae*'nin patotiplerinin belirlenmesi,
- *Heterodera avenae*'nin bazı biyolojik özelliklerinin araştırılması,
- Bazı buğday genotiplerinin *Heterodera avenae*'ya karşı dayanıklılıklarının araştırılması,
- *Heterodera avenae*'nin tarla koşullarında meydana getirdiği ürün kaybının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tahıl Kist Nematodunun Önemi

Buğdayda ürün kaybına neden olan bir çok hastalık, zararlı ve yabancı ot mevcut olup, zararlılar içerisinde bitki paraziti nematodlar önemli bir yer teşkil etmektedir. Buğdayda bitki paraziti nematodlardan kaynaklı ürün kaybının her yıl ortalama %7-10 oranında gerçekleştiği ve bunun maddi değerinin 6 milyar Amerikan Doları olduğu bildirilmektedir (Sasser, 1987). Dünyada buğdayda ürün kayıplarına neden olan bitki paraziti nematodlar; Tohum gal nematodu, *Anguina tritici* (Steinbuch, 1799), Soğan sak nematodu *Ditylencus dipsaci* (Kuhn, 1857) Kök ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), Kök lezyon nematodları (*Pratylenchus* spp.) ve Tahıl kist nematodu (*Heterodera avena* group) olduğu belirtilmektedir (Nicol, 2002b).

Bitkilerin köklerinde kist oluşturmaları ile tanınan Tahıl kist nematodu *Heterodera avena* group'un buğdayda beslenip çoğalan 12 türü mevcut olup, bunlardan *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924), *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter 1984, *H. latipons* (Franklin 1969) ve *H. mani* (Mathews, 1971) ana zararlı konumundadır (Rivoal ve Cook, 1993; Nicol, 2002a). *H. avenae*, dünyada buğday alanlarında en yaygın olan Tahıl kist nematodu türü olup, Avusturalya, Kanada, İsrail, Güney Afrika, Japonya, bir çok Avrupa ülkesi (Kort, 1972); Hindistan (Sharma ve Swarup, 1984; Sikora, 1988); Fas, Tunus, Pakistan, Libya (Sikora, 1988); Cezayir (Mokabli ve ark., 2001) ve Suudi Arabistan (İbrahim ve ark., 1999)'da bulunduğu bildirilmektedir. *H. avenae*'nin serin-ılıman iklimde (Rivoal ve Cook, 1993), *H. latipons*'un Akdeniz iklimine sahip Suriye (Sikora ve Oostendorp, 1986; Scholz, 2001), İsrail (Kort, 1972; Mor ve ark., 1992), Kıbrıs (Sikora, 1988), İtalya ve Libya (Kort, 1972) gibi sıcak iklim kuşağındaki ülkelerde, *H. filipjevi*'nin ise daha çok karasal iklime sahip Rusya (Balakhnina, 1989) ve Türkiye'de, Orta Anadolu Bölgesi'nde (Nicol ve ark., 2006) bulunduğu ve tahıllarda ürün kayıplarına neden oldukları bildirilmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Tahıl kist nematodunun dünyadaki yayılışı

Nematod Türü	Bulunduğu Ülkeler	Kaynak
<i>Heterodera avenae</i>	Kanada, Güney Afrika, Japonya ve Birçok Avrupa ülkesi Hindistan	Kort (1972)
	Fas, Tunus, Pakistan ve Libya' yı içeren Batı Asya ülkeleri	Sharma ve Swarup (1984)
	Kuzey Afrika' nın Yarı Kurak Bölgeleri	Sikora (1998)
	Türkiye	Sikora (1988)
<i>Heterodera latipons</i>	İsrail ve Avustralya	Rumpenhorst ve ark. (1996)
	Suudi Arabistan	Kort (1972)
	İtalya, Libya ve İsrail	Ibrahim ve ark. (1999)
	Kıbrıs	Kort (1972)
<i>Heterodera hordecalis</i>	Suriye	Sikora (1988)
	Avrupa	Sikora (1988)
	Türkiye	Sabova ve ark. (1988)
	İsveç, Almanya ve İngiltere	Rumpenhorst ve ark. (1996)
<i>Heterodera zeae</i>	İsveç, Almanya ve İngiltere	Andersson (1974)
	Hindistan ve Pakistan	Sturhan (1982);
	Irak	Cook ve York (1982)
	Rusya	Sharma ve Swarup (1984)
<i>Heterodera filipjevi</i>	Türkiye	Maqbool (1988)
	Tacikistan	Stephan (1988)
	İran	Balakhnina (1989)
	Hindistan	Rumpenhorst ve ark. (1996)
	İsveç	Subbottin ve ark. (1996)
		Tanha Maafi ve ark. (2003)
		Bishnoi and Bajaj (2002)
		Cook ve Noel (2002)

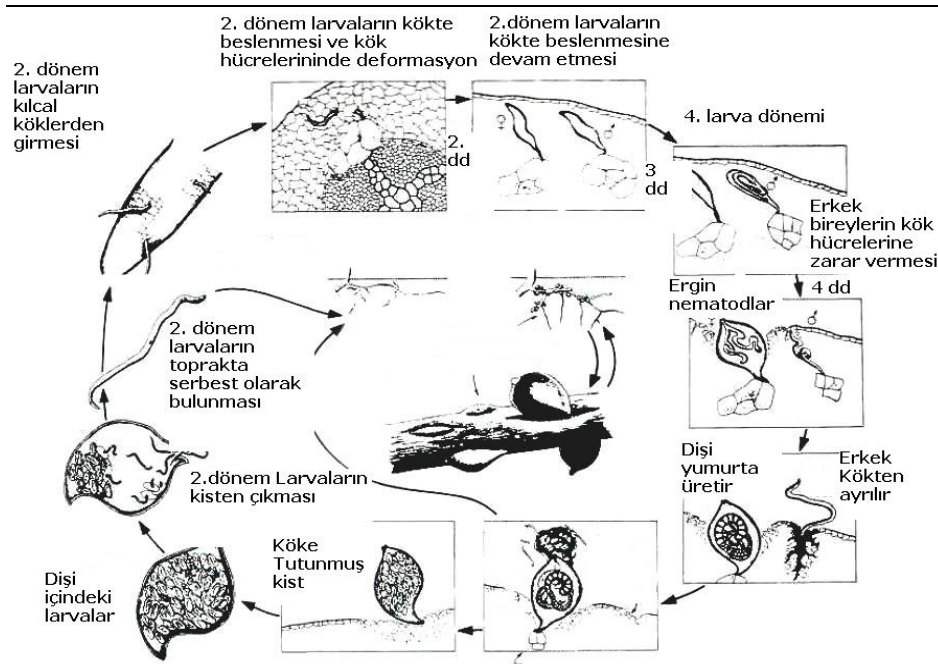
Tahıl kist nematodu; *H. hordecalis*'in İsveç, Almanya ve İngiltere'de (Andersson, 1974; Sturhan, 1982; Cook and York, 1982), *H. zeae* ise Hindistan, Pakistan (Sharma and Swarup, 1984; Maqbool, 1988) ve Irak'ta (Stephan, 1988) tespit edilmiştir. Ayrıca, Tahıl kist nematodları, *H. mani*, *H. bifenestrata* ve *H. pakistanensis*'nin dünyanın değişik bölgelerinde tahıl alanlarında saptanmış önemli türler olduğu belirtilmektedir (Sikora, 1988).

Türkiye'de ise Tahıl kist nematodları *H. avenae* ilk olarak Erzurum'da (Yüksel, 1974) saptanmış, daha sonra Öztürk ve ark. (1992) tarafından Konya'da buğday alanlarında tespit edilmiştir. Rumpenhorst ve ark. (1996)'da Orta Anadolu Bölgesinde *H. avenae* olarak bilinen türün aslında *H. filipjevi* olduğunu bildirmişlerdir. Subbotin ve ark. (2003) ve Şahin ve ark. (2009)'da Orta Anadolu

Bölgesinde yalnızca *H. filipjevi*'nin bulunduğunu bildirmektedirler. *H. avenae* Çukurova Bölgesi (Gözel, 2001; Subbotin ark., 2003) ve Ege Bölgesi buğday alanlarında (Mısırlıoğlu, 2006) saptanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise *H. avenae* ve *H. latipons*'un karışık popülasyon halinde bulundukları (Abidou ve ark., 2005; İmren ve ark., 2010; Kılıç, 2011; Öcal, 2012) tespit edilmiş en yaygın türün ise *H. latipons* olduğu bildirilmiştir (İmren ve ark., 2012).

2.2. Tahıl Kist Nematodunun Biyolojisi

Tahıl kist nematodları, *H. avenae* group, bitkinin köklerinde oluşturduğu kistlerle karakterize edilen, hareketsiz endoparazitik nematodlardır. Hayat döngüsü bulunduğu ekolojik ve coğrafik koşullara ve konukçu bitkinin hayat döngüsü ile sıkı bir ilişki içindedir. Tahıl kist nematodlarının yaşam döngüsü yumurta, 4 larva ve ergin dönemi olmak üzere 6 farklı biyolojik dönemden oluşmaktadır (Şekil 2.1.). Tahıl kist nematodları birinci larva dönemini yumurta içerisinde geçirirler. İkinci dönem larva döneminde yumurtadan çıkarak toprakta serbest olarak hareket eder ve kök uçlarından konukçu bitkiye giriş yaparlar. Bitki köküne giriş yapan ikinci dönem larva kortekse doğru hareket ederek başı kortekste, kuyruk kısmı kök yüzeyinde olacak şekilde köke yerleşerek, beslenirler. Biyolojik gelişimini tamamlamasıyla vücudunun bir kısmı kök yüzeyinde görülecek şekilde ergin hale gelirler (Kort, 1972; Agrios, 1997).



Şekil 2.1. Tahıl kist nematodu, *Heterodera avenae*'nin hayat döngüsü (Agrios, 1997'den uyarlanmıştır.)

Tahıl kist nematodunun erkek bireyi ince uzun silindir şeklinde olup erginleştikten sonra dişiye dölleyerek bitkiyi terk edip toprağa geçerler. Dişiler ergin oldukları zaman limon şeklinde olup beslenmeye devam ederler. Dişi kirli beyaz veya krem renkte olup, yumurta bırakma devresinden sonra kahverengi bir renk alarak ölür ve içerisinde yumurtaların depo edildiği kist haline dönüşürler. Kist aslında ölmüş dişi bireydir. Bu özel yapı nematodun dayanıklı dönemi olup, yumurtaları olumsuz çevre koşullarına karşı korurlar ve uygun konukçu bulunmaması halinde kistin içindeki canlı yumurtalar yıllarca toprakta kalabilmektedirler (Kort, 1972; Agrios, 1997).

Tahıl kist nematodu yılda bir döl verir ve larvanın köke girişinden 9-14 hafta sonra hayat dönemini tamamlarlar. İkinci dönem larvaların yumurtadan çıkışı genellikle toprak sıcaklığı 10-15 °C olduğunda gerçekleşir. Serin ve ılıman iklim koşullarında uzun kış döneminde, Akdeniz iklimi gibi yarı kurak bölgelerde yaz ve sonbahar döneminde yumurtalar kist içinde hareketsiz durgun şekilde kalmaktadırlar. Bitki köklerinde beyaz kistler buğdayın süt ve sarı olum dönemlerinde görülebilmektedir. Nematodun dişilerinin bitkide beslenmeleri sonucu kök

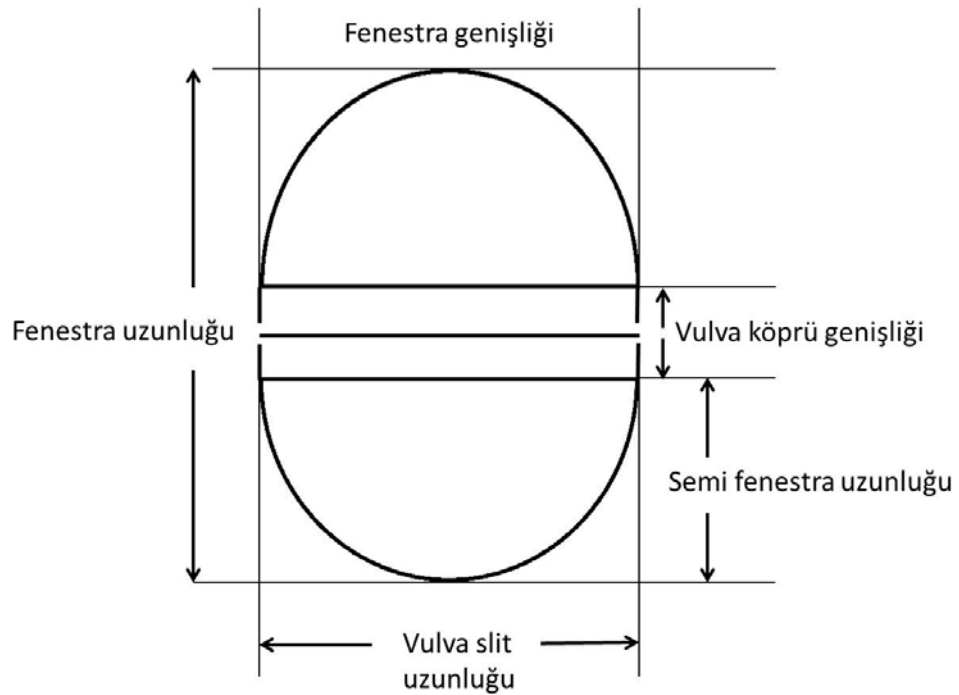
dokusunda oluşan dev hücreler bitkinin kökleriyle su ve besin alımını kısıtlarlar. Bulaşık köklerde çatallanma, şişkinlik, kütleşmeye bağlı olarak bitkinin gelişimi zayıflar, yapraklar küçük kalır; köklerin su besin alım düzeninin bozulması nedeni ile bitkide solgunluk ve bodurlaşma meydana getirebilirler (Kort, 1972; Agrios, 1997).

Laboratuvar koşullarda yürütülecek nematod-bitki interaksyonu çalışmalarında öncelikli olarak nematod popülasyonuna ait bazı biyolojik özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. *H. avenae*'nin farklı popülasyonları arasında *in-vitro* koşullarda yumurta ve larva gelişiminde sıcaklık ve inkübasyon süreleri yönünden farklılıklar görülebilmektedir. Bununla birlikte doğada mevsimsel sıcaklık değişimleri ve konukçu bitkinin gelişimine bağlı olarak, kisten larva çıkışının erken yada geç olması veya hiç olmaması (dormansi) söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle Tahıl kist nematodunun *in-vitro* koşullardaki biyolojik özelliklerinin bilinmesinin yanı sıra doğa koşullarındaki davranış ve tercihlerinin ortaya konulması mücadeleye dönük stratejilerin geliştirilmesinde oldukça önemlidir. *H. avenae*'nin Kanada popülasyonuna ait bireylerde yumurtadan larva gelişimi için en uygun sıcaklığın 7 °C ve kistten larva çıkışı için en uygun sıcaklığın ise 15-20 °C olduğu belirtilirken (Fusthey & Johnson, 1966), aynı türün Avustralya popülasyonuna ait larva gelişimi için en uygun sıcaklığın 10 °C ve kistten larva çıkışı için en uygun sıcaklığın ise 20 °C olduğu bildirilmektedir (Banyer & Fisher, 1971a). Rivoal (1986) *H. avenae*'nin Fransa'daki kuzey ve güney patotipleri için en uygun larva çıkış sıcaklığının 10 °C' nin altında olduğunu, Banyer & Fisher (1971b) ve Meagher (1977) Avustralya'da tarla koşullarında *H. avenae* yumurtalarından en fazla larva çıkışının 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştiğini bildirmektedirler. Benzer şekilde, kistlerin larva çıkışı öncesi 6–8 hafta süreyle soğuklama ihtiyaçlarının karşılanması durumunda larva çıkışının artış gösterdiği belirtilmektedir (Zancada ve Sanchez, 1988). *H. avenae*'nin Cezayir popülasyonuna ait en fazla larva çıkışının 3-25 °C arası sıcaklıklarda gerçekleştiğini, yüksek sıcaklıkların ise larva çıkışını geciktirdiğini bildirilmektedir (Mokabli ve ark., 2001). *H. latipons*'un Suriye popülasyonuna ait en uygun larva çıkış sıcaklığının 10 °C olduğu ve çıkışın başlaması için kistlerin 5 °C'de 16 gün süreyle bekletilmesi gerektiği laboratuvar çalışmaları ile ortaya konulmuştur (Scholz ve Sikora, 2004). *H. filipjevi*'nin Türkiye'de Orta Anadolu popülasyonu ile

in-vitro koşullarda yapılan çalışmada kistlerden en iyi larva çıkışının 10 ve 15 °C’de gerçekleştiği bildirilmektedir (Şahin ve ark., 2010).

2.3. Tahıl Kist Nematodunun Teşhisi

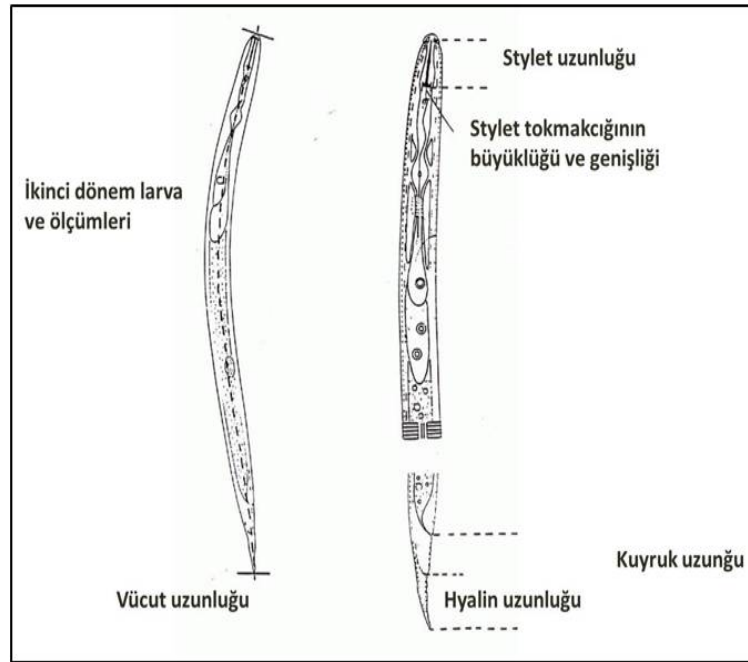
Morfoloji, nematod türlerinin tanımlanmasında kullanılan standart yöntemlerden birisidir (Ryss et al., 2005). Tahıl kist nematodunun morfolojik teşhislerinde dişi ve ikinci dönem larvanın morfometrik ölçümleri esas alınmaktadır (Sharma, 1998; Siddiqi, 2000; Handoo, 2002; Subbotin et. al., 2010). Dişilere ait bullae varlığı, fenestra uzunluğu, semi fenestra uzunluğu, fenestra genişliği, vulval açıklık uzunluğu, vulval köprü genişliği, vulva köprü uzunluğu ve genişliği teşhiste kullanılmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Tahıl kist nematodlarının tür teşhislerinde kullanılan vulva özellikleri (Handoo, 2002’den uyarlanmıştır.)

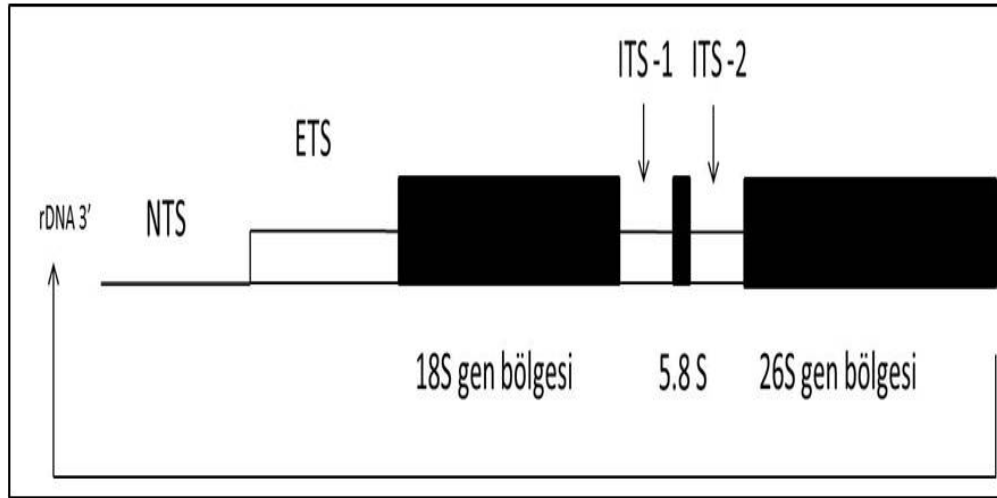
İkinci dönem larvalara ait vücut uzunluğu, stylet uzunluğu, genişliği ve şekli, vücudun ortasında ve anüs bölgesinde vücut genişliği, yanal alandaki çizgilerin

sayısı, kuyruk uzunluğu, kuyruğun hyalin kısmının uzunluğu ve vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (C) ile kuyruğun hyalin kısmının uzunluğu/stylet uzunluğu (B) oranları esas alınarak teşhis yapılabilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Tahıl kist nematodlarının tür teşhislerinde kullanılan larva özellikleri (Handoo, 2002'den değiştirilerek uyarlanmıştır.)

Morfolojik tanımlamanın deneyim gerektirmesi ve nematoda ait morfometrik karakterlerin kısıtlı olmasından dolayı popülasyonlar arasındaki evrimsel akrabalıkların saptanmasına yönelik morfolojik çalışmalar sınırlıdır (Chilton et al., 2003). Bu nedenle morfolojik yöntemlere ilave olarak moleküler teşhis yöntemleri geliştirilmiştir. Tahıl kist nematodlarının teşhisinde rDNA genleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Nematod rDNA'sı diğer ökaryotik canlılarda olduğu gibi arka arkaya tekrar eden gen dizileri olan multigenler'den oluşmuştur. Bu gen dizileri transkripsiyon birim kopyaları ve transkripsiyona uğramayan bölgelerden oluşturulmuştur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. rDNA genel yapısı (Hillis & Davis, 1986'dan uyarlanmıştır.)

rDNA iki “internal transcribed spacers” (ITS-1 ve ITS-2) ile 18S, 5.8S ve 28S bölgelerinden oluşmakta ve 18S gen bölgesinin yanında “external transcribed spacer” (ETS) yer almaktadır. rDNA'nın bitişik tekrarlanan birimleri birbirinden “nontranscribed spacer” (NTS) ile ayrılmaktadır (Hillis and Dixon, 1991). Tahıl kist nematodlarının tür teşhislerinde, tür içi ve türler arası kalıtsal benzerliklerinin araştırılmasında PCR temelli moleküler teşhis yöntemlerinden (PCR, RFLP, AFLP, SCAR, Sekans Analizi vb.) faydalanılmaktadır (Burgermeister ve ark., 2005).

Tahıl kist nematodlarının tür teşhisin morfolojik ve moleküler yöntemler birlikte kullanılmakta ve böylelikle sonuçların bir birini doğrulaması sağlanmaktadır.

Bu kapsamda;

Subbotin ve ark. (1999), *Heterodera arenaria*, *H. aucklandica*, *H. avenae*, *H. filipjevi*, *H. hordecalis*, *H. iri*, *H. latipons*, *H. litoralis*, *H. schachtii*'yi morfolojik ve moleküler olarak (sekans analizi) teşhis ettikleri çalışmada, popülasyonlar arası benzerlikleride araştırmışlar ve *H. avenae* popülasyonlarını 3 farklı gruba, *H. filipjevi*'nin ise % 80 tekrar oranında bir birine benzeyen iki gruba ayrıldığını bildirmişlerdir. Ayrıca, PCR-RFLP yönteminde endonükleaz enzimleri *BsuRI*, *PstI* ve *TaqI*'ın *H. filipjevi*'nin *H. avenae* group'tan kolayca ayırt edilebildiğini belirtmişlerdir.

Subbotin ve ark. (2000), *Heterodera* cinsine ait 25'i tanımlı, biri tanımlanmamış popülasyon ile *Meloidodera alni*'nin rDNA'nın ITS bölgesini

amplifike ederek, PCR ürününü 26 farklı endonükleaz enzimi kullanmışlardır. Yedi adet endonükleaz enzim (*AluI*, *AvaI*, *BsuRI*, *Bsh1236I*, *MvaI*, *CfoI* ve *RsaI*) kombinasyonunun *Heterodera* cinsine bağlı önemli türleri ve alt türleri ayırt ettiğini bununla birlikte kist nematodlarının rDNA'nın ITS bölgesinin yüksek derecede bir heterojeniteye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Rivoal ve ark. (2003), *Heterodera* cinsine bağlı popülasyonları morfolojik ve moleküler (PCR-RFLP) yöntemlerle teşhis etmiş ve popülasyonları iki grupta incelemişlerdir. Birinci grupta *H.arenaria*, *H.avenae*, *H. filipjevi* ve *H.mani*'yi ikinci grupta ise *H. hordecalis* ve *H. latipons*'un bulunduğunu belirtmektedirler.

Tanha ve ark. (2003), PCR-RFLP ve sekans analizi (rDNA-ITS) ile İran ait 45 kist popülasyonundan 21 adet Tahıl kist nematodu türünün teşhis ettikleri çalışmada; *Heterodera avenae*, *H. filipjevi*, *H. glycines*, *H. hordecalis*, *H. latipons*, *H. schachtii* ve *H. trifolii*'ye *H. fici*, *H. elachista*, *H. mothi*, *H. turcomanica* *Cactodera cacti*, *H. humuli* ve *H. goettingiana*'yı saptamışlardır.

Subbotin ve ark. (2003), Türkiye'nin de içinde bulunduğu dünyanın farklı ülkelerinden kist popülasyonlarının PCR-RFLP ile teşhislerini yapmışlardır. Türkiye'de Çukurova Bölgesi'nde *H. avenae*, Orta Anadolu Bölgesi'nde *H. filipjevi*'yi tespit ettiklerini, *H. filipjevi*'nin Türkiye ve İspanya popülasyonlarının, *H. avenae*'nin ise Türkiye, İsrail, İran, Hindistan, Tunus ve Suudi Arabistan popülasyonlarının benzerlik gösterdiğini bildirmektedirler.

Madani ve ark. (2004), Akdeniz'e komşu ülkelerden 15 Tahıl kist nematodu popülasyonunu PCR-RFLP yönteminde *AluI*, *AvaI*, *Bsh1236I*, *HaeIII*, *Hin6I*, *MvaI*, *PstI* ve *RsaI* endonükleaz enzimlerini kullanarak tanımlamışlardır. Söz konusu çalışmada *H. carotae*, *H. ciceri*, *H. fici*, *H. filipjevi*, *H. goettingiana*, *H. hordecalis*, *H. humuli*, *H. mediterranea*, *H. ripae* ve *H. schachtii* türlerini saptanmış, türler arası genetik benzerlikler rDNA'nın ITS sekansları kullanarak ortaya konmuştur.

Abidou ve ark. (2005), Türkiye ve Suriye'de Tahıl kist nematodlarını morfolojik ve moleküler (PCR-RFLP) yöntemlerle yaptıkları çalışmada; *H. avenae* ve *H. latipons*'un Türkiye ve Suriye'de, *H. filipjevi*'nin sadece Türkiye'de *H. ciceri*'nin ise sadece Suriye'de bulunduğunu bildirmektedirler. Tahıl kist nematodlarını morfolojik ve moleküler (PCR-RFLP) yöntemlerle teşhis edildiği

diğer bir çalışmada, Türkiye’de Orta Anadolu Bölgesi’nde *H. filipjevi* (Şahin, 2010), Güneydoğu Anadolu Bölgesinde’ Mardin’de *H. avenae* ve *H. latipons*’un (Kılıç, 2011), Adıyaman’da ise buğday ve nohut alanlarında sırasıyla *H. latipons* ve *H. ciceri* saptanmıştır (Öcal, 2012). Tahıl kist nematodu popülasyonlarının morfolojik ve moleküler (sekans analizi) olarak teşhislerinin yapıldığı bir diğer çalışmada; K. Maraş’ta *H. filipjevi* ve *H. latipons*; Hatay’da *H. avenae*; Gaziantep ve Kilis’te *H. latipons*; Adıyaman’da *H. latipons* ve *H. ciceri*; Şanlıurfa ve Mardin’de *H. avenae* ve *H. latipons*’un karışık popülasyonlar halinde bulunduğu yaygın türün ise *H. latipons* olduğu bildirilmektedir (İmren ve ark., 2012).

Popülasyonlar arası Filogenetik Benzerliklerin Araştırılması: Genomik bilgi kullanılarak canlılar arasındaki ilişkileri ve moleküler düzeydeki benzerlikleri anlamlandırmaya çalışan biyoloji bilimi filogenetik olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde canlılar arasındaki genom benzerlikleri DNA ya da protein dizileri kullanılarak yapılmaktadır. Bu dizilere ait bilginin özetlenmesi ve görsel olarak anlaşılabilmesi için soy ağaçları oluşturulmaktadır. Soy ağaçlarının oluşturulmasında temel olarak üç farklı yöntem mevcut olup bunlar, Parsimony, Maksimum olasılık ve Bayes metodu olarak bilinmektedir. Parsimony metodunda en az farklı olan birimler birbirine en yakın ve benzeyen birimler olarak kabul edilmektedir. Maksimum olasılık metodunda popülasyon içindeki en yüksek benzerlik oranı aranırken, Bayes metodunda ise maksimum olasılık farklı olarak öncül olasılık kullanımı söz konusudur. Soy ağaçlarının eldesinde PAUP (Phylogenetic Analysis Using Parsimony) PHYLIP ve MrBayes yaygın olarak kullanılan programlar olarak bilinmektedir.

2.4. Tahıl Kist Nematodunun Patotipleri

Tahıl kist nematodunun konukçu genotiplerine virülensliği bakımından yüksek heterojeniteye sahip olduğu bilinmektedir (Cook ve Rivoal, 1998; Cook ve Noel, 2002; McDonald ve Nicol, 2005). Tahıl kist nematodu türleri içindeki söz konusu heterojeniteyi araştırmak amacıyla patotip ayırım hatları ilk olarak Andersen (1959)’da geliştirilmiş olup, Andersen ve Andersen (1982b) patotip ayırım hattı

olarak kullanılan bitkileri Arabik rakamlar (1, 2, 3, etc.), harfler (A, B, C, etc.) ve Romen rakamlarını (I, II, III, etc.) kullanarak sınıflandırmışlardır. Cook ve Rivoal (1998)'de Tahıl kist nematodu patotiplerinin ayrımında kullanılan bitkileri sınıflandırmış ve “Uluslararası Konukçu Bitki Test Ayrım Hatları” olarak isimlendirmiştir. Konukçu bitki test ayırım hattı, 12 adet arpa, 6 adet yulaf ve 6 adet buğday hattından oluşmaktadır (Çizelge 2.2).

Son yıllarda Cook ve Rivoal (1998)'i esas alınarak yapılan çalışmalarda Tahıl kist nematodunun Uluslararası Konukçu Test Ayrım Hatları'na karşı göstermiş olduğu reaksiyona göre üç ana patotip grubuna ayrıldığı, araştırmacılara göre değişmekle birlikte bu üç ana patotip grubuna ilave farklı patotip gruplarının olduğu görülmektedir. Mc Donald ve Nicol (2005), Tahıl kist nematodu, *H. avenae* group, Ha1 group, Ha2 group, Ha3 group, *H. hordecalis* group ve *H. bifenestra* olmak üzere altı grup, Turner ve Rowe (2006), Ha1 group, Ha2 group, Ha3 group olmak üzere üç grup, Subbotin ve ark. (2010), *H. avenae*'nin içinde olduğu Ha1 ve Ha2 group ile *H. australis* ve *H. filipjevi*'nin içinde olduğu Ha3 group olmak üzere 3 ana grubun olduğunu belirtmektedirler. *H. avenae* group'a bağlı I. ve II. patotip grubu Avrupa, Kuzey Afrika, Amerika ve Asya'da (Andersen ve Andersen, 1982b; Al-Hazmi ve ark. 2001; Mokabli ve ark., 2002; Smiley ve ark., 2007) yaygın olarak bulunduğu bildirilmişlerdir (Subbotin ve ark., 2010).

Çizelge 2.2. Tahıl kist nematodu patotiplerinin belirlenmesinde kullanılan Uluslararası Konukçu Test Aynım Hatları (Subbotin ve ark., 2010)

Tür	H. avenae										H. australis	H. filipjevi
	Ha1 group							Ha2 group				
	Ha11	Ha21	Ha31	Ha41	Ha51	Ha61	Ha71	Ha12	Ha13	Ha33		
Patotip Grubu												
Patotip	Ha11	Ha21	Ha31	Ha41	Ha51	Ha61	Ha71	Ha12	Ha13	Ha33		
Arpa												
Varde	H	&	&	H	&	H	H	H	H	H		
Emir	H	H	&	H	&	D	H	H	H	H		
Otolan	D	D	D	D	D	D	D	H	H	H		
Morocco	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
Siri	D	D	D	H	H	H	D	D	H	H		
Kv1 191	D	D	D	&	S	H	H	D	&	&		
Bajo Aragon	D	&	&	D	&	D	D	D	H	H		
Herta	H	H	R	&	R	&	D	H	H	&		
Martin 403-2	D	&	&	D	&	D	D	D	D	H		
Dalmatische	(D)	&	&	H	&	D	H	D	H	(D)		
La Enstuanzuela	&	&	&	&	&	&	H	&	&	&		
Harlan 43	D	&	&	&	&	&	D	D	&	H		
Yulaf												
Sun II	H	D	D	D	R	H	D	H	H	H		
Pusa Hybrid Bsi	D	D	&	D	R	D	D	D	H	H		
Silva	(D)	&	&	D	&	(D)	D	(D)	(D)	H		
Mk H. 72-646	D	&	&	D	&	D	D	D	H	H		
Buğday												
Capa	H	H	&	H	&	H	H	H	H	H		
Aus 10894	D	&	&	D	&	D	H	D	(D)	H		
Loro x Koga	D	D	&	D	&	(D)	D	D	(D)	S		
Psathias	&	&	&	H	&	&	&	H	H	D		
Iskamish K-2 light	D	&	&	D	&	(D)	&	H	H	H		

* H: Hassas; D: Dayanıklı; () : Kısmi Dayanıklı/Hassas, &: Reaksiyon göstermemiştir.

Heterodera cinsine bağlı türlerin patotiplerini belirlemeye yönelik bir çok ülkede temel çalışmalar yürütülmüştür. Swarup ve ark. (1979), Hindistan’da yaptıkları araştırmada, 5 adet Tahıl kist nematodu popülasyonunda iki farklı patotipin olduğunu saptamışlardır. Brown (1982), Avustralya’nın Victoria, Batı Avustralya, Güney Avustralya ve New South Wales eyaletlerinde *H. avenae*’nin bir patotipinin olduğunu, zararlıya karşı birkaç dayanıklılık kaynağının (AUS 10894, Marocaine 079 (CI 8334) ve *Avena sterilis* (Cc 4658) bulunduğunu belirlemiştir. Ireholm (1994), İsveç’te, 97 adet Tahıl kist nematodu popülasyonu ile gerçekleştirdiği çalışmada, *Heterodera avenae* group’un H11, H12, G (Batı) ve G (Doğu) olmak üzere 4 farklı patotipin bulunduğunu tespit etmiştir. Romero ve ark. (1996), İspanya’da Tahıl kist nematodunun Santa Olalla ve Torralba de Calatrava popülasyonlarının patotiplerini sırasıyla Ha1 ve Ha2 gruplarına dahil olduğunu bildirmişlerdir. Mokabli ve ark. (2002), Cezayir’de Tahıl kist nematodları, *H. avenae*, *H. filipjevi* ve *H. latipons*’a ait sekiz popülasyonunu, altı adet uluslararası patotip ayırım hattına karşı testledikleri çalışmada popülasyonların arpa hatlarına karşı reaksiyonlarında farklılık olduğunu ve *H. avenae*’nin Cezayir popülasyonunun yeni bir patotip olabileceğini bildirmişlerdir. Al-Hazmi ve ark. (2001), Suudi Arabistan’da uluslararası konukçu bitki test ayırım hatları kullanarak, *H. avenae*’nin 3 popülasyonunun patotipini araştırmışlar ve söz konusu 3 popülasyonun arpa ayırım hatlarına göre *H. avenae* Ha1 grubu içinde, Ha11 veya Ha21 alt grubuna dahil olabileceğini, çavdar grubu ayrımlarına göre ise heterojen patotip reaksiyonu gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Türkiye’de Tahıl kist nematodlarının patotiplerini belirlemeye dönük çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte son yıllarda bazı araştırmaların olduğu görülmektedir. Özarslandan ve ark. (2008), uluslararası konukçu bitki test materyalleri kullanılarak, Tahıl kist nematodu *H. filipjevi*’nin Yozgat popülasyonunun patotipini belirledikleri çalışmada, Yozgat popülasyonunun *H. filipjevi*’nin bilinen 5 farklı patotipinden farklılık gösterdiğini bildirmektedirler. Toktay ve ark. (2013) *H. filipjevi*’nin Yozgat, Afşin ve Elbistan popülasyonlarının Ha 3 grubu içinde Ha 33 patotipi olduğunu belirtmektedirler. İmren ve ark. (2013a)

ise *H. avenae*'nin Doğu Akdeniz Bölgesi patotipinin Ha 1 grubu içinde Ha 21 olduğunu bildirmektedirler.

2.5. Tahıl Kist Nematodunun Zararı

Tahıl kist nematodlarının dünya genelinde buğday verimini olumsuz yönde etkilediği (Nicol, 2002b), özellikle yağışın sınırlı olduğu yerlerde çok daha fazla olmakla birlikte, dünya genelinde ortalama % 30 ile % 40 arasında ürün kaybına neden oldukları bildirilmektedir (Eastwood ve ark., 1994; Williamson ve Gleason; 2003). Tahıl kist nematodunun buğday üretiminde Pakistan'da %15–20 (Maqbool, 1988), Avustralya'da % 23–50 (Meagher, 1972), Suudi Arabistan'da % 40-% 92 (İbrahim ve ark., 1999), Çin'de % 10–40 (Peng ve ark., 2007), Amerika'da %25-%40 (Smiley ve ark., 1994; 2005) ve Türkiye'de %5-50 (Nicol ve ark., 2006) arasında ürün kaybına neden olduğu bildirilmektedir. *H. avenae*' nin ılıman iklim bölgelerinde ekonomik zarar eşiğinin çavdar, buğday ve arpada sırasıyla 0.2; 1.0 ve 5.0 yumurta ve larva/g toprak olduğu belirtilmiştir (Sikora, 1987).

2.6. Tahıl Kist Nematodunun Mücadelesi

Tahıl kist nematodu ile mücadelede ekim nöbeti, nadas, çeşitli toprak işleme teknikleri, dayanıklı veya tolerant hat ve çeşitlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte üreticilerin nadası pek tercih etmemesi, münavebeye giren alternatif kültür bitkilerinin sınırlı sayıda olması ve ekonomik getirisinin düşük olması gibi nedenlerden dolayı nematodun mücadelesinde en etkili yöntemin dayanıklı/tolerant çeşitlerin kullanımı olduğu bildirilmektedir (Andersen, 1982; Williams ve ark., 2003). Dayanıklı çeşitlerin kullanımı, nematodların gelişmesini tamamen engellemesi veya belli bir düzeyde tutması, özel uygulama tekniği ile alet ekipman gerektirmemesi, diğer mücadele yöntemlerine göre maliyetinin düşük ve çevre dostu olmasından dolayı tercih edilmektedir (Nicol ve ark., 2002a; Schmidt ve ark., 2005; Zwart ve ark., 2005).

Hastalık ve zararlılara dayanıklı gen kaynakları doğada çoğunlukla bitkilerin yabani formlarında mevcut olup melezleme çalışmaları ile kültür formlarına aktarılmıştır (Boerma ve Hussey, 1992). Dünya genelinde buğdayın yabani formlarından buğdayda aktarılmış ve Tahıl kist nematodlarına dayanıklılığı sağlayan (*Cre*) genlerin bulunduğu, söz konusu genlerin nematodun türüne ve aynı türün patotiplerine karşı dayanıklılık mekanizmasının farklılık gösterdiği bildirilmektedir (Nicol ve ark., 2008). Bu kapsamda, Barloy ve ark. (2007) Tahıl kist nematodlarına karşı 9 adet dayanıklı genin belirlendiğini bildirmektedir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3'te görüldüğü üzere *Cre* 1 geninin *Triticum aestivum*; *Cre* 2, *Cre* 5 ve *Cre* 6 genlerinin *Aegilops ventricosa*; *Cre* 3 ve *Cre* 4 genlerinin *Triticum tauschii*, *Cre* 7 geninin *Ae. Triuncialis*; *Cre* 8 ve *Cre* R geninin *Secale cereale*'den buğday hatlarına aktarıldığı bildirilmektedir. Eastwood (1991), 420 adet yabani buğday (*Triticum tauschii*) hattının *H. avenae*'ya karşı dayanıklılığını araştırmış ve 13 buğday hattının dayanıklı olduğunu saptamıştır. Delibes ve ark. (1993), yabani buğday çeşidi *Aegilops ventricosa*'dan *Cre* 2 genini buğdaya aktarmış ve söz konusu genin tarla koşullarında verim artışına neden olduğunu bildirmişlerdir. Rivoal ve ark. (2001), Tahıl kist nematodları, *H. avenae*, *H. filipjevi* ve *H. latipons* popülasyonlarının *Cre* 1, *Cre* 3 genlerinden herhangi birine ve *T. aestivum* ile AUS 4930 genotipine karşı virülenslik gösterdiği en dayanıklı fenotipi ise AUS 4930'un oluşturduğunu saptamışlardır.

Ogbonnaya (2001a, b), Tahıl kist nematodu, *H. avenae*'nin farklı patotiplerine karşı dayanıklı bulunan *Cre* 1, *Cre* F ve *Cre* 3 genlerini içeren çeşitlerin ıslah çalışmalarında kullanılmasının daha avantajlı olduğunu bildirmektedir. Zaharieva ve ark. (2001), yabani buğday türlerinden olan *Aegilops geniculata*'nın hastalık, zararlı ve stres faktörlerine dayanıklı bir kaynak olduğunu, *H.avenae*'nin Fransa (Ha41) ve Suriye (E125) popülasyonlarına, *P. thornei*'nin ise Meksika popülasyonuna karşı iyi derecede dayanıklı bulunduğunu belirtmişlerdir. Montes ve ark. (2003), *Aegilops ventricosa* AP-1 ve # 10 kodlu izolatlarından sırasıyla kültüre alınan buğdaya aktarılmış olan *Cre* 2 ve *Cre* 5 genlerinin *H. avenae*'nin İspanya patotipi Ha71'e karşı yüksek oranda dayanıklılık sağladığını saptamışlardır. Majnik ve ark. (2003), *Cre* 1 geninin *H. avenae*'nin Avrupa ve Avustralya patotiplerine karşı dayanıklılık

sağladığı, *Cre 3* geninin Avustralya patotiplerine karşı yüksek dayanıklı, Avrupa patotiplerine karşı ise duyarlı olduğunu bildirmektedirler. Montes ve ark. (2004), genomunda *Cre 7* genini ihtiva eden *Aegilops triuncialis*'in köklerinin nematod penetrasyonuna karşı koruyucu bariyer oluşturarak dayanıklılığı sağladığını bildirmektedirler.

Çizelge 2.3. Tahıl kist nematodlarına karşı kullanılan dayanıklılık kaynakları (Barloy ve ark., 2007'den uyarlanmıştır.)

Tür	Çeşit veya Hat	Taşıdığı Gen	Literatür
<i>Triticum aestivum</i>	Loros, AUS10894	Cre1	Sloot Maker ve ark. (1974) Bekal ve ark. (1988)
	Festiguay	Cre8	Paul ve ark (1988)
	AUS4930	Cre1	Bekal ve ark (1998) Nicol ve ark. (2001)
<i>T. durum</i>	Psathias, 7654	?	Rivoal ve ark. (1986)
	7655, Sansome, Khapli	?	
<i>Triticosecale</i>	T701-4-6	Cre R	Dundas ve ark., (2001) Aseiedu ve ark. (1990)
<i>Secale cereale</i>	R173 family	Cre R	Taylor ve ark. (1998)
<i>Aegilops tauschii</i>	CPI 110813	Cre4	Eastwood ve ark. (1994) Rivoal ve ark (2001)
<i>Ae. tauschii</i>	AUS18913	Cre3	Eastwood ve ark. (1991) Eastwood ve ark. (1994) Rivoal ve ark (2001)
<i>Ae. peregrina</i> (<i>Ae. variabilis</i>)	1	Cre (3S), Rkn2	Barloy ve ark (1996) Jahier ve ark. (1998) Rivoal ve ark. (2001)
<i>Ae. longissima</i>	18	?	Bekal ve ark. (1998)
<i>Ae. geniculata</i>	79, MZ1, MZ61, MZ77, MZ124	?	Bekal ve ark. (1998) Zaharieva ve ark. (2001)
<i>Ae. triuncialis</i>	TR-353	Cre7	Romero ve ark.(1998)
<i>Ae. ventricosa</i>	VPM1	Cre5	Jahier ve ark. (2001) Ogbonnaya ve ark. (2001a) Ogbonnaya ve ark. (2001b)
	11, AP-1, H-93-8	Cre2	Delibes ve ark. (1993) Andres ve ark. (2001) Rivoal ve ark. (2001)
	11, AP-1, H-93-8, H-93-35	Cre6	Ogbonnaya ve ark. (2001a) Ogbonnaya ve ark. (2001b) Rivoal ve ark. (2001)

Tahıl kist nematodları ile mücadelede dayanıklılık kaynaklarının araştırılması ve kullanımına yönelik çalışmalar dünya genelinde oldukça yoğun bir şekilde yürütülmektedir. Ancak, söz konusu dayanıklılık kaynaklarının ülkemizde bulunan Tahıl kist nematodu türleri ve patotiplerine karşı etkili olduğu konusundaki araştırmalar sınırlı düzeyde kalmış olsa da son yıllarda kayda değer çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Akar ve ark. (2009), Türkiye’de 200’ün üzerinde yerel çeşidin *Cre 1* ve *Cre 3* genleri yönünden taramasının yaptıkları çalışmada, ulusal çeşitlerde söz konusu genlere rastlanılmadığını bildirmektedir. Nicol ve ark. (2009), Tahıl kist nematodu *H. filipjevi*’ye karşı dayanıklılık genleri *Cre R*, *Cre 1* ve *Cre 5*’in orta düzeyde dayanıklı olduğu, *Cre 3* ve *Cre 8* hassas olduğunu saptamışlardır. Şahin (2010), Tahıl kist nematodu, *H. filipjevi*’nin Haymana popülasyonuna karşı HN7/OROFEN//BJN8/3/SERI82 pedigrili hat; *Aegilops tauchii*#40, *Ae. speltoides aucheri*, *Triticum dicoccoides*#43, *T. dicoccoides*#45, *Ae.vavilovi* yabancı buğday türlerinin dayanıklı olduğunu bildirmektedir. Özarslandan ve ark. (2008) ve Toktay et al. (2012), dayanıklılık geni *Cre1*’in Tahıl kist nematodu *H. filipjevi*’nin Haymana ve Yozgat popülasyonuna karşı hassas reaksiyon gösterdiğini bildirmişlerdir. İmren ve ark. (2013b) dayanıklılık genlerinin etkinliklerinin Tahıl kist nematodları, *H.avenae*, *H. filipjevi* ve *H. latipons* popülasyonuna göre değiştiği; bununla birlikte *Cre 1*’in her üç nematod popülasyonuna karşı tam bir dayanıklılığa sahip olduğu, *Cre 3* ve *Cre 7*’nin *H. avenae* ve *H. latipons*’a, *Cre R*’nin *H. filipjevi* ve *H. latipons*’a, *Cre 8*’in ise sadece *H. filipjevi* popülasyonuna karşı dayanıklı olduğu ve *Cre 2*’nin ise her üç nematod türüne karşıda hassas olduğunu bildirmişlerdir.

Tahıl kist nematodu zarar skalası: Tahıl kist nematodları ile bitki interaksiyonunun araştırıldığı çalışmalarda nematodun zararını sınıflandıran skala sistemleri geliştirilmiştir. Bununla ilgili olarak Brown ve Meager (1970), oluşturdukları skala’da, bitki kökünde hiç kist bulunmadığında 0; 1–10 kist bulunduğunda 1; 11–50 kist bulunduğunda 2; 51–100 kist bulunduğunda 3; 100’ den fazla kist bulunduğunda 4 değerini vermişlerdir. Söz konusu skalaya göre, 0 dayanıklı, 1 orta dayanıklı, 2 ve 3 hassas, 4 çok hassas olarak değerlendirilmiştir. Mathur ve ark. (1974) ve Irelholm (1994) bitki kökünde 3 veya daha az kist olmasını dayanıklı olarak kabul etmişlerdir. Nicol ve ark. (2009b) bitki kökünde 5 veya daha

az kist: dayanıklı, 5-10 kist: orta dayanıklı, 10-14 kist: orta hassas, 15-25 kist: hassas ve 25 veya üzeri kist: çok hassas olarak değerlendirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Buğday Alanlarında Tahıl Kist Nematodu, *Heterodera avenae* group Türlerinin Belirlenmesi

3.1.1. Tahıl Kist Nematodu Sörveyi

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana, Osmaniye, Hatay ve Kahramanmaraş illerinde (Şekil 3.1), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır illerinde (Şekil 3.1) buğday alanlarında Tahıl kist nematodu türlerinin belirlenmesi amacıyla 2009-2012 yıllarında 4 yıl süreyle örneklemeler yapılmış ve toplam 711 toprak ve kök örneği alınmıştır.



Şekil 3.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodu örneklemesinin yapıldığı iller

Tahıl kist nematodunun örneklenmesinde sistematik örnek alma metodu esas alınmış (Bora ve Karaca 1970) örneklemeler, buğday hasadının bir ay öncesinde gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek için örneklem alanının 15-20 farklı noktasından buğdayın kılcal kökleri ile birlikte rizosferinden, bel yardımıyla 15-20 cm derinlikten 2 kg toprak ve kök örneği alınmıştır.

Tahıl kist nematodu sörveylerinde örnekleme yapılan alandaki bitki deseni ve lokasyona ait GPS (Coğrafik belirleme sistemi) değerleride ayrıca kaydedilmiştir.

3.1.2. Örneklerden Kistlerin Elde Edilmesi:

Bitki kökleri ve toprak örneklerinde bulunan kistlerin izolasyonunda Fenwick (1940) metodunun modifiye edilmiş biçimi olan Kort cihazı kullanılmıştır (Hooper, 1986a; Shepherd, 1986) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Toprak örneklerinden kistlerin elde edilmesinde kullanılan Kort cihazı

Bu yöntemde cihazın üzerindeki kaba elek içine her bir örnekten 250 g toprak örneği yerleştirilmiş ve orta basınçta (6 lt/da) yıkanmıştır. Cihazın oluğundan akan sularda bulunan kistler 850 ve 250 μ m çapındaki elekler üzerine aktarılmıştır. Daha sonra 250 μ m çapındaki elek üzerinde toplanan süzölmüş toprak, sayım kaplarına alınarak, içerisindeki kistler 20x büyütmeli binoküler mikroskopta toprak, kök ve gübre parçalarından ayrılarak toplanmıştır. Elde edilen kistler % 0.05'lik NaOCl ile 10 dakika muamele edilerek fungal kontaminasyonu önleyici 8-hidroksi quinolin solusyonundan geçirilerek steril saf su ile yıkanmıştır.

Morfolojik ve moleküler çalışmalarda kullanılmak üzere her bir popülasyona ait ortalama 50 adet kist toplanılarak oda sıcaklığında kuru olarak saklanmıştır.

Örneklerin sayımları sonucunda Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodunun yaygınlık ve yoğunluğu sörvey yapılan iller bazında belirlenmiştir.

3.1.3. Tahıl Kist Nematodlarının Teşhisi

Tahıl Kist Nematodlarının Morfolojik Teşhisi: Tahıl kist nematodu türlerinin morfolojik teşhisi dişi ve ikinci dönem larvaların morfometrik kriterlerine göre yapılmıştır (Subbotin ve ark.,1999; Siddiqi, 2000).

İkinci dönem larvaların (J₂) daimi preperatlarının hazırlanması: Teşhisi yapılacak her bir popülasyondan yaklaşık 40-50 arası ikinci dönem larva 1 ml su içerisinde toplanmıştır. Su içerisindeki ikinci dönem larvalar 65 °C’ deki su banyosu içinde 2 dakika bekletilerek öldürülmüş ve 1 ml TAF solüsyonu (7 ml % 40’ lık formaldehid + 2 ml trietanolamin + 91 ml saf su) eklenerek 2 gün süreyle fikse edilmiştir. Fikse edilen nematodlar, 5 cm çapında plastik petrilere aktarılmış ve 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 geçirilerek oda sıcaklığında kurtulmuş ve en son örnekler saf gliserin içerisine alınmıştır. Örnek içerisindeki nematodlar, cins düzeyinde gruplara ayrılarak tür teşhisi için lam üzerinde sabitlenmiştir (Hooper, 1986b).

Dişi bireylerin daimi preperatlarının hazırlanması: Teşhisi yapılacak her bir popülasyona ait 8-10 kistin vulval kesitleri alınarak daimi pereperatları hazırlanmıştır. Bu amaçla, kistlerin vulva kısmı bisturi yardımıyla kesilerek, % 15’ lik H₂O₂ içinde kesitin rengi açılana kadar bekletilmiştir. Kistlere ait kesitler lam üzerine damlatılmış kanada balsamı içine yerleştirilerek, lamel ile kapatılmış ve etrafi cila ile çevrilerek sabitlenmiştir (Hooper, 1986).

Tahıl kist nematodlarının tür teşhisleri, dişi ve larva pereperatlarından yapılmıştır. Yapılan teşhisler Prof. Dr. İ. Halil ELEKCİOĞLU’na doğrulanmıştır.

Tahıl Kist Nematodlarının Moleküler Teşhisi

DNA izolasyonu: DNA izolasyonu Tanha Maafi (2003)'nin bildirdiği tek kisten DNA elde etme protokolüne göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle göre, her bir popülasyondan bir adet dolgun kist 2 ml ddH₂O içerisinde ezilerek ikinci dönem larvaların suya geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra içerisinde 25µl ddH₂O (25µl ddH₂O içerisinde 5-10 adet ikinci dönem larva olacak şekilde) PCR tüplerine (0.2 ml) aktararak üzerine 25µl WLB (+) ilave edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Tek kisten DNA izolasyonu için örneklerinin PCR'a hazırlanması

Karışım 65°C'de 90 da, ardından 99°C'de 5 da thermocycle'da inkübe edilerek -20°C'de muhafaza edilmiştir.

DNA'nın izolasyonunda kullanılan WLB (+)'nin hazırlanmasında 950 µl Worm Lysis Buffer WLB(-) +10µl beta-mercaptoethanol + 40µl (20mg/ml ProtK) kullanılmıştır. Worm Lysis Buffer, WLB (-) hazırlanmasında 2ml 1M NaCl + 2ml 1M Tris-HCl, Ph8 + 5,5 ml ddH₂O kullanılmıştır.

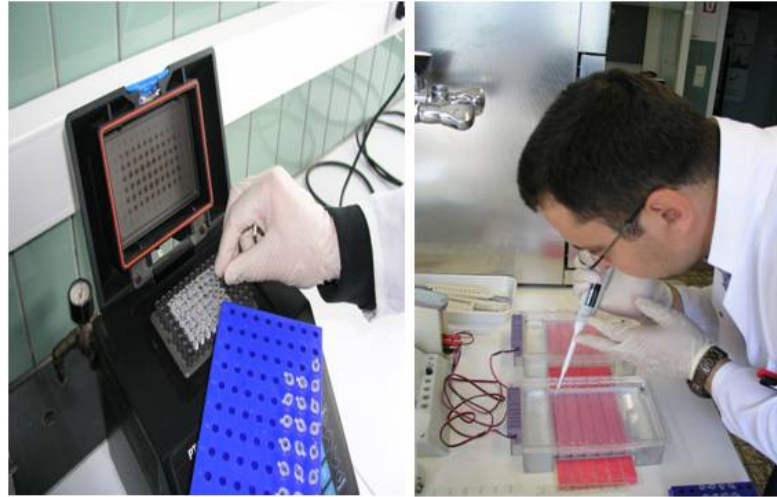
DNA amplifikasyonu: Tahıl kist nematodlarına ait rDNA'nın ITS bölgesi Ab 28 ve Tw 81 primerleri (Çizelge 3.1) kullanılarak amplifike edilmiştir. Amplifikasyonda Thermo Scientific'in #K1071 nolu hazır kiti (Dream Taq Master Mix) kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. DNA'nın amplifikasyonunda kullanılan primerler

Primer ismi	5_3' sekans	Kaynaklar
Tw 81	5'-GTTTCCGTAGGTGAACCTGC-3'	Joyce et al. (1994)
Ab 28	5'-ATATGCTTAAGTTCAGCGGGT-3'	Joyce et al. (1994)

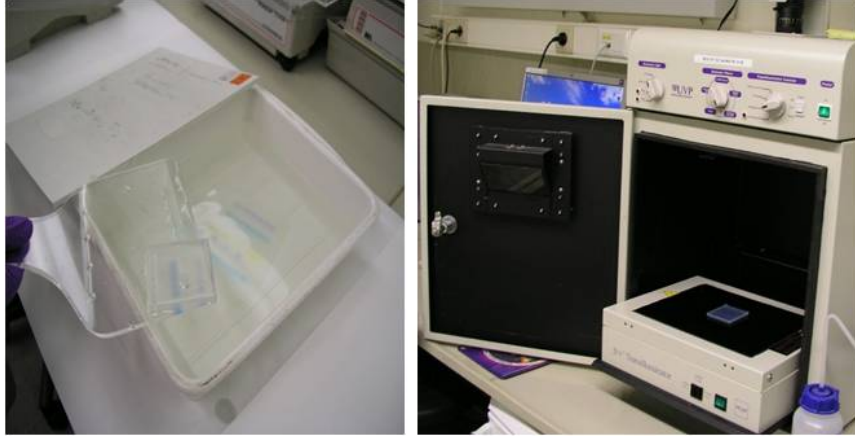
PCR reaksiyonu 32 µl ddH₂O, 15 µl Dream Taq (Master Mix), 0,5 µM Ab28 primer, 0,5 µM Tw 81 primer ve 2 ng/µl DNA olacak şekilde toplam 50 µl'de gerçekleştirilmiştir.

PCR döngüsü, başlangıçta 94 °C de 4 da, 94 °C de 60 sn, 55°C de 60 sn, 72°C de 120 sn ve PCR 35 döngü, son olarak 72°C 10 da olacak şekilde tamamlanmış ve PCR ürünleri %1.5 agaroz gelde elektroforez (100 V- 40 da) edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Amplifike edilecek olan DNA örneklerinin thermocycle'a yerleştirilmesi ve PCR ürünün agaroz jelde yürütülmesi

Agaroz gelde elektroforez edilen PCR ürünü 15 da etidyum bromid (0.1 µg/ml) çözeltisinde bekletildikten sonra UV transilluminatör yardımı ile görüntülenmiş ve jel fotoğrafları çekilmiştir. Kalan PCR ürünleri -20 °C saklanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. PCR ürününün etidyum bromid bekletilerek UV’de görüntülenmesi

PCR ürünün DNA bant yöntemi re-amplifikasyonu: PCR ürünü “DNA Bant Yöntemi” esas alınarak re-amplike edilmiştir. Bu amaçla her bir popülasyona ait birincil PCR ürünü %1.25 agaroz gelde elektroforez (100 V for 40 da) edilerek 15 da etidyum bromid (0.1 µg/ml) çözeltisinde bekletildikten sonra UV transilluminatör yardımı ile görüntülenmiş ve banttaki DNA pipet ucu yardımı ile alınarak (tip 3-5 kez DNA bandına temas ettirildi) önceden hazırlanıp PCR reaksiyonu içine aktarılmıştır (Şekil 3.6). Bu işlem her bir popülasyon için üç en az tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Amplifike edilmiş olan DNA’nın pipet ucu yardımıyla PCR reaksiyonu içine aktarılması

PCR reaksiyonu 34 µl ddH₂O, 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 mikrolitrede gerçekleştirilmiştir.

PCR döngüsü, başlangıçta 94 °C de 4 da, 94 °C de 60 sn, 55°C de 60 sn, 72°C de 120 sn ve PCR 25 döngü, son olarak 72°C 10 da olacak şekilde tamamlanmıştır. PCR ürünü %1,25'lik agaroz gelde elektroforez (100V-40 da) edilerek saflaştırma işlemine geçilmiştir.

PCR ürününün saflaştırması: Re-amplifike edilmiş olan PCR ürünü Promega'nın saflaştırma kiti kullanılarak (Wizard® SV Gel and PCR Clean-Up System) agaroz jelden purifiye edilmiştir. Bu amaçla,

- a) Re-amplifike edilmiş PCR ürünü UV transilluminatörde görüntülenmiş, tek bir DNA bandı gözlemlenmiştir. Söz konusu DNA bandı bir bistüri yardımıyla kesilerek 1,5 ml mikrosantrifüj tüplere aktarılmıştır.
- b) 1,5 ml mikrosantrifüj tüplerdeki 100 mg agaroz jel dilimine 700 µl bağlama solüsyonu (Membrane binding solution) ilave edilerek 60 °C'de 10 da su banyosu yaptırılmıştır. İnkübasyon esnasında DNA'nın agaroz jel diliminden daha kolay ayrılması için en az 3 defa tüpler ters çevrilerek jelin tam olarak erimesi sağlanmıştır.
- c) Eriyik, içine temiz filtreli rezervuar tüpler yerleştirilmiş olan toplama tüpleri içerisine 700 µl + 700 µl olacak şekilde iki defada aktarılmış ve her defasında maksimum hızda (14000 rpm/da) 60 sn santrifüj edilmiş ve her defasında eriyik dikkatli bir şekilde döküldükten sonra DNA'ların filtreli rezervuar tüplerde toplanması sağlanmıştır.
- d) Filtreli rezervuar tüpler tüplerdeki DNA'lara 700 µl yıkama solüsyonunu (Membrane wash solution) ilave edilerek 1 da süreyle oda sıcaklığında inkübe edildikten sonra, maksimum hızda (14000 rpm/da) 60 sn santrifüj edilerek yıkama solüsyonu dikkatli bir şekilde dökülmüştür.
- e) DNA'lara 500 µl yıkama solüsyonunu ilave edilerek 1 da süreyle oda sıcaklığında inkübe edildikten sonra, maksimum hızda (14000 rpm/da) 5 da santrifüj edilerek yıkama solüsyonu dikkatli bir şekilde dökülmüştür.

- f) Filtreli rezervuar tüpler 1,5 ml yeni mikrosantrifüj tüplere aktararak (14000 rpm/da) 60 sn santrifüj edilmiştir.
- g) Saflaştırılmış DNA'nın yeni tüplere geçişini sağlamak amacıyla amacıyla 30 µl ddH₂O su üsteki temiz rezervuar filtre tüplere eklenerek maksimum hızda (14000 rpm/da) 60 sn santrifüj edilmiştir.
- h) Saflaştırılmış PCR ürünü konsantrasyonu belirlenerek (Nanodrop-1000) ve +4 °C'de saklanmıştır.
- i) Her bir örnekten 1,5 ml mikrosantrifüj tüplere 5 µl DNA + 5 µl Ab 28 primer konularak sekansa gönderilmiştir.

Sekans Analizi: rDNA'nın ITS bölgesi amplike edilen 114 popülasyonun sekans analizleri Güney Kore'de MacroGen firmasına yaptırılmış olup sekans sonuçları Software Packages Chromas 2.00 (Technelysium, Helensvale, QLD, Australia) programı kullanılarak analiz edilmiş ve gen bankasından (Sequin v. 9.00, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) DNA'ların tanımlanması yapılmıştır.

3.1.4. Tahıl Kist Nematodu Popülasyonları arası Filogenetik Benzerliklerin Araştırılması

Tahıl kist nematodu popülasyonları arasındaki tür içi ve türler arasındaki filogenetik benzerlikler Maksimum benzerlik metodu esas alınarak, PAUP v. 4.0b10 bilgisayar paket programında yapılmış ve Çizelge 3.2'de belirtilen ve Genbank'ta kayıtlı olan DNA sekansları kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Tahıl kist nematodu popülasyonlar arasın filogenetik benzerliklerin araştırılmasında kullanılan Genbankta kayıtlı olan DNA sekansları

No	Kod	Tür	Origin
1	HM560755	<i>H. avenae</i>	İran
2	JX024197	<i>H. avenae</i>	Al-Hasake - Suriye
3	AF274397	<i>H. avenae</i>	Hindistan
4	JN657198	<i>H. avenae</i>	Tuqiao - Çin
5	HQ450299	<i>H. avenae</i>	Chenzhuang - Çin
6	EU616697	<i>H. avenae</i>	Huangyuan - Çin
7	AY148351	<i>H. pratensis</i>	Rusya
8	AY148384	<i>H. pratensis</i>	Otterndorf - Almanya
9	AY148380	<i>H. aucklandica</i>	İngiltere
10	AY692356	<i>H. hordecalis</i>	Estonya
11	AF274396	<i>H. arenaria</i>	İngiltere
12	AY148394	<i>H. australis</i>	Güney Avusturalya -Avusturalya
13	AY148395	<i>H. australis</i>	York Peninsula -Avusturalya
14	AY148396	<i>H. australis</i>	York Peninsula -Avusturalya
15	AY148377	<i>H. mani</i>	Hamminkeln - Almanya
16	AY148375	<i>H. mani</i>	Hamminkeln - Almanya
17	AY148378	<i>H. mani</i>	Bavaria - Almanya
18	AY692357	<i>H. mani</i>	İngiltere
19	AF498384	<i>H. humuli</i>	İran
20	AY166436	<i>H. schachtii</i>	Fas
21	AY148404	<i>H. filipjevi</i>	Marvast -İran
22	AF498382	<i>H. latipons</i>	İran
23	JX024184	<i>H. latipons</i>	Türkiye
24	JX024179	<i>H. latipons</i>	Deir Ez-Zor - Suriye
25	JX024182	<i>H. latipons</i>	Deir Ez-Zor - Suriye
26	HM560790	<i>H. latipons</i>	Ürdün
27	JQ319036	<i>H. latipons</i>	Ain Jemaea - Fas
28	AY148407	<i>H. ustinovi</i>	Belçika
29	AY045758	<i>H. ciceri</i>	Suriye
30	AF498374	<i>H. goettingiana</i>	İran
31	AF274418	<i>Cryphodera brinkmani</i>	Japonya
32	AF274419	<i>Meloidoderaalni</i>	Belçika

3.2. *Heterodera avenae*'nin Bazı Biyolojik Özelliklerinin *in-vitro* Koşullarda Araştırılması

Heterodera avenae'nin *in-vitro* koşullarda bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen denemelerde Hatay ili Reyhanlı ilçesi Beşaslan Köyünden (36°13'27K–36°80'18D) elde edilen *H. avenae* popülasyonu kullanılmıştır.

3.2.1. *Heterodera avenae* Yumurtalarının Olgunlaşması ve Larva Çıkışı Üzerine Sıcaklığın Etkisi

Bu çalışmada *in-vitro* koşullarda *Heterodera avenae* yumurtalarından larva çıkışı üzerine sıcaklığın etkisi araştırılmıştır.

Ön soğuklama: Tahıl kist nematodlarına ait yumurtaların gelişimi ve larva çıkışı için belirli süre kistlerin soğuklama ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. Soğuklama ihtiyacının süresi Tahıl kist nematodu türüne ve patotipine göre değişiklik gösterebilmektedir. Tahıl kist nematodu kistlerinin larva çıkışı öncesi soğuklama ihtiyaçlarının (6-8 hafta) karşılanması halinde larva çıkışının artış gösterdiği bildirilmektedir (Banyer & Fisher, 1971; Zancada & Sanchez, 1988; Şahin ve ark., 2010). Bu nedenle, farklı sıcaklıkların Tahıl kist nematodu yumurtalarından larva çıkışına etkisinin araştırıldığı çalışmada dormant periyodu (soğuklama ihtiyacı) kırmak amacıyla kistler +4°C de 66 gün süreyle bekletilmiştir.

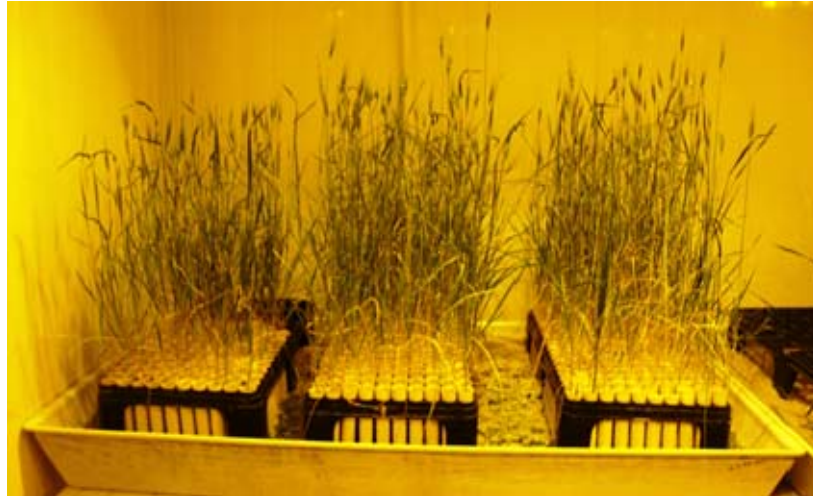
Sıcaklığın etkisi: *Heterodera avenae* yumurtalarından larva çıkışı üzerine sıcaklığın etkisinin araştırıldığı çalışmada ön soğuklama sonrası kistler iklim odasında, 5, 10, 15, 20 ve 25 °C sıcaklıklara alınmıştır. Böylece farklı sıcaklıkların yumurtadan larva çıkışına etkisi araştırılmıştır. Denemeler, kistlerden larva çıkışının tamamlandığı tarihte sonlandırılmış ve 252 gün boyunca kistlerden larva çıkışlarına sıcaklığın etkisi (ön soğuklama süresi + farklı sıcaklık) araştırılmıştır.

Denemeler içinde 3 ml steril saf su bulunan eppendorf tüpte bir kist olacak şekilde her bir sıcaklık için 12 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme deseninde kurulmuştur. Larvaların yumurtadan çıkışı her 7 günde bir kontrol edilerek sayımları

yapılmıştır. Çalışma sonunda her bir kiste çıkış yapan larva sayıları, toplam kist içindeki toplam larva sayısına oranlanarak 30 günlük dönemler için yüzde larva çıkışları (%) hesaplanmıştır.

3.2.2. *Heterodera avenae*'ya ait En Uygun Toprak Tipi, İnkülasyon Zamanı ve İnokülasyon Oranının Belirlenmesi

Heterodera avenae ile *in-vitro* koşullarda yürütülecek çalışmalarda en uygun toprak tipi, inkülasyon zamanı ve inokülasyon oranının belirlenmesi heflenmiştir. Deneme 2 farklı toprak tipinde 3 farklı inokülasyon zamanında ve 3 farklı inokülasyon oranında gerçekleştirilmiştir. Denemede *H. avenae*'ye karşı dayanıklı ve hassas olduğu bilinen buğday çeşitleri (dayanıklı; *Silverstar* ve *Croc*, hassas; *Seri* ve *Milan*) kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. *Heterodera avenae* için en uygun deneme test materyallerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen deneme

Toprak Tipinin Belirlenmesi: Buğday çeşit ve hatlarının *in-vitro* koşullarda *H. avenae*'ye karşı dayanıklılıklarının araştırılması amacıyla yürütülecek denemelerde kullanılabilecek en uygun yetiştirme ortamının belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemede 2 farklı toprak tipinin [killi toprak (%29 kum, %70 tarla toprağı, %1 yanmış çiftlik gübresi) ve kumlu toprak (%29 tarla toprağı, %70 kum,

%1 yanmış çiftlik gübresi)] nematodun çoğalmasına olan etkisi araştırılmıştır (Çizelge 3.3).

İnokülasyon Zamanının Belirlenmesi: *Heterodera avenae* ile *in-vitro* koşullarda yürütülecek denemelerde nematodun bitkiye verileceği en uygun zamanı saptanması hedeflenmiştir. Denemede 3 farklı inokülasyon zamanının etkisi araştırılmış ve nematod bitkiye dikimin 1., 3. ve 7. günlerinde inoküle edilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. *Heterodera avenae* için en uygun deneme test materyallerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen denemeye ait plan

Killi Toprak		Kumlu Toprak	
İnokülasyon Zamanı	İnokülasyon Oranı	İnokülasyon Zamanı	İnokülasyon Oranı
1. gün	1 J ₂ /g toprak	1. gün	1 J ₂ /g toprak
3. gün	1 J ₂ /g toprak	3. gün	1 J ₂ /g toprak
7. gün	1 J ₂ /g toprak	7. gün	1 J ₂ /g toprak
1. gün	2.5 J ₂ /g toprak	1. gün	2.5 J ₂ /g toprak
3. gün	2.5 J ₂ /g toprak	3. gün	2.5 J ₂ /g toprak
7. gün	2.5 J ₂ /g toprak	7. gün	2.5 J ₂ /g toprak
1. gün	5 J ₂ /g toprak	1. gün	5 J ₂ /g toprak
3. gün	5 J ₂ /g toprak	3. gün	5 J ₂ /g toprak
7. gün	5 J ₂ /g toprak	7. gün	5 J ₂ /g toprak

- Denemede 80 g toprak kapasiteli tüpler kullanılmış olup, inokülasyon oranları 80, 200 ve 400 ikinci dönem larva/tüp olarak hesaplanmıştır.

İnokülasyon Oranının belirlenmesi: Bu çalışmada *Heterodera avenae* ile *in-vitro* koşullarda yürütülecek denemelerde, bitkiye inoküle edilecek en uygun nematod yoğunluğu araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada nematodun 1, 2.5 ve 5 adet ikinci dönem larva/gram toprakta inokulumu tesadüf blokları deneme deseninde denemeye alınmıştır (Çizelge 3.3). Denemede 80 gram toprak kapasiteli tüpler kullanılmış ve inokülasyon oranları 80, 200 ve 400 ikinci dönem larva/tüp olarak hesaplanmıştır.

3.3. *Heterodera avenae*'nin Patotiplerinin Belirlenmesi

Tahıl kist nematodunun Doğu Akdeniz Bölgesi patotipinin belirlendiği bu çalışmada *H. avenae* olarak teşhis edilen İmece, Reyhanlı (Hatay) ve Karlık (Adana) popülasyonları “Uluslar Arası Konukçu Test Ayrım Hatları” (Andersen ve Andersen, 1982b) ile denemeye alınmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. *Heterodera avenae* patotipini belirlemede kullanılan Uluslar Arası Konukçu Test Ayrım Hatları

Tahıl çeşitleri	Orijin	Nord Gen Tohum Kodu
Arpa	Varde	Noveç
	Emir (<i>Rha</i> “E”)*	Hollanda
	Ortolan (<i>Rha</i> 1)*	Almanya
	Morocco(<i>Rha</i> 3)*	Danimarka
	Siri (<i>Rha</i> 2)*	Danimarka
	KVL 191 (<i>Rha</i> 2)*	Danimarka
	Bajo Aragon (<i>Rha</i> 2)*	Danimarka
	Herta	İsveç
	Martin 403-2 (<i>Rha</i> 3)*	Danimarka
	Dalmatische	?
	La Estanzuela	Danimarka
	Harlan 43	Danimarka
Yulaf	Sun II	Danimarka
	Pusa Hybrid BS1	Danimarka
	Silva	Almanya
	MK. H. 72-646	?
Buğday	Capa	Danimarka
	Aus 10894 (<i>Cre</i> 1)*	Danimarka
	Loros x Koga (<i>Cre</i> 1)*	Danimarka
	Psathias	Avusturya
	Iskamish K-2 Light	Afganistan

*Dayanıklılık genleri

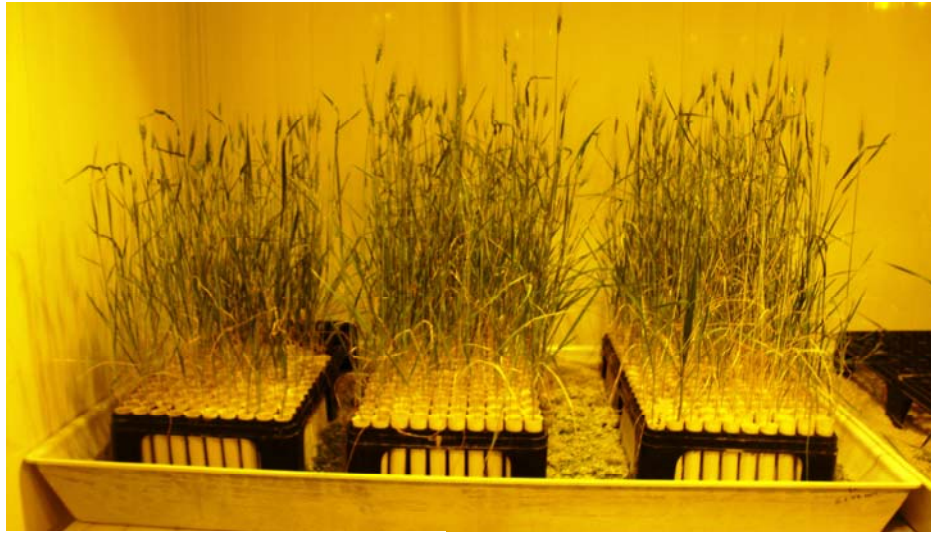
** Dalmatische ve MK. H. 72-646 çeşit ve hatlarının orijinleri bilinmemektedir.

Konukçu test ayırım materyalleri, arpa, yulaf ve buğday çeşit ve hatlarından oluşmakta olup, bazıları dayanıklılık genine sahip olduğu görülmektedir. Arpa ayırım hatlarından, Emir (*Rha*”E”), Ortolan (*Rha* 1), Morocco (*Rha* 3), Siri (*Rha* 2), Kvl 191 (*Rha* 2), Herta (*Rha* 2), La Enstuanzuela (*Rha* 2) ile buğday ayırım hatlarından Aus 10894 (*Cre*-1), Loro x Koga (*Cre*-1) genomunda dayanıklılık genlerini bulundurmaktadır. Denemelerde konukçu test ayırım hatlarına ilave olarak 4 adet

kontrol hattı; Milan (Orta hassas), Silverstar (Dayanıklı), Seri (Hassas), Croc_1/Ae. Squorrosa (Dayanıklı) kullanılmıştır.

3.4. *Heterodera avenae*'ya karşı Bazı Buğday Çeşit ve Hatlarının in-vitro Koşullarda Dayanıklılıklarının Araştırılması

Yerel Buğday Hat ve Çeşitleri: Ulusal buğday ıslah programlarında *H. avenae*'ya karşı dayanıklı çeşit ve hatların geliştirebilmesi için yerel buğday çeşit ve hatlarının Tahıl kist nematoduna karşı reaksiyonlarının araştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden elde edilmiş 15 adet ekmeklik, 27 adet makarnalık olmak üzere toplam 42 buğday hat ve çeşidi, *H.avenae*'nin belirlenen Ha21 patotipine karşı denemeye alınmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yerel buğday hat ve çeşitlerin *Heterodera avenae*'ye karşı testlenmesi

Uluslararası Buğday Hat ve Çeşitleri: Dünyada buğday ıslah programları kapsamında Tahıl kist nematodu türlerine ve patoptiplerine karşı bir çok buğday çeşit ve hattının dayanıklılıkları araştırılmaktadır. Zira, dayanıklılık kaynaklarının nematodun türlerine veya aynı nematod türünün farklı popülasyonlarına karşı etkisi farklı olabilmektedir (Nicol ve ark., 2008). Bu amaçla, genomunda *H. avenae*'nin Avusturalya patotipine karşı dayanıklı olduğu bilinen *Cre1* genine sahip ekmeklik bir buğday çeşidi Silverstar (Majnik ve ark., 2003) ile Sokoll, Calingiri, Goldmarker, Frame ve Stylet makarnalık buğday ebeveynlerinin melezlenmesi ile geliştirilen 64

adet melezin (C28SASWN) *H.avenae*'nin Ha21 patotipine karşı dayanıklılıkları araştırılmış ve popülasyonun virülensliği belirlenmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Uluslararası buğday hat ve çeşitlerinin *Heterodera avenae*'ye karşı testlenmesi

Yabani buğday (*Triticum dicoccoides*) Formlar: Dayanıklı gen kaynakları doğada çoğunlukla bitkilerin yabani formlarında mevcut olup melezleme ile kültür formlarına aktarılmaktadır (Boerma ve Hussey, 1992). Tahıl kist nematodlarına karşı dayanıklılık sağlayan 9 farklı *Cre* geninin yabani formlardan buğdaya aktarıldığı belirtilmektedir (Ogbonnaya, 2001a, b; Barloy ve ark., 2007). Buğdayın anavatanı olarak bilinen 'Verimli Hilal' olarak adlandırılan alanın içerisinde yer alan ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde uzun yıllardan beri doğal olarak bulunan yabani buğday türlerinin Tahıl kist nematoduna karşı dayanıklılık geni taşıyabileceği düşünülmektedir.

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Hakan ÖZKAN tarafından Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden 2004-2006 yıllarında toplanıp fenotipik ve genotipik karakterizasyonu yapılan, kendileme çalışmaları ile homozigot hale getirilerek tohumları çoğaltılmış *Triticum dicoccoides* popülasyonlarının *H. avenae*'nin Ha 21 patotipine karşı dayanıklılıkları bu çalışmada araştırılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Bazı yabani buğday formlarının *Heterodera avenae*'ye karşı testlenmesi

Denemelerin Kurulması ve Değerlendirilmesi: *Heterodera avenae* ile *in-vitro* koşullarda yürütülen denemeler tesadüf blokları deneme deseninde, 7 tekerrürlü ve iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme kurulmadan önce denemeye alınan tohumların yüzey sterilizasyonları (% 0,05 sodyum hipoklorit çözeltisinde 1 da süreyle bekletilmesi) yapılmıştır. Tohumlar çimlendirildikten sonra (İçinde steril suyla nemlendirilmiş filtre kağıdı bulunan 9 cm çapındaki petrilere yerleştirilip 20 °C'de 48 saat inkübe edilmesi) içerisinde karışım toprak bulunan 3 x 13 cm boyutlarındaki tüplere dikimi gerçekleştirilmiştir.

Bitkiler 9-12 hafta süresince 16 saat ışıklandırılmalı 23-25 °C' sıcaklıktaki iklim odasında yetiştirilmiş, bu süre sonunda söküm yapılarak, her bitkideki kist sayısı sayılmış, veriler SPSS 10.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) istatistik programı kullanılarak ANOVA testi ile değerlendirilmiştir.

Bitki kökündeki kistler; 5 veya daha az kist: dayanıklı, 5-10 kist: orta dayanıklı, 10-14 kist: orta hassas, 15-25 kist: hassas ve 25 veya üzeri kist: çok hassas olarak sınıflandırılmıştır (Nicol ve ark., 2009b).

3.5. Tarla Koşullarında *Heterodera avenae*'nin Meydana Getirdiği Ürün Kaybının Araştırılması

Tarla koşullarında *H. avenae*'nin buğdaydaki ürün kaybına yönelik deneme, 2012 ve 2013 yıllarında Adana ili Sarıçam ilçesi Karlık köyünde (inokulum yoğunluğu: 16 larva/ gram toprak) yürütülmüştür.

Tarla denemesinde Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen Adana 99, Ceyhan 99, Karatopak, Osmaniye buğday çeşitleri kullanılmıştır. Denemede Tahıl kist nematoduna hassas olduğu bilinen Seri-82 (hassas) ve genomunda dayanıklılık geni *Cre1* ihtiva eden Silverstar (dayanıklı) buğday çeşitleri kontrol çeşitleri olarak kullanılmıştır. Tarla denemesinin genel görünümü şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. *Heterodera avenae*'ye ait verim denemesi

Denemeler, tesadüf blokları bölünmüş parsel deneme desenine göre, nematodlu ve nematodsuz parseller olacak şekilde 6 çeşit ve 6 tekrarlı olarak kurulmuştur. Deneme parselleri 1,40 m genişliğinde ve 3 m uzunluğunda (4,2 m²) olup, her parselin aralarına 8 sıra emniyet şeridi bırakılmıştır. Buğday ekimi sırasında toprağa 150 kg/ha diamonyum fosfat (DAP), uygulanmış ve 400 adet tohum /m² olacak şekilde ekim yapılmıştır.

Tarla koşullarında *H. avenae*'nin buğdaydaki ürün kaybının belirlendiği 2012 yılı denemesi 02 Kasım 2011 tarihinde kurulmuş 10 Haziran 2012 tarihinde hasat edilmiş, 2013 yılı denemesi ise 08 Kasım 2012 tarihinde kurulmuş 01 Haziran 2013 tarihinde hasat edilmiştir. 2012 yılında düzensiz bir yağış seyrinin olduğu ve yetiştirme periyodunun genellikle kurak geçtiği, 2013 yılında genel olarak yağışların yeterli ve düzenli olduğu gözlemlenmiştir.

Denemede oluşturulan 72 parselin her birinde nematodların başlangıç popülasyonlarını (P_i) belirlemek amacıyla buğday ekiminden yaklaşık 3 hafta sonra, sonuç popülasyonlarını (P_f) belirlemek için ise hasat zamanında, parsellerin 9 ayrı noktasından burgu yardımıyla toprak ve kök örnekleri alınmıştır. Her bir parselden alınan bitki ve toprak örneğinde bulunan dolu ve boş kistler sayılmıştır.

Tarla koşullarında *Heterodera avenae*'nin buğdaydaki ürün kaybının belirlenmesine yönelik çalışmada çeşit bazında nematodlu ve nematodsuz parsellerdeki verim değerleri ve nematodun üreme oranları ($MR=P_f/P_i$) t testine ($t \leq 0,05$) tabii tutularak değerlendirilmiştir.

Deneme süresince parsellerde bulunan buğday bitkileri dikkatlice gözlenmiş, çeşitli yabancı ot ve hastalık etmenlerine karşı gerekli koruyucu önlemler alınmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Buğday Alanlarında Tahıl Kist Nematodu, *Heterodera avenae* group Türlerinin Belirlenmesi

Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodu türlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen sorveylerde, zararlının üst üste buğday veya arpa ekimin yapıldığı alanlarda bulunma olasılığının yüksek olmasından dolayı monokültür tarımın yapıldığı alanlar tercih edilmiştir.

4.1.1. Tahıl Kist Nematodu Sörveyi

Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi buğday alanlarından alınan 711 toprak ve kök örneğinden 371’inde *H. avenae* group kistlerine rastlanılmış ve bulaşıklık oranı %52 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1).

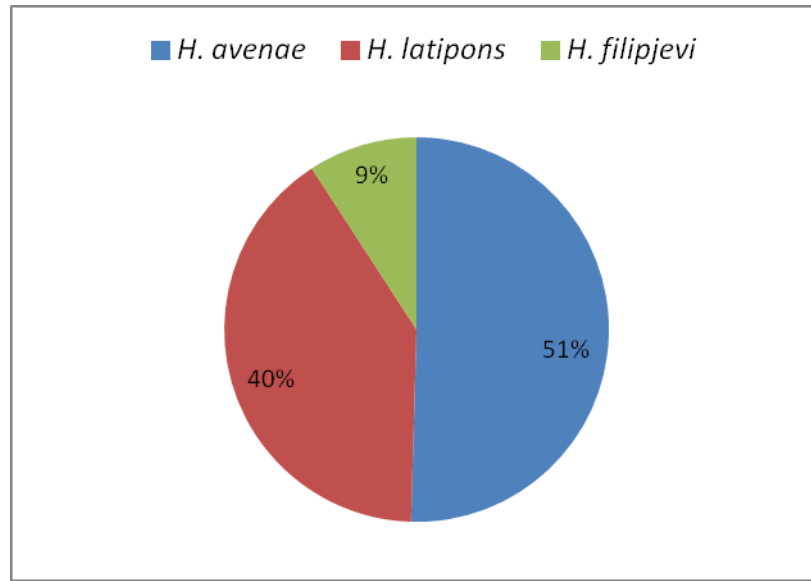
Çizelge 4.1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde buğday alanlarında Tahıl kist nematodu sörveyine ait bilgiler

No	Örnekleme yapılan iller	Örnekleme alanı (da)	Alınan örnek sayısı	Nematodla bulaşık örnek sayısı	Örnekteki Bulaşıklık oranı (%)
1	Gaziantep	779, 931	127	79	62
2	Kilis	171, 691	124	71	57
3	Şanlıurfa	1 046, 387	86	55	63
4	Diyarbakır	1 003,489	46	19	41
5	Mardin	714, 477	85	41	48
6	Hatay	904,604	113	42	37
7	Adana	406, 246	40	21	52,5
8	Osmaniye	226,170	22	9	40,9
9	K.Maraş	448, 507	48	25	52
10	Şırnak	481,870	20	9	45
	Toplam	12 221,464*	711	371	52

* İldeki monokültür tarımın yapıldığı alanlardan örnekleme yapılmıştır.

Çizelge 4.1 incelendiğinde örneklenen iller arasında en yüksek bulaşıklık oranı sırasıyla %63 ile Şanlıurfa, %62 ile Gaziantep ve %57 ile Kilis illerinde, en düşük bulaşıklık oranı da %37 ile Hatay ilinde tespit edilmiştir.

Teşhisi yapılan 111 popülasyonun Tahıl kist nematodları *H. avenae*, *H. latipons* ve *H. filipjevi*'den oluştuğu saptanmıştır (Şekil 4.1). Söz konusu popülasyonun % 51'i *H. avenae*, % 40'ı *H. latipons* ve % 9'u *H. filipjevi* olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Teşhisi yapılan 111 popülasyon içerisinde türler ve bulunma oranları

Teşhis çalışmaları sonucunda Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana, Osmaniye, Hatay ve Kahramanmaraş illeri buğday alanlarında *H. avenae* ve *H. latipons*'un karışık popülasyon halinde bulunduğu, hakim türün *H. avenae* olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Kahramanmaraş'ın yüksek kesimlerinde (Afşin, Elbistan, Ekinözü) *H. filipjevi*'de saptanmıştır.

Doğu Akdeniz Bölgesi'ne ait çalışma sonuçları Çukurova'da (Adana) buğday alanlarında Tahıl kist nematodu, *H. avenae*'nin bulunduğunu bildiren Gözel (2001) ve Subbotin ve ark. (2003) ile uyumluluk göstermektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa ve Mardin'de *H. avenae* ve *H. latipons*'un yaygın olarak karışık popülasyon halinde bulunduğu tespit edilmiştir. Diyarbakır'da *H. avenae*, Adıyaman'da *H. ciceri* (Nohut) ve *H. latipons*

saptanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde rakımın düşük ve iklimin sıcak olduğu güney kesimlerindeki (Karkamış/Gaziantep, Elbeyli/Kilis, Kızıltepe-Nusabin/Mardin) buğday alanlarında *H. latipons*, rakımın yüksek ve iklimin ılıman olduğu olduğu kuzey kesimlerinde ise (Nurdağı/Gaziantep, Birecik/ Kuzey Suruç /Şanlıurfa, Ömerli/Mardin ve Ergani/Diyarbakır) *H. avenae*' nin yaygın olduğu saptanmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne ait çalışmalarda Tahıl kist nematodlarından, *H. avenae* ve *H. latipons*'un karışık popülasyon olarak bulunduğunu bildiren Abidou ve ark. (2005) ile uyumluluk göstermektedir. Mardin ili buğday alanlarının *H. avenae* ve *H. latipons* ile bulaşık bulunduğunu bildiren Kılıç (2011)'in çalışma sonuçları ile Adıyaman ili buğday alanlarında bulunan Tahıl kist nematodu, *H. latipons*'un bulunduğunu bildiren Öcal (2012)'in sonuçları çalışma bulguları ile örtüşmektedir.

4.1.2. Tahıl Kist Nematodlarının Teşhisi

Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodları *H. avenae*, *H. filipjevi* ve *H. latipons* morfolojik ve moleküler olarak teşhis edilmiştir.

Tahıl Kist Nematodlarının Morfolojik teşhisi : Tahıl kist nematodlarının morfolojik teşhisinde, ikinci dönem larva ve dişi bireylerin morfometrik ölçümleri esas alınmıştır. Bu türlere ait dişi ve ikinci dönem larvalara ait morfometrik ölçüm sonuçları Subbotin (1999) referans alınarak değerlendirilmiştir.

Heterodera avenae Wollenweber, 1924

Sistematikteki Yeri: Nemata: Tylenchida: Tylenchina: Tylenchoidea: Heteroderidae: Heteroderinae

Tanımı

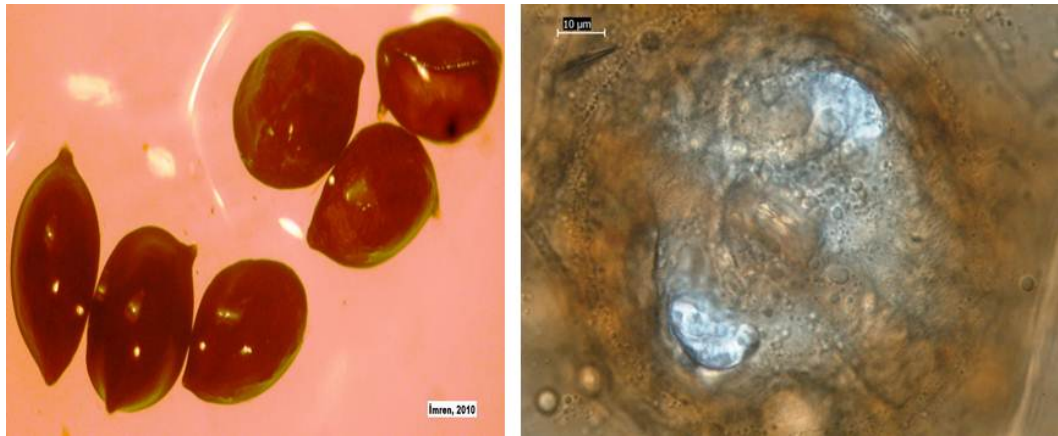
Dişi: Kistler limon şeklinde, vulval koni belirgindir. Ortalama kist genişliği 690 µm'den, fenestral uzunluk 45 µm'den daha büyüktür. Vulva kesitleri bifenestra

şeklinde, iki adet belirgin fenestral yapıya sahiptir. Underbridge genellikle yoktur, bulunduğu durumda ise kenar uzantıları olmayıp silindir şeklindedir. Vulval slit 25 μm ' den küçük, semifenestral genişlik iyice ayrılmamıştır Vulva köprü genişliği 12 μm veya daha küçüktür. *H. avenae* dişilerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. *Heterodera avenae*'ye ait dişilerin bazı ölçüm değerleri (μm)

	Fenestral Uzunluk	Semi Fenestral uzunluk	Vulva Köprü Genişliği	Vulva Slit Uzunluğu
Çalışma Sonuçları	71,36 $\pm$ 1.64 (67,2-75,2)	21.12 $\pm$ 0.59 (19,2-22,4)	12,16 $\pm$ 0.64 (11.2-14.4)	19,84 $\pm$ 1 (17,6-2.4)
Subbotin (1999)	48 $\pm$ 1.1 (45-50)	23 $\pm$ 0.6 (20-23)	10.4 $\pm$ 1.5 (7.5-12.5)	10 $\pm$ 0.1 (9.8-10.2)

Çizelge 4.2. incelendiğinde, *H. avenae*'nin dişi bireylerine ait semi fenestral uzunluk, vulva köprü genişliği, vulva slit uzunluğunun literatürdeki referans değerleri ile uyumlu olduğu, fenestral uzunluğun referans değerinin biraz üstünde olmasına rağmen türe ait ortalama değerler arasında yer aldığı görülmektedir. *H. avenae*'nin kistleri ve perineal kesiti Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. *Heterodera avenae*'nin dişi bireyi (kist) ve preperatı

İkinci Dönem Larva: Vücut uzunluğu 585 μm veya daha küçük, 508 μm 'den büyüktür. Vücudunda 4 adet çentik mevcuttur. Ortalama stylet uzunluğu 26-28 μm

arasında, stylet tokmakçıları düz veya baş tarafı hafifçe konkavdır. Ortalama kuyruk uzunluğu 69 μm veya daha uzun, kuyruk keskin bir şekilde sonlanmamıştır. Hyalin kısmı 48 μm veya daha küçüktür. *H. avenae* larvalarına ait sonuçlar Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. *Heterodera avenae*’nin ikinci dönem larvalarına ait bazı ölçüm değerleri (μm)

	Vücut Uzunluğu	Stylet Uzunluğu	Kuyruk Uzunluğu	Hyaline Uzunluğu
Çalışma Sonuçları	593,6 $\pm$ 2.1 (584-601)	25,6 $\pm$ 0.71 (24-28.8)	74,56 $\pm$ 0.6 (72-76.8)	48,8 $\pm$ 0.51 (48-51.2)
Subbotin (1999)	553 $\pm$ 6.0 (478-597)	26.4 $\pm$ 0.2 (24.5-28.6)	67 $\pm$ 0.6 (61-74)	41 $\pm$ 0.5 (37-44)

Çizelge 4.3 incelendiğinde *H. avenae*’ya ait stylet uzunluğu, kuyruk uzunluğu ve hyaline uzunluğunun referans değerleri ile uyumlu olmasına karşın vücut uzunluğunun yüksek olması bu türlerin bulunduğu toprak tipi, coğrafyaya, yükseklik, beslenme koşulları vb. özelliklere vücut uzunluğunun değişiklik gösterebileceğini işaret etmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. *Heterodera avenae*’nin larvasına ait baş ve kuyruk

***Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stone, 1985**

Sistematikteki Yeri: Nemata: Tylenchida: Tylenchina: Tylenchoidea: Heteroderidae: Heteroderinae

Tanımı

Dişi: Kistler limon şeklinde, vulval koni belirgindir. Perenial kesitleri bifenestra formunda ve fenestral yapılar çok belirgindir. Underbridge mevcuttur ancak her iki uçlarında papyon şeklinde uzantıları bulunmaz. Vulval slit 25 µm den küçük, semifenestral genişlik iyice ayrılmamıştır. Vulval köprü genişliği 12 µm veya daha küçüktür. *H. filipjevi* dişilerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. *Heterodera filipjevi*'ye ait dişilerin bazı ölçüm değerleri (µm)

	Fenestral Uzunluk	Semi Fenestral Uzunluk	Vulva Köprü Genişliği	Vulva Slit Uzunluğu
Çalışma Sonuçları	54.08± 4.24 (44.8-67.2)	20.96± 1.34 (16-24)	12.16± 1.50 (7.2-16)	24.64± 1.08 (9.6-20.8)
Subbotin (1999)	50± 1.1 (48-55)	27± 0.5 (25-29)	11.8± 0.7 (9.3-13.3)	11.0± 0.6 (9.3-12.5)

Çizelge 4.4. incelendiğinde, *H. filipjevi* kistlerinin perenial kesitlerine ait fenestral uzunluk, semi fenestral uzunluk, vulva köprü genişliği literatürde verilen referans değeri ile uyumlu olduğu, vulva slit uzunluğunun referans değerine göre biraz yüksek olduğu bununda nematodun bulunduğu agroekolojik koşullardan kaynaklandığı düşünülmektedir. *H. filipjevi* kistleri ve dişi bireye ait perineal kesit Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. *Heterodera filipjevi*'nin dişi bireyi (kist) ve preperatı

İkinci Dönem Larva: Vücudunda 4 adet çentik mevcuttur. Kuyruk uzunluğu ortalama 80 µm'den kısa ve kuyruk keskin bir şekilde sonlanmamıştır. Hyalin 50 µm'den küçüktür. *H. filipjevi* larvalarına ait sonuçlar Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. *Heterodera filipjevi*'nin ikinci dönem larvalarına ait bazı ölçüm değerleri (µm)

	Vücut Uzunluğu	Stylet Uzunluğu	Kuyruk Uzunluğu	Hyaline Uzunluğu
Çalışma Sonuçları	516,32±6.2 (476,8-547)	24,24±0.21 (23,2-25,6)	53,92±2.3 (41,6-64)	26,4±1.67 (22,4-40)
Subbotin (1999)	485± 6.4 (421-552)	23.4± 0.1 (22.4-24.5)	53± 0.7 (43-59)	32± 0.7 (26-38)

Çizelge 4.5. incelendiğinde *H. filipjevi*'ye ait vücut uzunluğu, stylet uzunluğu, kuyruk uzunluğu ve hyaline uzunluğunun literatürde verilen referans değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. *H. filipjevi*'nin ikinci dönem larvalarına ait baş ve kuyruk resimleri Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. *Heterodera filipjevi*'nin ikinci dönem larvasına ait baş ve kuyruk

***Heterodera latipons* (Franklin, 1969)**

Sistematikteki Yeri: Nemata: Tylenchida: Tylenchina: Tylenchoidea: Heteroderidae: Heteroderinae

Tanımı

Dişi: Kistlerin perineal kesitleri bifenestra formundadır. Vulval slit 25 µm den küçüktür. Semifenestral genişlik iyice ayrılmıştır. Vulva köprü genişliği 12 µm' den geniş ve vulval slit 15 µm den küçüktür. Bullae çok az veya hiç yoktur. Güçlü bir underbrigde vardır. *H. latipons* dişilerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. *Heterodera latipons*'a ait dişilerin bazı ölçüm değerleri (µm)

	Fenestral Uzunluk	Semi Fenestral Uzunluk	Vulva Köprü Genişliği	Vulva Slit Uzunluğu
Çalışma Sonuçları	66.24± 0.64 (64-67.2)	23.04± 1.29 (19.2-25.6)	19.52± 0.59 (17.6-20.8)	24.64± 1.08 (22.4-27.2)
Subbotin (1999)	60± 1.6 (50-70)	23± 0.5 (20-25)	28± 1.2 (23-38)	20± 0.4 (5.9-9.3)

Çizelge 4.6. incelendiğinde *H. latipons*'un dişi bireylerine ait fenestral uzunluk, semi fenestral uzunluk, vulva köprü genişliği ve vulva slit uzunluğunun

referans değerleri ile türe ait değerlerin uyumlu olduğu görülmektedir. *H. latipons* kistleri ve dişi bireye ait perineal kesit Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. *Heterodera latipons*’un dişi bireyi (kist) ve preperatı

İkinci Dönem Larva: Kuyruk uzunluğu ortalama 40 µm veya daha büyük olup, stylet 20 µm’den büyüktür. *H. latipons* larvalarına ait sonuçlar Çizelge 4.7’te verilmiştir.

Çizelge 4.7. *Heterodera latipons*’un ikinci dönem larvalarına ait bazı ölçüm değerleri (µm)

	Vücut Uzunluğu	Stylet Uzunluğu	Kuyruk Uzunluğu	Hyaline Uzunluğu
Çalışma Sonuçları	475.04±. 16.4 (414,4-598.4)	22,96±0.24 (22,4-24)	50,48±1.47 (44,8-60.8)	26±0.62 (23,2-28.8)
Subbotin (1999)	485± 6.4 (421-552)	23.4± 0.1 (22.4-24.5)	53± 0.7 (43-59)	32± 0.7 (26-38)

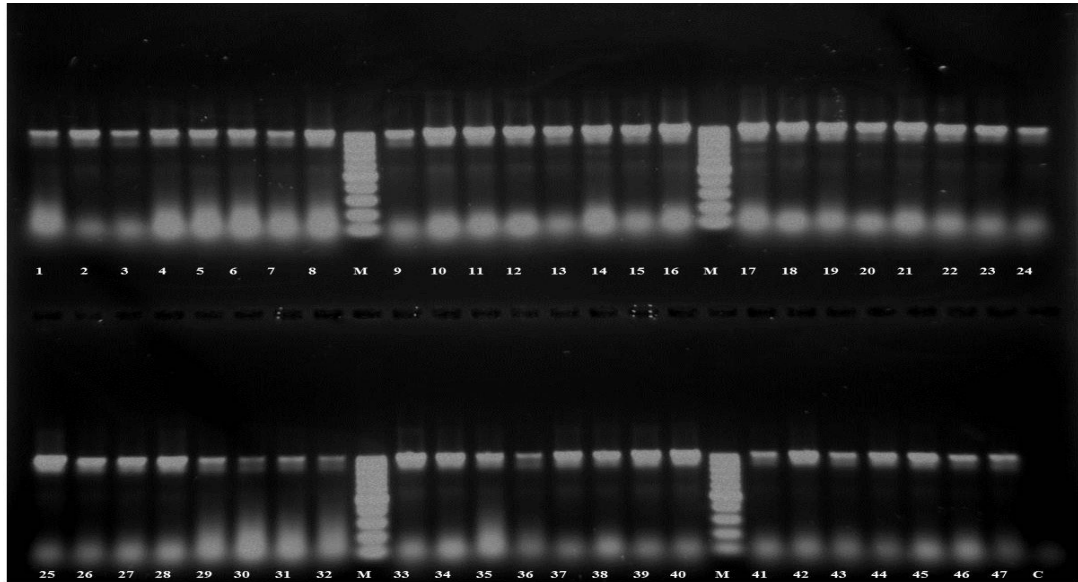
Çizelge 4.7 incelendiğinde, *H. latipons*’un ikinci dönem larvalarına ait vücut uzunluğu, stylet uzunluğu, kuyruk uzunluğu ve hyaline uzunluğu referans değerleri ile örtüştüğü ve türe ait değerlerin içerisinde yer aldığı görülmektedir. *H. latipons* kistleri ve dişi bireye ait perineal kesit Şekil 4.7.’de verilmiştir.



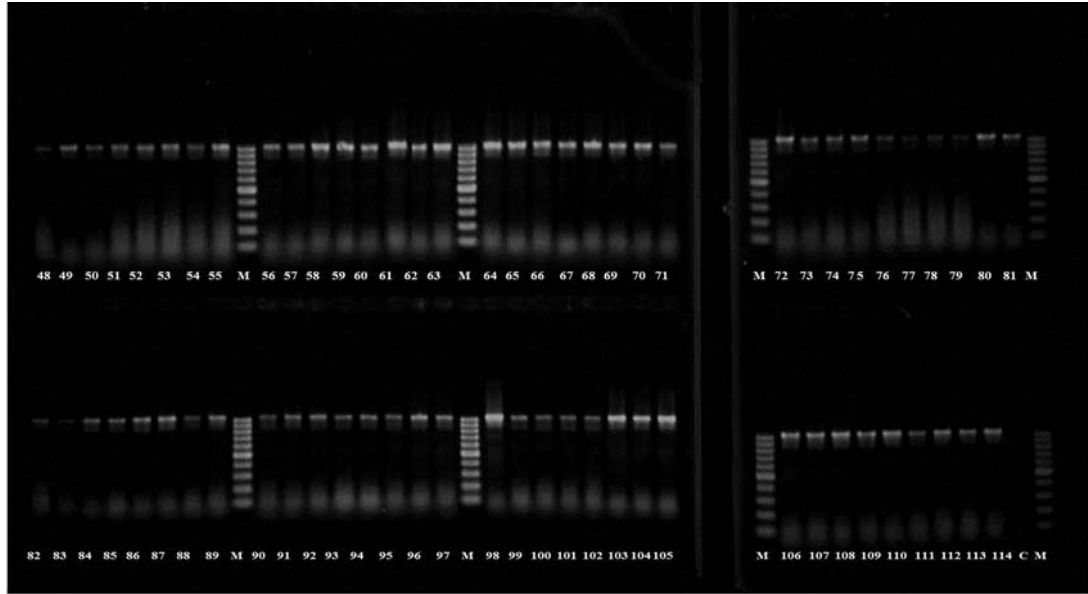
Şekil 4.7. *Heterodera latipons*'un larvasına ait baş ve kuyruk

Tahıl Kist Nematodlarının Moleküler Teşhisi

DNA izolasyonu ve amplifikasyonu:Teşhis yapılan her bir popülasyona ait tek bir kisten DNA izolasyonu gerçekleştirildikten sonra rDNA'nın ITS-1, ITS-2 bölgeleri AB28 ve TW81 primerleri ile amplifike edilmiş, 1200 bp PCR ürünün büyüklüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.7. ve 4.8) (Subbotin ve ark., 1999; Rivoal ve ark., 2003, Tanha ve ark., 2003, Madani ve ark., 2004).



Şekil 4.8. Sörvey çalışmalarında, 2009-2010 yıllarında elde edilen popülasyonlara ait DNA'nın 1200 bp'de oluşturduğu bant (M: DNA ladder, C: Kontrol)



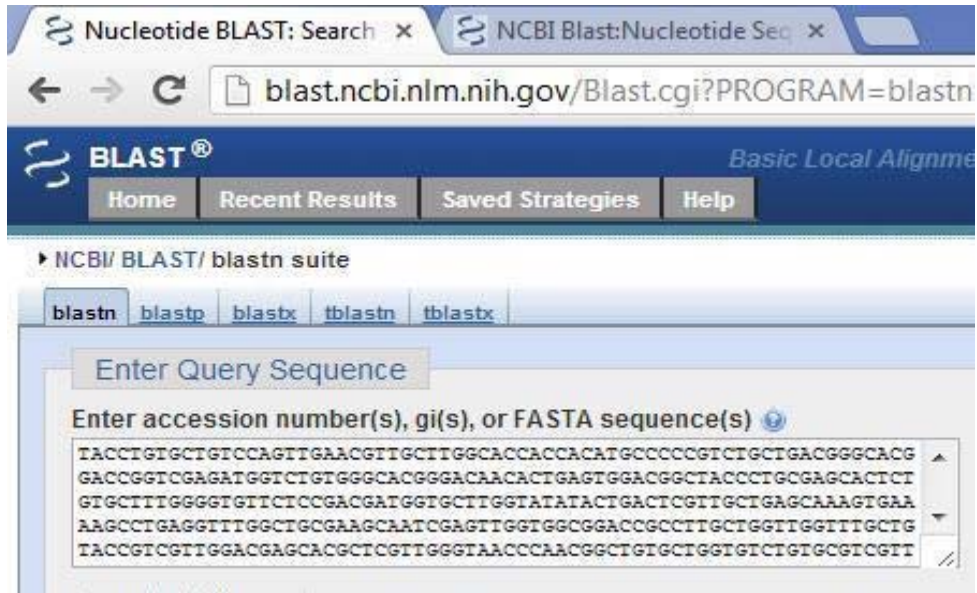
Şekil 4.9. Sörvey çalışmalarında, 2011-2012 yıllarında elde edilen popülasyonlara ait DNA'nın 1200 bp'de oluşturduğu bant (M: DNA ladder, C: Kontrol)

Sekans Analizi: Macrogen (Güney Kore) firmasına sekans analizine gönderilen 114 popülasyondan 111 popülasyon için nükleotid dizileri elde edilmiştir. Elde edilen sekanslar Genbank'ta (NCBI; www.ncbi.nlm.nih.gov) BLAST yapılarak her bir popülasyonun türü ayrı ayrı belirlenmiştir (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13)

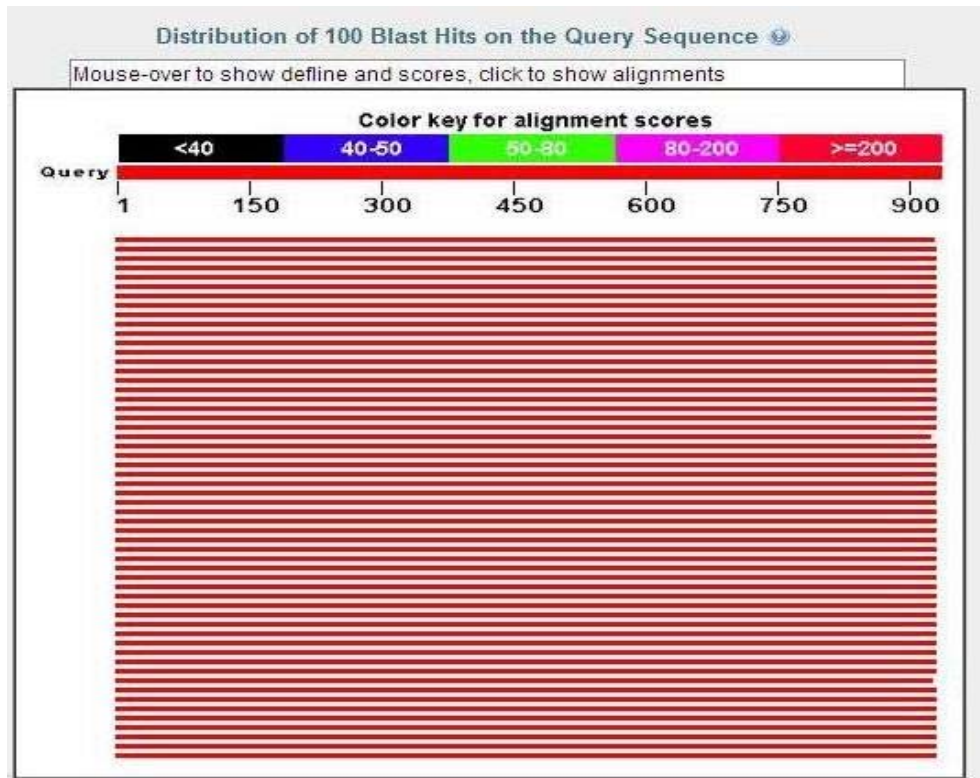


BLAST Assembled RefSeq Genomes

Şekil 4.10. Genbankta BLAST bölümüne giriş yapılması



Şekil 4.11. Nükleotid dizilerinin Blastn bölümüne eklenmesi



Şekil 4.12. Genbankta nükleotid dizilerinin veritabanı ile karşılaştırılması

Alignments Download GenBank Graphics Distance tree of results	
	Description
Heterodera latipons isolate Mus17 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA	
Heterodera latipons isolate JOD 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA ge	
Heterodera latipons isolate Mus2 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA g	
Heterodera latipons internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, and internal transcribed spacer 2, complete sequen	
Heterodera latipons isolate B1cyst3 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transc	

Şekil 4.13. Genbankta veri tabanında nükleotid dizilerine ait karşılaştırma sonuçları

Çalışmada 2009-2010 yıllarına ait popülasyonun Genbank'ta blast işlemi tamalandıktan sonra lokasyonlar bazında türleri saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. 2009-2010 yıllarına ait sörveyde lokasyon bazında türler

No	il/ ilçe,	Lokasyon	Konukçu	Tür
1	Gaziantep/Karkamış	Soylu	Arpa	<i>H. latipons</i>
2		Kıvırcık	Arpa	<i>H. latipons</i>
3		Türkyurdu	Buğday	<i>H. latipons</i>
4		Sınır	Buğday	<i>H. latipons</i>
5		Akçaköy	Buğday	<i>H. latipons</i>
6		K.Eşme	Buğday	<i>H. latipons</i>
7		Arıkdere	Arpa	<i>H. latipons</i>
8	Gaziantep/Oğuzeli	Yeniköy	Arpa	<i>H. latipons</i>
9		Devehöyüğü	Arpa	<i>H. latipons</i>
10		Beşkılcı	Arpa	<i>H. latipons</i>
11		Karaman	Arpa	<i>H. latipons</i>
12	Kilis/Elbeyli	Akıncı	Arpa	<i>H. latipons</i>
13		İnanlı	Arpa	<i>H. latipons</i>
14		Yağızköy	Buğday	<i>H. latipons</i>
15		Ardıçlı	Buğday	<i>H. latipons</i>
16		Beşiriye	Buğday	<i>H. avenae</i>
17		Çıldıroba	Buğday	<i>H. latipons</i>
18		Alahan	Buğday	<i>H. latipons</i>
19	Hatay/Reyhanlı	Sınır	Buğday	<i>H. latipons</i>
20		Beşaslan	Buğday	<i>H. latipons</i>
21		Sınır	Arpa	<i>H. avenae</i>
22		Hacıpaşa	Arpa	<i>H. latipons</i>
23		Av suyu	Arpa	<i>H. latipons</i>
24		Bohşin	Buğday	<i>H. latipons</i>
25		İmece batı	Buğday	<i>H. latipons</i>
26	Adıyaman	Merkez doğu	Nohut	<i>H. latipons</i>
27		Merkez batı	Buğday	<i>H. latipons</i>
28		Kahta	Nohut	<i>H. ciceri</i>
29	K. Maraş/Elbistan	Merkez	Buğday	<i>H. filipjevi</i>
30		B. yapalak doğu	Buğday	<i>H. filipjevi</i>
31		B. yapalak batı	Buğday	<i>H. filipjevi</i>
32		B. yapalak güney	Buğday	<i>H. filipjevi</i>
33	K. Maraş/Ekinözü	Merkez	Buğday	<i>H. filipjevi</i>
34		Çağlayancerit	Buğday	<i>H. latipons</i>
35	Mardin/Nusaybin	Akıncı	Arpa	<i>H. avenae</i>
36		Sulak	Buğday	<i>H. latipons</i>
37		Kızıltepe yolu	Buğday	<i>H. latipons</i>
38		Kızıltepe yolu	Arpa	<i>H. latipons</i>
39	K. Maraş/Afşin	Kızıltepe yolu	Arpa	<i>H. avenae</i>
40		Kızıltepe yolu	Buğday	<i>H. latipons</i>
41		Merkez	Buğday	<i>H. filipjevi</i>
42		Şenyurt-Ataköy	Buğday	<i>H. latipons</i>
43	Mardin/Merkez	Şenyurt-Sınır	Buğday	<i>H. latipons</i>
44		Şenyurt- Batı	Buğday	<i>H. latipons</i>
45		Şenyurt – Merkez	Buğday	<i>H. latipons</i>
46		Şenyurt – Merkez	Buğday	<i>H. latipons</i>
47	Gaziantep/Karkamış	Öncüler	Buğday	<i>H. latipons</i>

Çalışmada 2011-2012 yıllarına ait popülasyonun Genbank'ta blast işlemi tamalandıktan sonra lokasyonlar bazında türleri saptanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. 2011-2012 yıllarına ait sörveyde lokasyon bazında türler

No	İl, ilçe	Lokasyon	Konukçu	Tür
48	Hatay/Kırıkhan	K. Soğuksu Giriş	Buğday	<i>Heterodera avenae</i>
49		K. Soğuksu Merkez	Buğday	<i>H.avenae</i>
50		K. Soğuksu Toki kon.	Buğday	<i>H.avenae</i>
51		Beyazıd-1 Bestami	Buğday	<i>H.avenae</i>
52		Mazmanlı	Buğday	<i>H.latipons</i>
53		Başpınar	Buğday	<i>H.avenae</i>
54		Şarkhamamı	Buğday	<i>H.avenae</i>
55		Karakaya Mah	Buğday	<i>H.avenae</i>
56		Müşrûfe	Buğday	<i>H.avenae</i>
57		Beşarslan	Buğday	<i>H.avenae</i>
58		K. Soğuksu İskan Ev.	Buğday	<i>H.avenae</i>
59		K. Soğuksu Çıkışı	Buğday	<i>H.avenae</i>
60	Adana/Sarıçam	Giriş Gediği	Arpa	<i>H.avenae</i>
61		Kepeztepe	Buğday	<i>H.avenae</i>
62		Tülüler	Buğday	<i>H.avenae</i>
63		Dutluca	Buğday	<i>H.avenae</i>
64		Dutluca Buca Tepesi	Buğday	<i>H.avenae</i>
65		Çabutlu	Buğday	<i>H.avenae</i>
66		Karlık Köyü	Buğday	<i>H.avenae</i>
67	Adana/Karaisalı	Yazıbaşı	Buğday	<i>H.avenae</i>
68		Hacılar	Buğday	<i>H.latipons</i>
69	Kilis/Musabeyli	Delicay	Buğday	<i>H.latipons</i>
70	Kilis/Merkez	Acar	Buğday	<i>H.avenae</i>
71		Yığmatepe	Buğday	<i>H.avenae</i>
72	Kilis/Elbeyli	Çıldıroba merkez	Buğday	<i>H.latipons</i>
73		Çıldıroba doğu	Buğday	<i>H.avenae</i>
74	Gaziantep/Karkamış	Türkyurdu	Buğday	<i>H.avenae</i>
75	Gaziantep/Oğuzeli	Karaman	Buğday	<i>H.latipons</i>
76	Gaziantep/Nurdağı	Nogaylar	Buğday	<i>H.avenae</i>
77		Beydilli	Buğday	<i>H.latipons</i>
78	Osmaniye/Mustafabeyli	Sakçagözü	Buğday	<i>H.avenae</i>
79		Kuzucuk	Buğday	<i>H.avenae</i>
80		İmran	Buğday	<i>H.avenae</i>
81		Günyazı	Buğday	<i>H.avenae</i>
82	Osmaniye/Merkez	Adana yolu	Buğday	<i>H.latipons</i>
83		Cevdetiye	Buğday	<i>H.avenae</i>
84		Mahadinli	Buğday	<i>H.avenae</i>
84		Mahadinli	Buğday	<i>H.avenae</i>
85	Kahranmaraş/Türkoğlu	Akçalı	Buğday	<i>H.avenae</i>
86		Merkez	Buğday	<i>H.filipjevi</i>
87		Merkez Güney	Buğday	<i>H.filipjevi</i>
88		Santral	Buğday	<i>H.filipjevi</i>
89	Şanlıurfa/Birecik	Elbistan Yolu	Buğday	<i>H.filipjevi</i>
90		Merkez	Arpa	<i>H.avenae</i>
91		Divriğ Köyü	Arpa	<i>H.latipons</i>
92		Kocaali	Arpa	<i>H.avenae</i>
93	Şanlıurfa/Suruç	Taşlıhöyük	Arpa	<i>H.latipons</i>
94		Yanaloba	Arpa	<i>H.avenae</i>

Çizelge 4.9'un devamı

No	İl, ilçe	Lokasyon	Konukçu	Tür
95		Aligör köyü	Arpa	<i>H.avenae</i>
96		Çalışkanlar	Arpa	<i>H.avenae</i>
97	Şanlıurfa/Merkez	Karaköprü	Arpa	<i>H.latipons</i>
98		Kabahaydar Merkez	Buğday	<i>H.avenae</i>
99		Kabahaydar doğu	Arpa	<i>H.avenae</i>
100	Mardin/ömerli	Söğütlü	Arpa	<i>H.avenae</i>
101	Mardin/Midyat,	İdil yolu	Arpa	<i>H.avenae</i>
102	Mardin/Nusaybin	Merkez	Buğday	<i>H.avenae</i>
103		Kızıltepe yolu	Buğday	<i>H.avenae</i>
104		Gölova	Buğday	<i>H.avenae</i>
105	Mardin/Kızıltepe	Güneyli	Buğday	<i>H.avenae</i>
106		Tilkitepe	Buğday	<i>H.avenae</i>
107		Şenyurt–Alahan	Buğday	<i>H.avenae</i>
108	Diyarbakır/Merkez	Bağpınarı	Buğday	<i>H.avenae</i>
109	Diyarbakır/Silvan	Alabal	Buğday	<i>H.avenae</i>
110		Güçlü	Buğday	<i>H.avenae</i>
111	Diyarbakır/Ergani	Koyunalan	Buğday	<i>H.avenae</i>

4.1.3. Tahıl Kist Nematodlarının Filogenetik Benzerliklerinin Araştırılması

Genbank'tan alınan Tahıl kist nematodu türlerine ait sekanslar kullanılarak dendogramlar oluşturularak tür içi ve türler arası benzerlikler araştırılmıştır.

Türlerin 2009-2010 yılları popülasyonlarına ait soyağacı: Sekans analizi yapılan 47 adet popülasyona ait sekans değerleri ile kullanılarak oluşturulan soyağacında farklı grupların olduğu, sonuçların orta ve yüksek tekrar oranı ile desteklendiği saptanmıştır (Şekil 4.14).

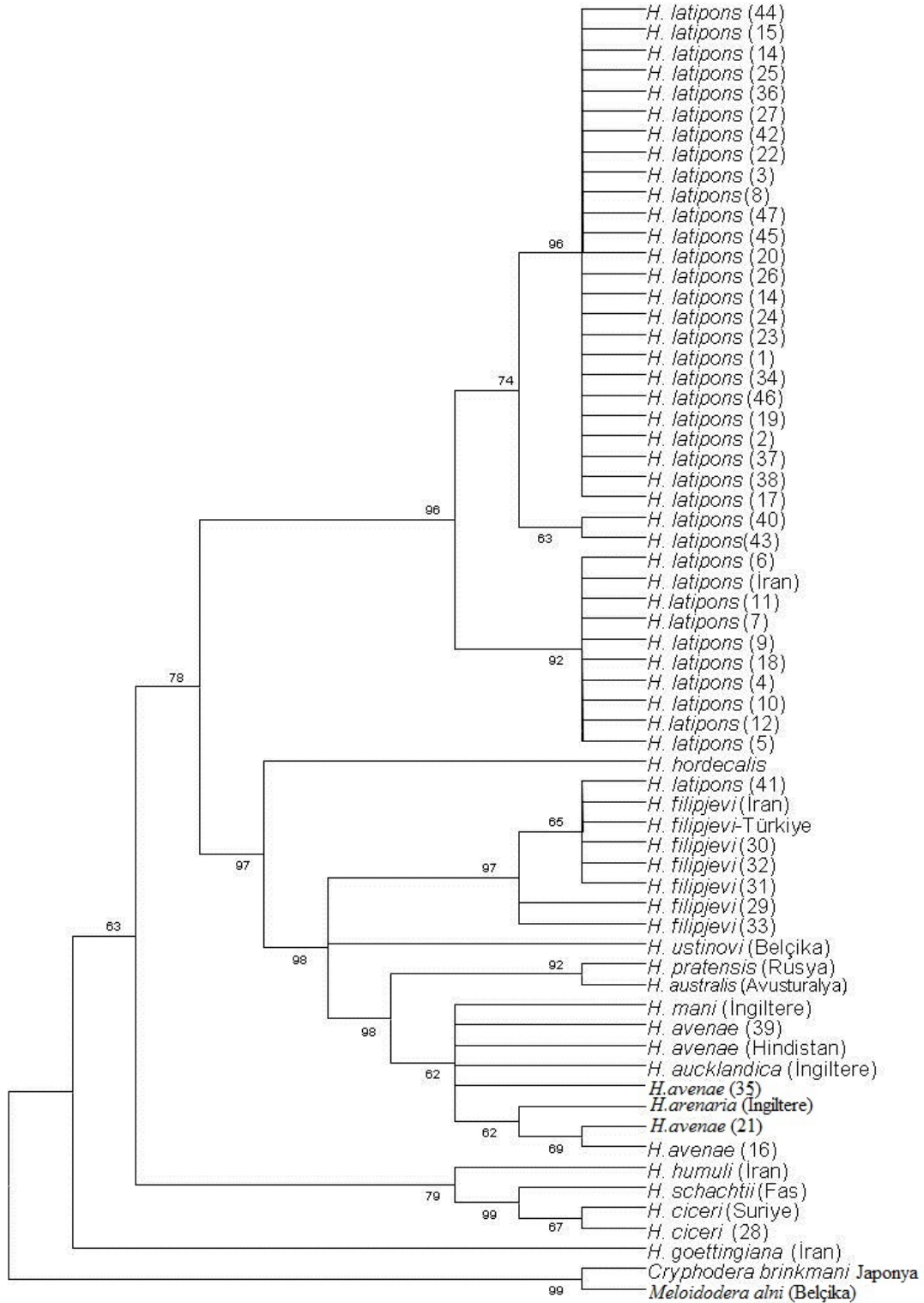
Şekil 4.14 incelendiğinde 28 nolu popülasyon hariç tüm örneklerin *H. avenae* group içerisinde yer aldığı, 28 nolu popülasyonun ise % 67 tekrar oranı ile *H. ciceri* ile çok yakınlık gösterdiği belirlenmiştir. 31, 32, 33, 34 ve 44 nolu popülasyonların % 97 tekrar oranı ile *H. filipjevi* ile aynı grupta yer aldığı, 16, 21, 35, 38, 39 ve 42 nolu popülasyonların ise ile *H. avenae*, *H. arenaria*, *H. aucklandica* ve *Heterodera mani* ile aynı grupta toplandığı saptanmıştır. Diğer bütün örnekler %96 tekrar oranında *H. latipons* ile aynı grupta yer almıştır.

Heterodera latipons popülasyonları % 96 ve 97 tekrar oranı ile *H. avenae*'den farklı olduğu saptanmış, bu sonuç *H. avenae* group içerisinde *H. latipons* ve *H. hordecalis*'in iki farklı tür olabileceğini bildiren Wouts ve Sturhan (1995) ile uyumluluk göstermektedir. *H. avenae* group içerisinde tekrar oranında % 96, 63 ve

92 group “*Latipons*” grubunun 3 alt gruba ayrıldığı görülmektedir. Buna rağmen, bu gruplar konukçu ve coğrafi lokasyonlar bakımından farklılık göstermemektedir.

“*Latipons*” grubu içerisinde yer alan *H. hordecalis* diğer *H. avenae* grubu ile daha yakın ilişkili olmakla birlikte *H. latipons* ve *H. hordecalis* soy ağacının genel görünümünü değiştirmemiştir.

Heterodera latipons popülasyonunun genel olarak İran örnekleri ile, *H. filipjevi* popülasyonunun Türkiye ve İran örnekleri ile, *H. avenae* popülasyonunun ise Hindistan örneği ile yüksek oranda benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Bu sonuç Tahıl kist nematodu türlerinin buğdayın orijininin olan alanlardan buğday tarımının yapıldığı diğer alanlara taşınmış olabileceği ihtimalini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.14. Türlerin 2009 ve 2010 popülasyonunda tür içi ve türler arasındaki genetik benzerlikleri

Türlerin 2011-2012 yılı popülasyonlarına ait soyağacı: Sekans analizi yapılan 64 adet popülasyona ait sekans değerleri ile oluşturulan soyağacının % 70 tekrar oranında 2 farklı ana gruba bağlı 5 üst grup (I-II-III-IV-V) ve üç alt gruptan (Ia-Ic) oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.15).

Birinci alt grup, Ia olarak isimlendirilmiştir. Ia alt grubunda *H. avenae*'nin yanında *H. arenaria*, *H. aucklandica*, *H. mani*, *H. australis* ve *H. pratensis*'i de içine almaktadır. Ia alt grubunda bazı *H. avenae* popülasyonları İran ve Suriye örnekleri ile benzerlik göstermektedir. Bu durum coğrafik bölgeler arası nematod geçişinin olduğuna işaret etmektedir.

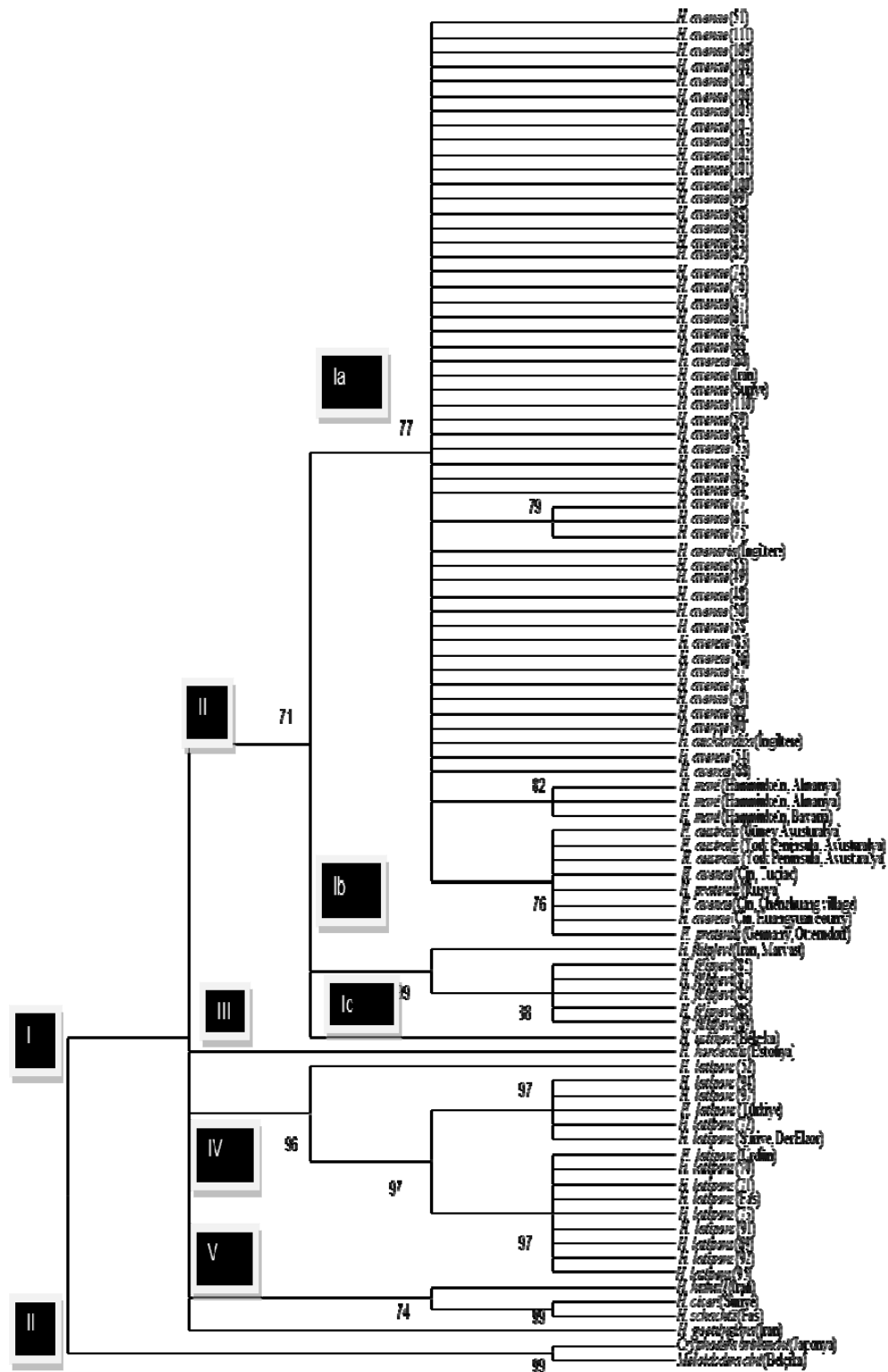
Ia alt grubunda bazı popülasyonlar her ne kadar *H. avenae* olarak teşhis edilmiş olsada, soyağacı çalışmasında *H. arenaria* ve *H. aucklandica* türlerine benzerlik gösteriyor olması söz konusu popülasyonların *H. arenaria* ve *H. aucklandica* olabileceği ihtimalini de ortaya koymaktadır. Bu durumda söz konusu popülasyonların teşhisinin nematodun ribozomal DNA'nın ITS bölgesi dışında farklı gen bölgesi kullanarak yapılması gerekmektedir. Sonuç olarak ribozomal DNA'nın nematodun tür teşhisinde yeterli düzeyde kesin ve güvenilir sonuca götürmediği bu nedenle Tahıl kist nematodlarının teşhislerinde rDNA'nın ITS bölgesi dışında farklı bir gen bölgesinin tercih edilmesi veya türe özgü spesifik primerlerin geliştirilmesi zorunluluk arz etmektedir.

İkinci alt grup Ib olarak adlandırılmıştır. Ib alt grubu *H. filipjevi*'nin Türkiye ve İran izolatlarının bir arada olduğu monofiletik bir gruptur. Türlerin 2009-2010 yıllarına ait önceki soyağacında da *H. filipjevi*'nin Türkiye ve İran popülasyonu arasındaki benzerliği göz önüne alındığında, bölgeler arasında nematod geçişlerinin olduğu anlaşılmaktadır.

Üçüncü alt grup Ic olarak belirlenmiş olup, *H. latipons* popülasyonunu göstermektedir. *H. latipons* Türkiye izolatları içersinde 52 numaralı (Mazmanlı-Kırıkhan-Hatay) izolat % 96 tekrar oranı ile diğer örneklerden (Şanlıurfa-Kilis) ve referans örneklerinden (Fas, Suriye, Ürdün) belirgin bir şekilde farklılık göstermiştir. Bu sonuç çalışma alanında aynı türün iki farklı patotipinin olduğunu işaret etmektedir. Patotiplerin ortaya çıkışında iklimsel verilerin özellikle sıcaklık ve nemin önemli etkisi vardır. Akdeniz iklimin hakim olduğu Hatay ilinde 52 numaralı

izolat bulunurken; diğer *H. latipons* örnekleri ise, sıcak ve kurak bir iklime sahip olan Kilis, Gaziantep ve Şanlıurfa'nın güney kesimleri ile Suriye, Fas ve Ürdün'de bulunmuştur. Bu durumda, *H. latipons*' un popülasyonu içerisinde iki farklı patotipinden söz edilebilir. Bu nedenle, ileriye dönük olarak yapılacak çalışmalarda *H. latipons*'un patotiplerinin mutlaka tanımlanması gerekmektedir.

Genel olarak Şekil 4.15'de Ic olarak belirtilen üçüncü alt gruptaki 52 numaralı izolat haricinde *H. latipons*'un Türkiye izolatlarının Suriye ve Ürdün örnekleri ile uyumluluk göstermektedir. Söz konusu ülkelerle olan coğrafik yakınlık dikkate alındığında, nematodun dünya genelinde olası bulunma bölgeleri hakkında bize ip ucu vermektedir. Ayrıca *H. latipons*'un bir bölgeden diğerine geçiş yapmış olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 4.15. Türlerin 2011 ve 2012 popülasyonunda tür içi ve türler arasındaki genetik benzerlikleri

4.2. *Heterodera avenae*'nin *in-vitro* koşullarda Bazı Biyolojik Özelliklerinin Araştırılması

4.2.1. *Heterodera avenae* Yumurtalarının İnkübasyonu Üzerine Sıcaklığın Etkisi

Ön soğuklamaya (+4 °C'de 66 gün) tabi tutulan *H. avenae* yumurtalarından larva çıkışına farklı sıcaklıkların 5, 10, 15, 20 ve 25 °C etkilerinin araştırıldığı çalışma bulguları Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. incelendiğinde *H. aveane* yumurtalarından larva çıkışı üzerine sıcaklığın belirgin bir etkisinin olduğu, sıcaklığa bağlı olarak larva çıkış oranlarının değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Sıcaklıklar bazında larva çıkışının inkübasyon sürelerine göre değişmekle birlikte, düşük sıcaklıklarda (5 °C, 10 °C ve 15 °C) yüksek, yüksek sıcaklıklarda (20 °C ve 25 °C) ise düşük olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.10.'da *H.avenae* yumurtalarından larva çıkışı en yüksek % 82.3 oranı ile 10 °C'de olduğu, bunu sırasıyla % 46.7 oranı ile 5 °C ve % 45.9 oranı ile 15 °C'nin takip ettiği görülmektedir. En düşük larva çıkışı ise % 19.0 oranı ile 25 °C'de olduğu bunu % 30.7 oranı ile 20 °C'nin izlediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. *Heterodera avenae* yumurtalarının inkübasyonu üzerine sıcaklığın etkisi

İnkübasyon Süresi	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
67-97 gün	0,28 j	0,87 hij	2,6 efghij	5,5 defg	4,45 defgh
98-128 gün	0,52 j	0,96 fghij	1,54 efghij	1,2 efghij	0,94 ghij
129-159 gün	5,96 def	3,7 defghi	3,55 efghij	1,15 efghij	8,31 bed
160-190 gün	7 cde	8,54 ab	4,89 defgh	0,71 j	0,53 j
191- 221 gün	3,22 efghij	12,94 a	1,52 efghij	0,83 ij	0,28 j
222-252 gün	3,48 efghij	8,45 bc	0,94 ghij	0,63 j	0,12 j

*Aynı sütunda benzer harfler içeren ortalamalar Duncan (P<0,05) testine göre birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.10'da larva çıkışı üzerine inokülasyon sürelerinin etkileri sıcaklıklara göre değişmekle birlikte, en yüksek larva çıkış oranının 10 °C'de 191-221 günlük inkübasyon süresinde gerçekleştiği, bunu aynı sıcaklıkta 98-128 gün ve 222-252 gün inkübasyon sürelerinin takip ettiği görülmektedir. En düşük larva çıkışının 222-252 gün

inkübasyon süresinde 25 °C’de gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, *H.aveane* yumurtalarından en uygun larva çıkışı süresinin 10 °C’de 191-221 günlük inkübasyon süresi olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.10’da yüksek sıcaklıkların (20 °C, 25 °C) yumurtadan larva çıkışını geciktirdiği görülmektedir. Nitekim, Mokabli ve ark. (2001) 20 °C ve 25 °C gibi yüksek sıcaklıkların *H. avenae*’nin iki Cezayir popülasyonunun diapoza girmesini teşvik ettiğini, yüksek sıcaklık uygulamasını takiben 3 °C ve 7 °C gibi düşük sıcaklık uygulamalarının ise diapozu kırdığını belirlemiştir. Banyer ve Fisher (1971)’de *H. avenae*’nin Avustralya popülasyonu için 20 °C’nin üzerinde yaz aylarında kısa bir dormant periyodunun bulunduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.10’da düşük sıcaklıkların (5 °C, 10 °C ve 15 °C) yumurtadan larva çıkışının yüksek olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Rivoal (1986) tarla koşullarında *H. avenae*’nin Fransa’daki kuzey ve güney patotipleri için en uygun larva çıkış sıcaklığının 10 °C’ nin altında olduğunu, Banyer & Fisher (1971) ve Meagher (1977) Avustralya’da tarla koşullarında *H. avenae* yumurtalarından en fazla larva çıkışının 10°C’nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştiğini bildirmektedirler. Scholz ve Sikora (2004) *H. latipons*’ un Suriye popülasyonuna ait en uygun larva çıkış sıcaklığının 10 °C’ de gerçekleştiği ve çıkışın başlaması için kistlerin 5 °C’de 16 gün süreyle bekletilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Şahin ve ark. (2010) *H. filipjevi* yumurtalarından en uygun larva çıkışının 15 °C ve 10 °C’de gerçekleştiğini bildirmektedir.

Çizelge 4.10’da 20 °C ve 25 °C’de inkübasyon süreleri itibariyle yumurtadan larva çıkışının düşük olduğu görülmektedir. Ancak, 20 °C’de 67-97 gün inkübasyon süresinde (denemenin başlangıcı) ve 25 °C’de 129-159 gün inkübasyon süresinde (yaklaşık deneme süresinin yarı dönemi) larva çıkışında artış saptanmış bunun +4 °C’de 66 gün süreyle ön inkübasyonda bekletilen yumurtaların yüksek sıcaklıkta strese girmesinden dolayı gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

4.2.2. *Heterodera avenae*'ya ait En Uygun Toprak Tipi, İnküasyon Zamanı ve İnoküasyon Oranının Belirlenmesi

Toprak tipi: Buğday çeşit ve hatlarının Tahıl kist nematodu, *H. avenae*'ye karşı *in-vitro* koşullarda dayanıklılıklarının araştırıldığı çalışmalarda kullanılacak en uygun toprak karışımının belirlenmesi amacıyla yürütülen denemede nematodun kumlu toprakta daha iyi üreme gösterdiği, uygulamalar bazında en yüksek değerlerin kumlu toprak tipinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Bu kapsamda, Kort (1972) *H. avenae*'nin kumlu topraklarda daha fazla yayılım gösterdiği ve zarar oranının daha fazla olduğunu bildirmektedir. Şahin (2010) buğday çeşit ve hatlarının *H. filipjevi*'ye karşı testlenmesinde kumlu toprak tipinin kullanılmasını önermektedir. Kök yara nematodları ile *in-vitro* koşullarda yürütülecek denemelerde kumlu toprak tipinde nematod infeksiyonun yüksek olduğu bildirilmektedir (Toktay, 2008; 2012; Keil et al., 2009).

Çizelge 4.11. *Heterodera avenae*'nin gelişimi için en uygun deneme test materyallerinin belirlenmesi amaçlı çalışma sonuçları

İnokülasyon zamanı	Kıllı Toprak						Kumlu Toprak					
	Hassas Çeşitler Ortalaması (Seri ve Milan)			Dayanıklı Çeşitler Ortalaması (Silverstar ve Croc)			Hassas Çeşitler Ortalaması (Seri ve Milan)			Dayanıklı Çeşitler Ortalaması (Silverstar ve Croc)		
	1 J ₂ /g toprak	2.5 J ₂ /g toprak	5 J ₂ /g toprak	1 J ₂ /g toprak	2.5 J ₂ /g toprak	5 J ₂ /g toprak	1 J ₂ /g toprak	2.5 J ₂ /g toprak	5 J ₂ /g toprak	1 J ₂ /g toprak	2.5 J ₂ /g toprak	5 J ₂ /g toprak
1. gün	4,8 ± 0,46 a	4,9 ± 2,12 a	6,3 ± 1,8 a	3,8 ± 2,05 a	4,3 ± 1,45 a	4,8 ± 2,37 a	6,0 ± 1,45 a	13,9 ± 1,80 a	17,6 ± 2,87 a	3,1 ± 2,72 a	3,9 ± 2,47 b	7,0 ± 6,91 a
3. gün	2,6 ± 3,62 b	4,3 ± 1,12 a	5,3 ± 1,3 a	4,3 ± 0,91 a	2,9 ± 1,38 ab	2,8 ± 2,12 b	4,6 ± 1,66 a	5,0 ± 2,87 b	8,0 ± 2,37 b	3,3 ± 2,06 a	7,0 ± 2,39 a	5,3 ± 4,59 a
7. gün	1,3 ± 0,01 b	2,6 ± 1,18 b	1,9 ± 0,8 b	1,0 ± 0,46 b	2,4 ± 1,39 b	2,0 ± 0,64 b	1,9 ± 0,04 b	3,0 ± 0,91 b	3,4 ± 0,99 b	1,0 ± 0,99 b	1,75 ± 1,06 c	2,6 ± 1,92 b

*Her bir toprak tipinde, dayanıklı ve hassas çeşitlere göre inokülasyon oranları bazında inokülasyon günleri kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

Aynı sütunda benzer harfler içeren ortalamalar Duncan (P<0,05) testine göre birbirinden farklıdır.

İnokülasyon Zamanı: Çizelge 4.11’de farklı toprak tipi ve nematod yoğunluklarında nematodun bitkiye inokülasyonunda dikimin 1. günü uygulamalarının 3. ve 7. gün uygulamalarına göre daha yüksek etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Zira çimlendirilerek dikimi yapılan tohumlarda oluşan kılcal köklere nematodun infeksiyonu erken dönemde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, nematodun bitkiye dikimin 1. günü verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

İnokülasyon Oranı: Denemede bitkilere bulaştırılan larva yoğunlukları (inokulum) ile bitki köklerinde oluşan kist sayıları arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, en fazla kist oluşumu kumlu toprak tipinin 1. gün uygulamasında 5 adet ikinci dönem larva/gram toprak (400 larva/tüp) ve 2,5 adet ikinci dönem larva/ gram toprak (200 adet larva/tüp) uygulamalarında gözlemlenmiştir. Söz konusu her iki uygulama sonucu istatistiksel olarak (14,50a, 17,50a) aynı grupta yer almıştır. *H. avenae* ile *in-vitro* koşullarda yürütülen denemelerde, yumurtadan larva çıkışındaki düzensizlik ve inokülasyonda kullanılacak nematod sayısı dikkate alındığında, inokülasyon için 2,5 adet ikinci dönem larva/gram toprak yoğunluğu uygulamasının tercih edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, Şahin (2010)’nin buğday çeşit ve hatlarının *H. filipjevi*’ye karşı testlenmesinde 200 larva/bitki oranının en uygun inokülasyon yoğunluğu olduğunu bildirmektedir.

Bu çalışmada, *Heterodera avenae* ile *in-vitro* koşullarda yürütülecek denemelerde, kumlu toprak tipinin (%29 tarla toprağı, %70 kum: %1: yanmış çiftlik gübresi) tercih edilmesi, nematodun bitkiye inokülasyonunun dikimle aynı günde ve 2,5 adet ikinci dönem larva (J_2)/gram toprak yoğunluğunda yapılmasının uygun olduğu, 66 gün süreyle +4°C’de ön inkübasyona tabii tutulan *H. avenae* yumurtalarından en iyi larva çıkışının 10°C’de 191-221 gün inkübasyon süresinde gerçekleştiği saptanmıştır.

4.3. *Heterodera avenae*'nin Patotiplerinin Belirlenmesi

Heterodera avenae'nin Doğu Akdeniz Bölgesi patotipinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada her üç popülasyonun (Beşaslan, İmece ve Karlık) denemeye alınan ayırım hatlarının çoğunluğunda gelişip çoğaldığı ve benzer reaksiyon verdiği saptanmıştır. Çalışma bulguları Al-Hazmi ve ark. (2001), Romero ve ark. (1996) ve Subbotin ve ark. (2010)'nın sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir (Çizelge 4.12).

Arpa ayırım hatları : Çizelge 4.12 incelendiğinde Varde, Emir (*Rha* "E") ve Herta (*Rha* 2) arpa çeşitleri üç popülasyona karşı hassas olduğu tespit edilmiştir (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005). La Enstuanzuela (*Rha* 2)'ya karşı İmece ve Beşaslan popülasyonlarının hassas (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005), Karlık popülasyonunun ise nematoda karşı reaksiyon göstermediği saptanmıştır (Subbotin ve ark., 2010). Ortolan (*Rha* 1) arpa çeşidi denemeye alınan üç popülasyona karşı dayanıklı bulunmuştur (Al-Hazmi ve ark., 2001; Subbotin ve ark., 2010). Morocco (*Rha* 3), Siri (*Rha* 2), Kvl 191 (*Rha* 2), Bajo Aragon ve Martin 403-2 arpa çeşitleri her üç nematod popülasyonuna karşı dayanıklı olduğu saptanmıştır (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005). Dalmatische ve Harlan 43 çeşitlerinin ise üç popülasyona karşı hassas reaksiyon verdiği tespit edilmiştir (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005).

Genomunda *Rha* dayanıklılık genlerini bulunduran Ortolan (*Rha* 1), Morocco (*Rha* 3), Siri (*Rha* 2), Kvl 191 (*Rha* 2) arpa ayırım hatlarının üç popülasyona karşı dayanıklılık gösterdiği saptanmıştır. Emir (*Rha* "E"), Herta (*Rha* 2) ve La Enstuanzuela (*Rha* 2) arpa ayırım hatlarının ise üç popülasyona karşı hassas olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *Rha* 1 ve *Rha* 3 dayanıklılık genlerinin *H.avenae*'nin üç popülasyona karşı dayanıklı, *Rha* 2 geninin ise hem dayanıklı hemde hassas reaksiyon verdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.12. *Heterodera avenae*'nin Hatay (2) ve Adana (1) popülasyonunun Uluslararası Konukçu Test Ayrım Hatları karşı reaksiyonları

	Bitkideki Dişi Sayısı			Reaksiyon	Subbotin et.al. 2010	Al-Hazmi et.al. 2011	Romero et.al.1996
	İmece	Karlık	Beşaslan				
Arpa							
Varde	10,0±3,6	17,7±1,5	16,0±1,0	H	&	H	H
Emir (<i>Rha</i> “E”)	14,7±2,5	22,3±1,5	17,7±1,5	H	H	H	H
Ortolan (<i>Rha</i> 1)	9,3±2,5	13,0±2,6	13,3±0,6	D	D	D	H
Morocco(<i>Rha</i> 3)	4,3±2,5	10,7±3,1	7,0±1,0	D	D	D	D
Siri (<i>Rha</i> 2)	3,0±1,0	8,7±1,5	15,3±0,6	D	D	D	D
Kv1 191 (<i>Rha</i> 2)	7,7±3,2	13,7±2,5	15,0±1,0	D	D	D	D
Bajo Aragon	5,3±2,5	10,0±1,0	12,3±0,6	D	&	D	D
Herta (<i>Rha</i> 2)	19,3±1,5	19,7±8,7	18,0±3,0	H	H	H	H
Martin 403-2	4,0±2,6	8,7±1,5	8,3±0,6	D	&	D	D
Dalmatische	15,7±3,5	22,3±1,5	20,7±3,1	H	&	-	D
La Enstuanzuela (<i>Rha</i> 2)	17,0±3,0	&	21,0±2,0	H	&	H	H
Harlan 43	14,0±1,0	20,3±2,5	17,7±1,5	H	&	-	D
Yulaf							
Sun II	9,0±1,0	17,0±2,0	7,7±0,6	D	D	D	D
Pusa Hybrid Bsi	8,0±1,7	15,0±2,6	&	D	D	D	D
Silva	4,3±2,5	10,0±2,0	5,7±1,5	D	&	D	D
MkH. 72-646	13,0±4,6	23,3±2,5	23,0±1,0	H	&	-	D

Çizelge 4.12'nin devamı

	İmece	Karlık	Beşaslan	Reaksiyon	Subbotin et.al. 2010	Hazmi et.al. 2011	Romero et.al.1996
Buğday							
Capa	12,7±2,1	17,7±1,5	&	H	H	H	H
Aus 10894	13,0±5,6	&	23,0±1,0	H	&	H	H
(Cre-1)							
Loro x Koga (Cre-1)	4,7±2,5	9,0±3,6	11,0±2,6	D	D	H	H
Psathias	7,7±0,6	11,0±1,0	10,7±1,2	D	&	H	H
Iskamish							
K-2 Light	9,0±3,0	12,0±2,0	&	D	&	H	(H)
Kontrol Hatları							
Milan	11,0±2,0	19,3±3,5	16,7±1,5	(H)			
Silverstar (Cre1)	3,0±1,5	8,0±2,0	7,0±3,6	D			
Seni	18,7±2,5	25,7±2,1	21,0±2,6	H			
Croc 1/Ae. Squ	9,3±1,5	17,1±3,1	14,7±0,6	(D)			

• Ayrım hatlarının popülasyona karşı vermiş olduğu reaksiyon kendi içerisindeki kontrol hatlarının sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

• D: Dayanıklı, H: Hassas, (OD): Orta Dayanıklı, (OH): Orta Hassas, &: Reaksiyon göstermemiştir.

Yulaf ayırım hatları: Çizelge 4.12’de, Sun II ve Silva yulaf çeşitlerinin her üç popülasyona karşı dayanıklı bulunmuştur (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005; Subbotin ve ark., 2010). Pusa Hybrid Bsi’nin İmece ve Karlık popülasyonlarına karşı dayanıklı olduğu (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005; Subbotin ve ark., 2010) Beşaslan popülasyonuna karşı reaksiyon göstermediği tespit edilmiştir. Mk H. 72-646 hattının denemeye alınan üç popülasyona karşı hassas reaksiyon vermiştir.

Buğday ayırım hatları: Çizelge 4.12’de, buğday ayırım hatlarından Capa’nın İmece ve Karlık popülasyonlarına karşı hassas olduğu (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005; Subbotin ve ark., 2010) Beşaslan popülasyonuna ise reaksiyon göstermediği belirlenmiştir. Aus 10894 buğday çeşidi İmece ve Beşaslan popülasyonlarına hassas (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero et al., 1996) Karlık popülasyonuna karşı ise reaksiyon göstermemiştir. Loro x Koga çeşidinin denemeye alınan her üç popülasyona karşı dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Subbotin ve ark., 2010).

Genomunda dayanıklılık geni *Cre1*’i bulunduran Aus 10894 ve Loro x Koga çeşitlerinin her üç nematod popülasyonuna karşı reaksiyonları göz önüne alındığında, *Cre1* geninin *H.avenae*’nin Doğu Akdeniz Bölgesi popülasyonlarına karşı tam bir dayanıklılık kaynağına sahip olmadığı sonucuna varılmıştır.

Psathias buğday çeşidi çalışmada kullanılan her üç popülasyona karşı dayanıklı bulunurken, Al-Hazmi ve ark. (2001) ve Romero ve ark. (1996)’nın çalışmalarında hassas olduğu, Subbotin ve ark. (2010)’nın çalışmasında ise reaksiyon vermediği görülmektedir. Iskamish K-2 Light buğday çeşidi İmece ve Karlık popülasyonlarına karşı dayanıklı (Al-Hazmi ve ark., 2001; Romero ve ark., 2005), Beşaslan popülasyonuna karşı reaksiyon göstermemiştir.

Doğu Akdeniz Bölgesi Tahıl kist nematodu, *H. avenae*’nin patotipini belirlemek amacıyla İmece, Reyhanlı (Hatay) ve Karlık (Adana) popülasyonları “Uluslar Arası Konukçu Test Ayırım Hatları” (Andersen & Andersen 1982b) ile denemeye alınmış ve çalışma sonuçları bir bütün olarak incelendiğinde bu popülasyonların Tahıl kist nematodu, *H.avenae*’nin Ha1 patotip grubundan Ha21

patotipi olduğu saptanmıştır. Bu sonuç ülkemizde *H. avenae*'nin patotipinin belirlenmesine yönelik ilk çalışma olma niteliğindedir.

4.4. *Heterodera avenae*'ya Karşı Bazı Buğday Hat ve Çeşitlerinin *in-vitro* Koşullarda Dayanıklılıklarının Araştırılması

Yerel Buğday Hat ve Çeşitleri : Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz Bölgeleri'nden elde edilmiş 15'i ekmeklik, 27'si makarnalık olmak üzere toplam 42 yerel buğday çeşidinin *H. avenae* Ha21 patotipine karşı reaksiyonları araştırılmış, hiçbir buğday çeşidinin nematoda karşı tam dayanıklılık sağlamadığı saptanmıştır (Çizelge 4.13). Bununla birlikte, ekmeklik buğday çeşidi, Adana 99 (PFAU/SERI82//BOG"S") ile makarnalık buğday çeşitleri, Şırnak, Sogol Acırlı ve Sorgül-2 çeşitlerinin *H.avenae*'ye karşı orta dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. *Heterodera avenae*'ye karşı dayanıklılıkları araştırılan yerel buğday çeşitleri

No	Çeşit/Hat		Reaksiyon
1	Karacadağ 98	E	(H)
2	Karakılıçık	E	(H)
3	Nurkent	E	(H)
4	Cemre	E	(H)
5	Doğankent-1	E	(H)
6	Fuatbev 208	M	(H)
7	Gediz.75	M	(H)
8	Karatopak	E	(H)
9	Sevhan 95	E	(H)
10	Adana 99	E	(D)
11	Seri-82	E	(H)
12	Pandas	E	(H)
13	Cukurova-86	E	(H)
14	Osmanivem	E	(H)
15	Cevhan-99	E	(H)
16	Yüreğir-89	E	(H)
17	Amanos-97	E	(H)
18	Sham-1	M	(H)
19	Menceki-2	M	(H)
20	Hav-27	M	(H)
21	Selcuklu	M	(H)
22	Bagacak-96m	M	(H)
22	Bagacak-96m	M	(H)
23	Hacıhalil	M	(H)
24	Akbugdav	M	(H)
25	Havrani	M	(H)
26	Dicle 74-M	M	(H)
27	Zenit	M	(H)
28	Siraslan	M	(H)
29	Giberunda	M	(H)
30	A-97	M	(H)
31	Bevazivem	M	(H)
32	Siverek	M	(H)
33	Sırnak	M	(D)
34	Menceki-M	M	(H)
35	Sarı bursa	M	(H)
36	Sogol Acırlı	M	(D)
37	İskenderi	M	(H)
38	Kurtalan	M	(H)
39	Sorgül	M	(H)
40	Minoret	M	(H)
41	Sorgül-2	M	(D)
42	Sırnak Akkava	M	(H)

E: Ekmeklik buğday çeşidi; M: Makarnalık buğday çeşidi, (H): Orta hassas; (D): Orta dayanıklı

Şahin (2010) makarnalık buğday çeşitleri Kırmızı Mısırlı, Sorgül, Yelken, Kunduru-1149, Sarı Bursa, Germir, Altındane-12 ile ekmeklik buğday çeşitleri KateA-1 ve IWA-8604765 (UCD)'in *H. filipjevi*'nin Haymana popülasyonuna karşı dayanıklı; Silverstar, Üveyik, Hartog, Sönmez, Yakar, Tosunbey ve IWA-8608077 UCD) çeşitlerinin ise, *H. filipjevi* Haymana popülasyonuna karşı orta dayanıklı olduklarını bildirmektedir. Sorgül-2 makarnalık buğday çeşidinin bu çalışmada *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı orta dayanıklı bulunmuş olması söz konusu buğday çeşidinin *H. avenae* ve *H. filipjevi*'ye karşı dayanıklılık kaynağına sahip olabileceği kanısını uyandırmıştır.

Toktay (2008) ekmeklik buğday çeşidi olan Adana 99'un Kök yara nematodu *P. thornei*'ye karşı orta düzeyde dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Adana 99'un (PFAU/SERI82//BOG"S") bu çalışmada *H. avenae* Ha21 patotipine karşı orta dayanıklı bulunmuş olması söz konusu buğday çeşidinin *H. avenae* ve *P. thornei*'ye karşı çoklu dayanıklılığa sahip olduğunu işaret etmektedir.

Bu çalışma ile makarnalık buğday çeşidi Sorgül-2'nin *H. avenae* ve *H. filipjevi*'ye, ekmeklik buğday çeşidi Adana 99'un *H. avenae* ve *P. thornei*'ye karşı dayanıklılık kaynağına sahip olabilecekleri sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda söz konusu buğday çeşitlerinin Tahıl kist nematodları ve Kök yara nematodlarının farklı türleri ve patotiplerine karşı reaksiyonları belirlenerek buğday ıslah programlarında kullanılabilme olanakları araştırılmalıdır.

Uluslararası Buğday Hat ve Çeşitleri: Genomunda dayanıklılık geni *Cre1*'e sahip ekmeklik buğday çeşidi Silverstar (Majnik ve ark., 2003) ile bazı makarnalık buğday ebeveynlerinin melezlenmesi ile geliştirilen 64 adet melezin *H. avenae* Ha21 patotipine karşı dayanıklılıklarının araştırıldığı çalışmaya ait sonuçlar Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14'te Tahıl kist nematoduna karşı dayanıklılık sağlayan *Cre 1* geni içeren 40 buğday çeşidinden 24'nün nematoda orta dayanıklı, 16'nın ise orta hassas oldukları saptanmıştır. Bu nedenle dayanıklılık geni *Cre 1*'in *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı tam bir dayanıklılığa sahip olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.14. *Heterodera avenae*'ye karşı dayanıklılıkları araştırılan uluslararası buğday çeşitleri

No	Genotip adı ve/veya pedigrisi	Cre1	Reaksiyon
1	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/slvs/pastor	+	(H)
2	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/slvs/pastor	+	(D)
3	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/slvs/pastor	-	(D)
4	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/slvs/pastor	-	(H)
5	Pastor/slvs//frame	+	(H)
6	Pastor/slvs//frame	+	(D)
7	Pastor/slvs//frame	+	(D)
8	Pastor/slvs//frame	+	(D)
9	Slvs/pastor//ceta/ae.squarrosa (895)/4/92.001e7.32.5/3/prl/sara//tsi/vee#5	-	(D)
10	Slvs/pastor//ceta/ae.squarrosa (895)/4/92.001e7.32.5/3/prl/sara//tsi/vee#5	+	(D)
11	Slvs/pastor//ceta/ae.squarrosa (895)/4/92.001e7.32.5/3/prl/sara//tsi/vee#5	+	(D)
12	Stylet//2.49/2*pastor/3/slvs/pastor	+	(H)
13	T.tau.83.2.36/excalibur//pastor/slvs	+	(H)
14	Croc_1/ae.squarrosa (224)//opata/3/rac655/4/slvs/pastor	-	(H)
15	Yav79//dack/rabi/3/snipe/4/ae.squarrosa (460)/5/2*excalibur/6/slvs/pastor	-	(D)
16	Yav79//dack/rabi/3/snipe/4/ae.squarrosa (460)/5/2*excalibur/6/slvs/pastor	+	(H)
17	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(D)
18	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(H)
19	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(H)
20	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(D)
21	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(D)
22	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(D)
23	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	+	(D)
24	Slvs/pastor/3/pastor//munia/altar 84	-	(D)
25	Amsel/2*goldmarker//borl95/2*goldmarker/3/kukrı .362	+	(H)
26	Amsel/2*goldmarker//borl95/2*goldmarker/3/kukrı .362	+	(H)
27	Amsel/2*goldmarker//borl95/2*goldmarker/3/kukrı .362	+	(D)
28	Pbw343*2/kukuna//pastor/slvs	+	(D)
29	Pbw343*2/kukuna//pastor/slvs	-	(H)

Çizelge 4.14'ün devamı

No	Genotip adı ve/veya pedigrişi	Cre1	Reaksiyon
30	Pbw343*2/kukuna//pastor/slvs	-	(D)
31	Pbw343*2/kukuna//pastor/slvs	-	(D)
32	Pbw343*2/khvaki//pastor/slvs	+	(D)
33	Pbw343*2/khvaki//pastor/slvs	+	(H)
34	Pbw343*2/khvaki//pastor/slvs	-	(D)
35	Pbw343*2/khvaki//pastor/slvs	+	(D)
36	Pbw343*2/khvaki//pastor/slvs	-	(H)
37	D67.2/p66.270//ae.squarrosa (320)/3/cunningham/4/pastor/slvs	+	(D)
38	Calingiri/sokoll	-	(H)
39	Stylet//2.49/2*pastor	-	(D)
40	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/excalibur/4/slvs/pastor	-	(D)
41	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/excalibur/4/slvs/pastor	-	(D)
42	Altar 84/ae.sq//2*opata/3/excalibur/4/slvs/pastor	-	(H)
43	Sokoll//slvs/pastor/3/attila*2//chil/buc	-	(H)
44	Sokoll//slvs/pastor/3/attila*2//chil/buc	+	(D)
45	Sokoll//slvs/pastor/3/attila*2//chil/buc	-	(D)
46	Sokoll/frame	-	(D)
47	Sokoll/frame	-	(D)
48	Sokoll/frame	-	(H)
49	Sokoll/slvs	+	(D)
50	Sokoll/slvs	+	(D)
51	Sokoll/slvs	+	(D)
52	Sokoll/92.001e7.32.5	+	(D)
53	Sokoll/92.001e7.32.5	+	(H)
54	Sokoll/92.001e7.32.5	+	(H)
55	Sum3/thb//slvs/pastor	+	(H)
57	Tevee/kauz/4/92.001e7.32.5/3/prl/sara//tsı/vee#5/5/ pastor/slvs	+	(H)
58	Cham6//kite/pgo/4/92.001e7.32.5/3/prl/sara//tsı/vee #5/5/pastor/slvs	-	(D)
59	Croc_1/ae.squarrosa (205)//kauz/3/slvs/4/altar 84/ae.squarrosa (219)//seri/5/slvs/pastor	+	(H)
60	Pbw343*2/kukuna*2//pastor/slvs	+	(D)
61	Frame//2*attila*2/pbw65/5/altar 84/ae.sq//2*opata/3/pastor/2*sitta/4/slvs/pastor	+	(D)
62	Frame//2*attila*2/pbw65/5/altar 84/ae.sq//2*opata/3/pastor/2*sitta/4/slvs/pastor	-	(D)
63	Krichauff/finsı/3/ures/prl//bav92/4/Altar 84/ae.sq//2*opata/3/slvs/pastor	-	(H)
64	Krichauff/finsı/3/ures/prl//bav92/4/Altar 84/ae.sq//2*opata/3/slvs/pastor	-	(H)

(H): Orta hassas; (D): Orta dayanıklı; + Dayanıklılık geni taşıyor; - Dayanıklılık geni taşımıyor

Tahıl kist nematodlarına karşı kullanılan dayanıklılık kaynaklarının nematodun türlerine veya aynı türün patotiplerine olan etkisi farklı olabilmektedir. Nitekim, Tahıl kist nematoduna karşı dayanıklı kaynaklarından biri olan *Cre 3* geni, *H. avenae*'nin Avrupa ve Afrika popülasyonlarına karşı oldukça etkili olurken; Avustralya ve Asya popülasyonlarına karşı etkili olmadığı bildirilmektedir (Rivoal ve ark., 2001; Mokabli ve ark., 2002). Özarslandan ve ark. (2010) ve Nicol ve ark. (2008) dayanıklılık genleri *Cre R*, *Cre 1*, *Cre 2*, *Cre 3*, *Cre 7* ve *Cre 8*'in *H. filipjevi*'nin Yozgat ve Haymana popülasyonuna karşı etkinliklerinin farklı olduğunu belirtilmektedirler. Nicol ve ark. (2009b) dayanıklılık genleri, *Cre R*, *Cre 1* ve *Cre 5*'in *H. filipjevi*'nin Haymana popülasyonuna karşı dayanıklılığı sağladığı, *Cre 2* ve *Cre 6*'nın aynı etkinliği sağlamadığını bildirmektedirler. *H. filipjevi*'nin Haymana popülasyonu ve Kök yara nematodu *P. thornei* karşı *Cre 1* geninin ile dayanıklılık arasında bir ilişkinin bulunamadığı bildirilmektedir (Toktay ve ark., 2012).

Yabani buğday (*Triticum dicoccoides*) Formları: Güneydoğu Anadolu bölgesinden 2004 ve 2006 yıllarında toplanan 32 adet yabani buğday (*T. dicoccoides*) popülasyonunun *in-vitro* koşullarda *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı reaksiyonlarının araştırıldığı çalışma sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Buna göre 32 yabani buğday formundan 17'sinin *H. avenae*'ya karşı orta dayanıklı, 15'inin ise orta hassas olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.15. *Heterodera avenae*'ye karşı reaksiyonları araştırılan yabani buğday formları

No	Lokasyon	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Reaksiyon
1	Diyarbakır'ın güney batısı ile Ovadağ'a arası 24,5. km	780	37°47'38"	40°12'14"	(D)
2	Ovadağ'ın kuzey batısı ile Pirinçlik arası 12,9. km	1007	37°47'31"	39°57'18"	(H)
3	Ovadağ'ın kuzey batısı ile Pirinçlik arası 18,5. km	920	37°49'17"	39°59'34"	(D)
4	Pirinçlik'in 20,1 km güney batısı	1080	37°52'02"	39°51'05"	(D)
5	Pirinçlik'in 20 km güney batısı	1260	37°50'40"	39°47'58"	(D)
6	Karabahçe'nin kuzey doğusu ile Pirinçlik arası 2,9 km	1300	37°49'12"	39°46'29"	(D)
7	Pirinçlik'in 41,2 km güney batısı	1250	37°46'42"	39°44'50"	(D)
8	Karabahçe'nin 6,3 km kuzeyi	1070	37°50'21"	39°43'23"	(H)
9	Karabahçe'nin 4,6 km güney batısı	1180	37°46'19"	39°44'03"	(D)
10	Karabahçe'nin 17,9 km güney batısı	1160	37°44'29"	39°42'50"	(D)
11	Karabahçe'nin 21,7 km güney batısı	1235	37°42'51"	39°44'03"	(H)
12	Karabahçe'nin 28,1 km güney batısı	1170	37°39'49"	39°42'49"	(D)
13	Karabahçe'nin 37,9 km güney batısı	1180	37°36'27"	39°43'41"	(H)
14	Karabahçe'nin 41,6 km güney batısı	1170	37°35'08"	39°44'36"	H
15	Karabahçe'nin 48,7 km güney batısı	1030	37°33'09"	39°42'06"	(H)

Çizelge 4.15'in devamı

No	Lokasyon	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Reaksiyon
16	Çermik'in güney batısı ile Siverek arası 30,2. km	1030	37°33'09"	39°42'06"	H
17	Araban'ın güney batısı ile Gaziantep arası 17,5. km	1030	37°33'09"	39°42'06"	(D)
18	Araban'ın güney batısı ile Gaziantep arası 17,5. km	1010	37°10'14"	37°12'12"	(D)
19	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 21. km	620	36°45'52"	37°15'04"	(H)
20	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 24. km	700	36°52'20"	37°12'12"	(H)
21	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 25. km	830	36°33'25"	37°11'57"	(D)
22	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 37. km	830	37°20'19"	37°16'50"	(D)
23	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 39. km	920	37°19'50"	37°18'51"	(H)
24	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 40. km	880	37°22'29"	37°25'30"	(H)
25	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 41. km	770	37°24'23"	37°25'47"	(D)
26	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 49. km	700	37°18'20"	37°38'41"	(D)
27	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 42 km	750	37°24'58"	37°24'50"	(H)
28	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 45 km	930	37°27'34"	37°24'11"	(H)
29	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 58. km	720	37°16'01"	37°30'52"	(D)
30	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 48. km	800	37°16'53"	37°36'05"	(D)
31	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 59. km	770	37°15'33"	37°29'03"	(H)
32	Kilis'in kuzey doğusu ile Gaziantep arası 47 km	870	37°14'47"	37°33'30"	(H)

S: Hassas; (S): Orta hassas; (R): Orta dayanıklı

Dayanıklı gen kaynakları doğada çoğunlukla bitkilerin yabani formlarında olup melezleme ile kültür formlarına aktarılmaktadır (Boerma ve ark., 1992). Bu nedenle, yabani buğday formlarının buğdayda zararlı nematodlara karşı etkinliklerinin araştırılması gerekmektedir. Bu kapsamda, Şahin (2010), Tahıl kist nematodu, *H. filipjevi*'nin Haymana popülasyonuna karşı HN7/OROFEN//BJN8/3/SERI82 pedigrili hat; *Aegilops tauchii*#40, *Aegilops speltoides aucheri*, *Triticum dicoccoides*#43, *Triticum dicoccoides*#45, *Aegilops vavilovi* yabani buğday türlerinin dayanıklı olduğunu bildirmektedir. Akar ve ark. (2009), ülkemizde 200'ün üzerinde yerel çeşitte dayanıklılık genleri *Cre 1* ve *Cre 3*'ün taramasını moleküler düzeyde yaptıkları çalışmada yerel çeşitlerde söz konusu genlere rastlanılmadığını, sadece İran orijinli Sardari buğday çeşidinde *Cre 1* geninin bulunduğunu bildirmektedir.

Bu çalışmada *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı orta dayanıklı bulunan yabani buğday formlarının Tahıl kist nematodu türlerine ve patotiplerine karşı dayanıklılıkları araştırılarak öncelikli olarak söz konusu yabani buğday formlarındaki olası dayanıklılık kaynaklarının tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

4.5. Tarla Koşullarında *Heterodera avenae*'nin Meydana Getirdiği Ürün Kaybının Araştırılması

Heterodera avenae'nin tarla koşullarında buğdayda verime etkisini araştırmak amacıyla Adana ili Sarıçam ilçesi Karlık köyünde 2012 ve 2013 yıllarında iki yıl süreyle tarla denemesi yürütülmüştür. Denemede çeşitler bazında nematodlu ve nematodsuz parsellerde nematodun üreme oranları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Tarla denemelerinde *Heterodera avenae*'nin buğday çeşitlerine ait başlangıç (Pi) ve sonuç popülasyonları (Pf) ile üreme oranları (MR)

		2011-2012 yılı üretim sezonu			2012-2013 yılı üretim sezonu		
	Uygulama	Pf	Pi	MR	Pf	Pi	MR
Silverstar	Nematodlu	32,7	18,8	1,7*	41,8	30,6	1,4*
	Nematodsuz	10,7	20,2	0,5	8,6	50,5	0,2
Seri-82	Nematodlu	38,9	19,5	2,0*	48,6	41,5	1,2*
	Nematodsuz	6,1	12,7	0,5	15,6	42,1	0,4
Ceyhan 99	Nematodlu	29,7	12,7	2,3*	48,6	45,3	1,1*
	Nematodsuz	8,9	15,3	0,6	11,7	41,3	0,3
Osmaniyem	Nematodlu	31,6	22,5	1,4*	39,5	31,8	1,2*
	Nematodsuz	5,9	12,4	0,5	12,3	46,5	0,3
Karatopak	Nematodlu	41,5	21,7	1,9*	47,5	30,3	1,6*
	Nematodsuz	3,8	16,1	0,2	12,2	35,8	0,3
Adana 99	Nematodlu	38,4	26,7	1,4*	52,5	47,5	1,1*
	Nematodsuz	10,2	24,9	0,4	7,8	43,5	0,17

*Denemede çeşitler bazında nematodlu ve nematodsuz uygulamalarda nematodun üreme oranları t testine göre ($t \leq 0,05$) bir birinden farklıdır.

Çizelge 4.16'da denemeye alınan her bir çeşit için nematodlu ve nematodsuz parseller arasında üreme oranının t testine göre ($t \leq 0,05$) önemli olduğu saptanmıştır. Denemede çeşitler bazında en yüksek üreme oranı 2.3 MR değeri ile Ceyhan 99'un 2012 yılı denemesinde, en düşük üreme oranı ise 0.17 MR değeri ile Adana 99'un 2013 yılı denemesinde olduğu görülmektedir. Denemede nematodun üreme oranının çeşitler bazında değişkenlik göstermekle birlikte, nematodlu parsellerdeki üreme oranı nematodsuz parsellerdeki üreme oranına göre düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, denemede nematodlu ve nematodsuz parsellerde nematod popülasyonlarının ekonomik zarar eşiğinin 5-10 yumurta/gram toprak (Nicol ve ark., 2006) oranının üstünde olması, nematodsuz parsellerdeki üreme oranının 1 ve üzerinde gerçekleşmesi denemenin sağlıklı olarak yürütüldüğünü göstermektedir.

H. avenae'nin verim denemesinde buğday çeşitlerine ait verim değerleri ile ürün kaybı değerleri (%) Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. *Heterodera avenae*'nin verim denemesinde buğday çeşitlerine ait verim ve ürün kaybı değerleri (%)

	2011-2012 yılı üretim sezonu			2012-2013 yılı üretim sezonu		
	Nematodlu (kg/da)	Nematodsuz (kg/da)	Verim Kaybı (%)	Nematodlu (kg/da)	Nematodsuz (kg/da)	Verim Kaybı (%)
Silverstar	307 ±8,1*	264±10,4	13,8	590 ±6,1*	498±4,2	15,5
Seri-82	322±9,4*	244±12,7	24,0	441±3,4*	328±8,6	25,7
Ceyhan 99	334±10,1	315±9,7	5, 8	533±2*	474±6,3	11,0
Osmaniyem	307±7,30*	253±10,6	17,4	484±7,*3	360±7,6	25,6
Karatopak	322±9,0*	252±9,6	21,9	363±5,6*	322±6,1	11,3
Adana 99	327±9,9	312±12,5	4,68	688±5,2*	624±4,4	9,3

*t ≤ 0,05 önem seviyesinde çeşitler bazında nematodlu ve nematodsuz uygulamalar arasındaki verim değerleri bir birinden farklıdır.

Çizelge 4.17'de verim denemesi çalışmalarında 2011-2012 üretim döneminde nematodun meydana getirdiği ürün kaybı, nematodsuz parsellere göre Silverstar, Seri-82, Osmaniyem ve Karatopak çeşitlerinde önemli olduğu, buna karşın Adana 99 ve Ceyhan 99 çeşitlerinde önemsiz olduğu saptanmıştır. Çalışmanın 2012-2013 üretim dönemindeki tekrarında nematodun meydana getirdiği ürün kaybının denemeye alınan tüm çeşitlerde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.17'de çeşitler bazında verim ve ürün kaybının değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Verim değerleri incelendiğinde, 2013 yılına ait verim değerlerinin 2012 yılına göre yüksek olduğu, en yüksek verimin 2013 yılı denemesinde 688 kg/da ile Adana 99'un nematodsuz parselinde, en düşük verimin ise 244 kg/da ile Seri-82'nin 2012 yılı denemesinin nematodlu parselinde olduğu saptanmıştır.

Denemede en yüksek ürün kaybı 2013 yılı verim denemesinde % 25,7 ile Seri-82' buğday çeşidinin nematodlu parselinde gerçekleşmiş, bunu % 25,6 ile Osmaniyem, % 24,1 ile Karatopak buğday çeşidi takip etmiştir. Denemede en düşük ürün kaybı ise 2013 yılı verim denemesinde % 4,68 ile Adana 99 ve % 5,8 ile Ceyhan 99 buğday çeşitlerinin nematodsuz parsellerinde olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak *H. avenae*'nin buğday çeşitlerine göre değişmekle birlikte % 4,68-% 25,7 oranında buğdayda ürün kaybına neden olduğu saptanmıştır. Denemeye alınan buğday çeşitleri içerisinde Adana 99 ve Ceyhan 99'un *H. avenae*'ya karşı dayanıklı

olduğu bilinen Silverstar'a göre daha düşük bir ürün kaybına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 16 ve 17 birlikte değerlendirildiğinde, çeşit bazında nematodlu ve nematodsuz parsellerde nematodun üreme oranı ve verim ölçütleri arasında yakın bir ilişki olduğu görülmektedir. Denemeye alınan buğday çeşitlerinin nematodsuz parsellerindeki üreme oranının düşük ve verimin yüksek, nematodlu parsellerdeki üreme oranının yüksek ve verimin düşük olduğu görülmektedir.

Verim denemesinde, Adana 99 ve Ceyhan 99'un *H. avenae*' ya karşı dayanıklı olduğu bilinen Silverstar'a göre daha iyi bir performans gösterdiği tespit edilmiştir. Adana 99'un nematodlu ve nematodsuz parsellerinde düşük üreme oranı, yüksek verim ve düşük verim kaybının olduğu görülmektedir. Bu sonuç söz konusu çeşidin *H. avenae*'ya karşı orta dayanıklı olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim, çalışmanın 4.4. bölümünde Adana99'un *in-vitro* koşullarda *H. avenae*'ye karşı orta dayanıklı olduğu saptanmıştır. Söz konusu çeşidin tarla koşullarında da iyi bir performans gösterdiği dikkate alınır *H. avenae* için iyi bir dayanıklılık kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Ceyhan 99'un nematodlu ve nematodsuz parsellerinde yüksek üreme oranı, yüksek verim ve düşük verim kaybına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Ceyhan 99'un *H. avenae*'ya karşı tolerant olabileceği kanaatini uyandırmıştır. Ancak, çalışmanın 4.4. bölümünde Ceyhan99'un *in-vitro* koşullarda *H. avenae*'ye karşı orta hassas olduğu dikkate alındığında söz konusu çeşitle ilgili kannatin oluşabilmesi için çeşit nematod interaksyonu çalışmalarına devam edilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyada buğday üretiminde ürün kayıplarına neden olan Tahıl kist nematodlarına yönelik olarak Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında Tahıl kist nematodu sürveyi gerçekleştirilmiş, nematodun ekonomik zarara neden olabilecek yüksek popülasyona (5 yumurta /gram toprak) sahip olduğu saptanmıştır.
2. Tahıl kist nematodu sürveyi yaklaşık 12 bin da buğday alanında yapılmış, çalışma alanının %52'si nematod ile bulaşık bulunmuştur.
3. Çalışmada Tahıl kist nematodları; *H. avenae*, *H. latipons* ve *H. filipjevi* saptanmış, en yaygın türün %51 bulaşıklık oranı ile *H. avenae* olduğu, bunu sırasıyla % 40 bulaşıklık oranı *H. latipons* ve % 9 bulaşıklık oranı ile *H. filipjevi*'nin takip ettiği tespit edilmiştir.
4. Tahıl kist nematodu türlerinin illere göre değişiklik gösterdiği Adana, Osmaniye, Hatay illeri buğday alanlarında *H. avenae*, Kahramanmaraş'ta *H. filipjevi*, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa ve Mardin'de *H. avenae* ve *H. latipons*'un karışık popülasyon halinde bulunduğu, Diyarbakırda ise sadece *H. aveane*'nin olduğu saptanmıştır.
5. Tahıl kist nematodu türlerinin dağılımında iklimin özellikle sıcaklık ve nemin belirleyici olduğu görülmüştür. Örneğin, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde Suriye sınırına yakın rakımı düşük olan Karkamış (Gaziantep), Elbeyli (Kilis), Kızıltepe ve Nusabin (Mardin) buğday alanlarında *H. latipons*'un, rakımı yüksek olduğu kuzey kesimlerde ise Nurdağı (Gaziantep), Birecik ve Kuzey Suruç (Şanlıurfa), Ömerli-(Mardin), Ergani (Diyarbakır) *H. avenae*'ye rastlanılmıştır.
6. Tahıl kist nematodu popülasyonlarının tür teşhislerinde morfometrik kriterlerin oldukça yeterli olduğu, bununla birlikte moleküler teşhiste,

rDNA'nın ITS bölgesinin her zaman için kesin sonuç vermediği saptanmıştır.

7. Tahıl kist nematodu popülasyonları içerisinde tür içinde ve türler arasında farklı tekrar oranlarında kalıtsal farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Tür içi kalıtsal farklılık özellikle *H. latipons*'un Hatay popülasyonu ile Gaziantep ve Kilis popülasyonları arasında %96 tekrar oranında gözlemlenmiştir.
8. *Heterodera avenae* kistlerinden en yüksek larva çıkışının 66 gün süreyle +4 °C'de ön inkübasyonda tutulmuş yumurtalarda 10°C'de 191-221 gün inkübasyon süresinde gerçekleştiği saptanmıştır.
9. *Heterodera avenae* ile *in-vitro* koşullarda yürütülen denemelerde, kumlu toprak tipinin (%29 tarla toprağı, %70 kum: %1: yanmış çiftlik gübresi) tercih edilmesi; nematodun bitkiye inokülasyonunun ise dikimle aynı günde ve 2,5 adet ikinci dönem larva (J₂)/gram toprak yoğunluğunda yapılmasının uygun olacağı ortaya konulmuştur.
10. *Heterodera avenae*'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nden elde edilen popülasyonlarına ait patotipin Ha1 grubuna bağlı Ha21 olduğu saptanmıştır. Bu çalışma, *H. avenae*'nin patotipi yönünden ülkemizde ilk olma niteliğindedir.
11. Tahıl kist nematodlarına karşı yürütülen çeşit reaksiyonu çalışmalarında ulusal (yerel) çeşitlerden ekmeklik bir buğday çeşidi olan Adana99'un *in-vitro* ve *in-vivo* koşullarda *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı orta derecede dayanıklı olduğu saptanmıştır.
12. Tahıl kist nematodlarına ve patotiplerine karşı dayanıklılık kaynağı oldu bilinen *Cre 1* geninin *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı tam bir dayanıklılığa sahip olmadığı belirlenmiştir.
13. *Heterodera avenae*'nin Ha21 patotipine karşı orta düzeyde dayanıklılık gösteren önemli sayılabilecek sayıda yabani buğday formu belirlenmiştir.

14. Doğu Akdeniz Bölgesi buğday alanlarında *H. avenae*'nin Ha21 patotipinden kaynaklı ortalama ürün kaybının çeşitlere göre değişmekle birlikte, %4,68-% 25,7 arasında olduğu saptanmıştır.

Bu çalışma Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında sorun olan Tahıl kist nematodları konusunda yeni bilgi ve bulguya ulaşmamızı sağlamakla birlikte, önümüzdeki dönemde birçok yeni çalışmanın yapılmasını zorunlu kılmıştır. Tahıl kist nematodunun mücadelesine esas teşkil edecek bilgilerin ortaya konması amacıyla, araştırılması önerilen konular aşağıda özetlenmiştir.

1. Çalışma alanının yaklaşık olarak yarısının (%52) Tahıl kist nematodu ile bulaşık ve yoğunluğun ekonomik zarar eşiğinin üzerinde olduğu dikkate alındığında, nematodun mücadelesine yönelik olarak nadasa bırakma, münavebe, hasat sonrası derin sürüm ve dayanıklı/tolerant çeşitlerin kullanımı önerilebilir.
2. TUBİTAK TOVAG 110 0 612 nolu proje ile desteklenen bu çalışmada Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri, TUBİTAK KAMAK 105 G 013 nolu proje ile İç Anadolu Bölgesi ve TUBİTAK TOVAG 112 0 565 nolu proje ile Doğu Anadolu Bölgesi buğday alanlarında Tahıl kist nematodunun türleri, yaygınlık ve yoğunlukları saptanmıştır. Bundan sonraki aşamada söz konusu bölgelerdeki eksik kalan alanlar öncelikli olmak üzere, Ege ve Marmara Bölgeleri ile Karadeniz Bölgesi buğday alanlarında Tahıl kist nematodu sürveyleri yapılarak, Türkiye geneli Tahıl kist nematodu envateri çıkarılmalıdır.
3. Bu çalışma öncesinde Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri buğday alanlarında kapsamlı sürveyin yapılamamış olması şüphesiz çalışma bulgularını çok değerli kılmaktadır. Ancak, söz konu bölgelerde 10 ilde yaklaşık 12.000 da buğday alanından 711 örnek alınabildiği göz önüne alındığında önümüzdeki dönemde sürvey çalışmalarının ara, ara il bazında yapılması gerekmektedir.

4. Çalışmada Tahıl kist nematodu popülasyonlarının moleküler olarak teşhislerinde rDNA'nın ITS bölgesi kullanılmış, söz konusu DNA bölgesinin bazı popülasyonları (*H. arenaria*, *H. aucklandica*, *H. mani*, *H. australis* ve *H. pratensis*) kesin ve güvenilir olarak teşhisini yapamadığı anlaşılmıştır. Bu amaçla Tahıl kist nematodlarının teşhislerinde rDNA'nın ITS bölgesinin dışında farklı gen bölgelerinin kullanılması daha önemlisi türe spesifik primerlerinin (SCAR) geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.
5. Tahıl kist nematodu popülasyonları arasındaki genetik benzerliklerin araştırıldığı çalışmalarda daha fazla kist nematodu popülasyon ile (ulusal-uluslararası) çalışarak akrabalık ilişkileri birlikte değerlendirilmeli ve nematodun orijini ile yayılış alanları hakkında araştırmalar yapılmalıdır.
6. Çalışmada saptanan Akdeniz Tahıl kist nematodu, *H. latipons* ile *in-vitro* koşullarda yapılacak çalışmalara esas olacak temel bazı biyolojik özellikleri (en uygun larva çıkış sıcaklığı ve süresi ile en uygun deneme test materyalleri) belirlenmelidir.
7. *Heterodera avenae*'nin patotipinin belirlendiği çalışmada Doğu Akdeniz Bölgesi'nden (Karlık-Adana ve İmece, Beşaslan-Hatay) elde edilen popülasyonlar ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, önümüzdeki dönemde *H. avenae*'nin patotipinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi popülasyonlarının çoğunlukta olacağı daha fazla popülasyonla çalışılması ve sonuçların doğrulanması gerekmektedir.
8. Toktay ve ark. (2013) Doğu Akdeniz Bölgesi'nden Tahıl kist nematodu *H. filipjevi*'ye ait popülasyonlarının da (Afşin ve Elbistan) içinde olduğu patotip çalışmasını gerçekleştirilmiş olsada, bundan sonraki aşamada İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerine ait popülasyonların yoğunlukta olacağı daha çok popülasyonla patotip çalışması yapılmalı ve sonuçlar doğrulanmalıdır.
9. Çalışmada saptanan Akdeniz Tahıl kist nematodu, *H. latipons*'a ait popülasyonlar arasında tür içi kalıtsal farklılıklarının olduğu göz önüne

alınırsa özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi popülasyonlarının çoğunlukta olacağı *H. latipons* ait patotip çalışmasının yürütülmesi gerekmektedir.

10. Bu çalışmada *H. avenae*'nin Ha21 patotipine karşı orta dayanıklılığa sahip olduğu belirlenen ekmeklik buğday çeşidi Adana 99 aynı zamanda Kök yara nematodlarına karşı orta dayanıklıdır (Toktay ve ark., 2012). Bu nedenle, Adana 99'un buğday nematodlarının farklı popülasyonlara karşı reaksiyonu belirlenerek, buğday ıslah programlarında kullanılabilme imkanları araştırılmalıdır.
11. *Heterodera avenae*'nin Ha21 patotipine karşı *in-vitro* koşullarda orta dayanıklı olduğu saptanan Adana 99 buğday çeşidinde, tarla koşullarında nematodun yaklaşık % 4,68 - % 9.3 oranında ürün kaybına neden olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, buğday ıslah programlarında kullanılacak hatların ve çeşitlerin *in-vitro* ve *in-vivo* koşullardaki performanslarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.
12. Dünyada Tahıl kist nematodlarına karşı dayanıklılık sağlayan 9 adet *Cre* geni mevcut olup, bunlardan sadece *Cre1* geninin *H. avenae*'nin Ha21 patotipine etkinliği araştırılmıştır. Bu nedenle, bundan sonraki aşamada Tahıl kist nematodları; *H. avenae*, *H. latipons* ve *H. filipjevi* farklı popülasyonlarına karşı diğer dayanıklılık genlerinin etkinlikleri araştırılmalıdır.
13. *Heterodera avenae*'nin Ha 21 patotipine karşı dayanıklı olduğu saptanan yabani formlarındaki dayanıklılık kaynağının araştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, öncelikli olarak söz konusu *Triticum dicoccoides* türlerinin mevcut dayanıklılık genleri ile taraması yapılmalı ve dayanıklılık kaynağı tanımlanmalıdır.
14. *Heterodera avenae*'nin Ha21 patotipinin tarla koşullarında Seri-82 buğday çeşidinde %25,7 kadar ürün kaybına neden olduğu düşünüldüğünde, buğday ıslah programlarında geliştirilecek üstün performanslı elit hatların nematodlara ve diğer toprak kökenli

patojenlere karşı dayanıklılıkları tarla koşullarında mutlaka araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ABIDOU, H., EL-AHMED, A., NICOL, J. M., BOLAT, N., RIVOAL, R. and YAHYAOU, A., 2005. Occurrence and distribution of species of the *Heterodera avenae* group in Syria and Turkey. *Nematologia Mediterranea*, 33:1-18.
- AGRIOS, G. N., 1997. Plant Pathology, fourth edition. Academic Press Inc Elsevier Science, London.
- AKAR, T., CALISKAN, M., NICOL, J. M., URANBEY, S., SAHİN, E., YAZAR, S., WILLIAM, M. and BRAUN, H. J., 2009, Molecular characterization of cereal cyst nematode diagnostic markers *Cre1* and *Cre3* in some winter wheat germplasm and their potential use against *Heterodera filipjevi*. *Field Crops Research*, 114 (2): 320-323.
- AL-HAZMI, A. S., COOK, R. and IBRAHIM, A. A. M., 2001. Pathotype characterisation of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*, in Saudi Arabia. *Nematology*, 3 (4): 379-382.
- ANDERSEN, K. and ANDERSEN, S., 1982a. Classification of plants resistant to *Heterodera avenae*. *EPPO Bulletin*, 12 (4): 435-437.
- ANDERSEN, S. and ANDERSEN, K., 1982b. Suggestions for Determination and Terminology of Pathotypes and Genes for Resistance in Cyst-Forming Nematodes, Especially *Heterodera avenae*. *EPPO Bulletin*, 12: 379-386.
- ANDERSEN, S., 1974. *Heterodera hordecalis*, a cyst nematode of cereals and grasses in southern Sweden. *Nematologica*, 20: 445-454.
- ANDERSEN, S., 1982. Population dynamics and control of *Heterodera avenae* – a review with some original results. *EPPO Bulletin*, 12: 463-475.
- ANDRES, M., MELILLO, T., DELIBES, A., ROMERO, M. D. and BLEVE-ZACHEO, T., 2001. Changes in wheat root enzymes correlated with resistance to cereal cyst nematodes. *New Pathology*, 152: 343-354.
- ANONİM, 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri (www.tuik.gov.tr) (Erişim tarihi: Mayıs, 2013).

- ASIEDU, R., FISHER J. M. and DRISCOLL C. J., 1990. Resistance to *Heterodera avenae* in the rye genome of triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, 79: 331-336.
- BALAKHNINA, V. P., 1989. Resistance of varieties of *Triticum durum* desf. and *Triticum aestivum* L. to the oat cyst nematode. In *Gel'mintologiya Segodnya: Problemy I Perspektivy. Tezisy Dokladov Nauchnoi Konferentsii*, Moskva, 4-6 Aprelya 1989, p. 36-37. Moscow, Tom 2.
- BANYER, R. and FISHER, J. M., 1971 a. Effect of temperature on hatching of eggs of *Heterodera avenae*. *Nematologica*, (17) 519-534.
- BANYER, R. and FISHER, J. M., 1971 b. Seasonal variation in hatching of eggs of *Heterodera avenae*. *Nematologica*, 17: 225-236.
- BARLOY, D., LEMOINE, J., ABELARD, P., TANGUY, A. M., RIVOAL, R. and JAHIER, J., 2007. Marker-assisted Pyramiding of Two Cereal Cyst Nematode Resistance Genes From *Aegilops variabilis* in Wheat. *Molecular Breeding*, 20: 31-40.
- BARLOY, D., MARTIN, J., RIVOAL, R. AND JAHIER, J., 1996. Genetic and molecular characterization of lines of wheat resistant to cereal cyst nematode *Heterodera avenae*. *Nematologica*, 26 (3): 240.
- BEKAL, S., JAHIER, J. and RIVOAL, R., 1998. Host response of different Triticeae to species of the cereal cyst nematode complex in relation to breeding resistant durum wheat. *Fundamental Applied Nematology*, 21: 359-370.
- BISHNOI, S. P. and BAJAJ, H. K., 2002. Response of Resistant Barley Cultivars to the Indian Population of *Heterodera* Complex. *Indian Journal of Nematology* 32 (2): 125-128.
- BOERMA, H.R. and HUSSEY, R. S., 1992. Breeding Plants for Resistance to Nematodes. *Journal of Nematology*, 24 (2): 242-252.
- BORA T. ve KARACA, İ., 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi, Ege Üniveristesi Matbaası, Bornova-İzmir, Pp: 8.
- BROWN, J. A. M., 1974. Test tube reproduction of *Heterodera avenae* on resistant and susceptible wheats. *Nematologica*, 20: 192-203.

- BROWN, R. H., 1982. Studies on the Australian pathotype of *Heterodera avenae*. *EPPO Bulletin*, 12 (4): 413-421.
- BURGERMEISTER, W., METGE, K., BRAASCH, H. and BUCHBACH, E., 2005. ITS-RFLP Patterns for Differentiation of 26 *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) and Observations on Their Distribution. *Russian Journal of Nematology*, 13 (1): 29-42.
- CHILTON, N.B., HUBY-CHILTON, F. and GASSER, R. B., 2003. First complete large subunit Ribosomal RNA sequence and secondary structure for a parasitic nematode: phylogenetic and diagnostic implications. *Molecular and Cellular Probes*, 17: 33-39.
- COOK, R. and NOEL, G. R., 2002. Cyst nematodes: *Globodera* and *Heterodera* Species, In: Plant Resistance to Parasitic Nematodes (Eds. STAR, J. L., COOK, R. and BRIDGE, J.) CAB International, pp. 71- 105.
- COOK, R. and RIVOAL, R., 1998. Genetics of resistance and parasitism. In: SHARMA, S. B.(Ed.). The Cyst Nematodes. Chapman and Hall, London.
- COOK, R. and YORK, P. A., 1982. Resistance of cereals to *Heterodera avenae*: Methods of investigation, sources and inheritance of resistance. *EPPO Bulletin*, 12 (4): 423-434.
- DELIBES, A., ROMERO, D., AGUADED, S., DUCE, A., MENA, M., LOPEZ-BRANA and ANDRES, M. F., 1993. Resistance to cereal cyst nematode (*Heterodera avene* Woll.) transferred from the wild grass *Aegilops ventricosa* to hexaploid wheat by a “stepping – Stone” procedure. *Theoretical and Applied Genetics*, 87: 402 – 408.
- DIAMOND, J. 1997. Location, location, location: the first farmers. *Science*, 278:1243-1244.
- DUNDAS, I. S., FRAPPELL, D. E., CRACK, D. M. and FISHER, J. M., 2001. Deletion Mapping of a Nematode Resistance Gene on Rye Chromosome 6R in Wheat Crop. *Science*, 41:1771–1778.

- EASTWOOD, R. F., LAGUDAH, E. S., APPELS, R., HANNAH, M. and KOLLMORGEN, J. F., 1991. *Triticum tauschii*: A Novel Source of Resistance to Cereal Cyst Nematode (*Heterodere avenae*). *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 69-77.
- EASTWOOD, R. F., LAGUDAH, E.S. and APPELS. R., 1994. A directed search for DNA sequences tightly linked to cereal cyst nematode resistance genes in *Triticum tauschii*. *Genome*, 37: 311-319.
- FENWICK, D.W., 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*, 18: 155-172.
- FUSHTEY, S. G. and JOHNSON, P. W., 1966. The biology of the oat cyst nematode, *Heterodera avenae* in Canada. I. The effect of temperature on the hatchability of cysts and emergence of larvae. *Nematologica*, 12: 313-320.
- GÖZEL, U., 2001. Doğu Akdeniz Bölgesi Buğday Alanlarında Bulunan Bitki Paraziti Nematod Türleri Üzerinde Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Adana.
- HANDOO Z. A., A 2002. Key and Compendium to Species of the *Heterodera avenae* Group (Nematode: Heteroderidae), *Journal of Nematology* 34: 250-262.
- HEUN, M., R. SCHAFFER-PREGL, D. KLAUWAN, R. CASTAGNA, M. ACCERBI, B. BORGHI and SALAMINI, F., 1997. Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, 278:1312-1314.
- HILLIS, D. M and DAVIS, S.K. 1986. Evolution of ribosomal DNA: fifty million years of recorded history in the frog genus *Rana*. *Evolution*, 40 (6): 1275-1288.
- HILLIS, D. M. and DIXON, M.T., 1991. Ribosomal DNA: Molecular Evolution and Phylogenetic Inference. *Quarterly Review of Biology*, 66 (4): 411-453.
- HOOPER, D. J., 1986a. Extraction of free living stages from soil. In: Southey, J. F. (Ed.). *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Her Majesty's Stationary Office, London, 5-30.

- HOOVER, D. J., 1986b. Handling, fixing, staining and mounting nematodes. In: Southey, J. F. (Ed.). Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes. HerMajesty's Stationary Office, London, 59-80.
- IBRAHİM, A. A. M., AL-HAZMI, A. S., AL-YAHYA, F. A. and ALDERFASI, A. A., 1999. Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under Saudi field conditions. *Nematology*, 1 (6): 625-630.
- IREHOLM, A., 1994. Characterization of pathotypes of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp., in Sweden. *Nematologica*, 40: 399-411.
- İMREN, M., ÖZARSLANDAN, A., TOKTAY, H., ÖCAL, A., ELEKCİOĞLU, İ. H., DABABAT, A. and NICOL, J. M., 2010. Occurrence and Distribution of cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae* and *H. latipons* in Southeast Anatolia, Turkey. Proceedings of the fourth COST 872 Annual meeting 23th-27th May 2010, Lisbon, Portugal. Page 68.
- İMREN, M., TOKTAY, H., BOZBUGA. R., DABABAT, A, ERGİNBAŞ ORAKÇI, G. and ELEKCİOĞLU, İ. H., 2013a. Pathotype determination of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) in the Eastern Mediterranean Region in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 37 (1): 13-19.
- İMREN, M., TOKTAY, H., BOZBUGA. R., ERGİNBAŞ ORAKÇI, G., DABABAT, A. and ELEKCİOĞLU, İ. H., 2013b. Identification of genetic resistance to cereal cyst nematodes; *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924), *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter and *H. latipons* (Franklin, 1969) in some international bread wheat germplasms. *Turkish Journal of Entomology* (Baskıda)
- İMREN, M., TOKTAY, H., ÖZARSLANDAN, A., NICOL, J. M. and ELEKCİOĞLU, İ. H., 2012. Güneydoğu Anadolu Bölgesi tahıl alanlarında Tahıl kist nematodu, *Heterodera avenae* group türlerinin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (2): 265-275.

- JAHIER, J., ABELARD, P., TANGUY, A.M., DEDRYVER F., RIVOAL, R., KHATKAR, S. and BARIANA, H. S., 2001. The *Aegilops ventricosa* segment on chromosome 2 AS of the wheat cultivar 'VPM1' carries the cereal cyst nematode resistance gene *Cre5*. *Plant Breeding*, 120 (2): 125-128.
- JAHIER, J., RIVOAL, R., YU, M. Q., ABELARD, P., TANGUY, A. M. and BARLOY, D., 1998. Transfer of genes for resistance to cereal cyst nematode from *Aegilops variabilis* Eif to wheat. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 52: 253-257.
- JOYCE, S.A., REID, A., DRIVER, F. and CURRAN, J., 1994. Application of polymerase chain reaction (PCR) methods to identification of entomopathogenic nematodes. In: Burnell, A.M., Ehlers, R.-U. & Masson, J.P. (Eds). *Cost 812 Biotechnology: Genetics of entomopathogenic nematode-bacterium complexes. Proceedings of Symposium & Workshop, St. Patrick's College, Maynooth, Co. Kildare, Ireland, Luxembourg, European Commission, DG XII*, pp. 178-187.
- KEIL, T., LAUBACH, E., SHARMA, S. and JUNG, C., 2009. Screening for resistance in the primary and secondary gene pool of barley against the root-lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. *Plant Breeding*, 128: 436-442.
- KILIAN B., ÖZKAN H., WALTHER A., KOHL J., DAGAN T., SALAMİNİ F., MARTİN W., 2007. Molecular Diversity at 18 Loci in 321 Wild and 92 Domesticated Lines Reveal No Reduction of Nucleotide Diversity during *Triticum monococcum* (Einkorn) Domestication: Implications for the Origin of Agriculture, *Molecular Biology and Evolution*, 24 (12): 2657-2668.
- KILIÇ, M., 2011. Mardin İli Buğday Alanlarında Bitki Paraziti Nematodlar Üzerinde Araştırmalar. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Yüksek Lisans Tezi.
- KORT, J., 1972. Nematode diseases of cereals of temperate climates, In: Webster, J. M. (Ed.). *Economic Nematology*. Academic Press, New York, 97 – 126.
- LEV-YADUN, A., GOPHER, A and ABBO, S., 2000. The cradle of agriculture. *Science*, 288:1602-1603.

- MADANI M, VOVLAS, N., CASTILLO, P., SUBBOTIN, S. A. and MOENS, M., 2004. Molecular characterisation of cyst nematode species (*Heterodera* spp.) from the Mediterranean basin using RFLPs and sequences of ITS-rDNA. *Journal of Phytopathology*, 152: 229-234.
- MAJNIK, J., F. C., OGBONNAYA, MOULLET, O. and LAGUDAH, E.S., 2003. The *Cre1* and *Cre3* Nematode Resistance Genes are Located at Homeologous Loci in the Wheat Genome. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16 (12): 1135-1144.
- MAQBOOL, M. A. , 1988. Present status of research on plant parasitic nematodes in cereals and food and forage legumes in Pakistan, In: M. C. Saxena, R. A. Sikora, J. P. Srivastava, (Eds.) *Nematodes Parasitic to Cereals and Legumes in Temperate Semiarid Regions*, ICARDA, Aleppo, Syria, 173- 180.
- MATHUR, B. N., ARYA, H. C., MATHUR, R. L. and HANDA, D. K., 1974. The occurrence of biotypes of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in the light soils of Rajasthan and Harayana, India. *Nematologica* 20: 19-26.
- McDONALD, A. H. and NICOL, J. M., 2005. Nematode parasites of cereals. In: LUC, M., SIKORA, R. A. and BRIDGE, J. (Eds.). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, 131-191.
- MEAGHER, J. W., 1972. Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll). Studies on ecology and content in Victoria. Technical Bulletin 24. Victoria, Australia, Department of Agriculture. 50 pp.
- MEAGHER, J. W., 1977. World dissemination of the Cereal Cyst Nematode (*Heterodera avenae*) and its potential as a pathogen of wheat. *Journal of Nematology*, 9 (1): 9-15.
- MISIRLIOĞLU, B., 2006. Ege ve Marmara Bölgeleri buğday ekiliş alanlarında bulunan önemli bitki parazit nematodların belirlenmesi ve bitki gelişimine etkileri üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı., Doktora tezi, İzmir.
- MOKABLI, A., VALETTE, S., GAUTHIER, J. P. and RIVOAL, R., 2001. Influence of temperature on the hatch of *Heterodera avenae* Woll. populations from Algeria. *Nematology*, 3 (2):171-178.

- MOKABLI, A., VALETTE, S., GAUTHIER, J. P. and RIVOAL, R., 2002. Variation in virulence of cereal cyst nematode populations from North Africa and Assia. *Nematology*, 4 (4): 521-525.
- MONTES, M. J., I., LOPEZ-BRANA and DELIBES, A., 2004. Root enzyme activities associated with resistance to *Heterodera avenae* conferred by gene *Cre7* in a wheat/*Aegilops triuncialis* introgression line. *Journal of Plant Physiology*, 161: 493-495.
- MONTES, M. J., I., LOPEZ-BRANA, ROMERO, M. D., SIN, E., ANDRES, M. F., MARTÍN –SANCHEZ, J. A. and DELIBES, A., 2003. Biochemical and genetic studies of two *Heterodera avenae* resistance genes transferred from *Aegilops ventricosa* to wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 107: 611-618.
- MOR, M., COHN, E., and SPIEGEL, Y.,. 1992. Phenology, pathogenicity and pathotypes of cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae* Woll. and *H. latipons* (Nematoda: Heteroderidae) in Israel. *Nematologica*, 38: 444-501.
- NESBIT, M. and SAMUEL, F., 1998. Wheat domestication, archeobotanical evidence. *Science*, 279:1433.
- NICOL J. M., 2009a. Occurrence of Cereal Cyst Nematode, *Heterodera avenae*, in Southeast Anatolia, Turkey, Proceedings of the First Workshop of the International Cereal Cyst Nematode Initiative, Antalya, Turkey, pp: 10-11.
- NICOL J. M., BOLAT, N., SAHİN, E., TULEK, A., YILDİRİM, A. F., YORGANCILAR, A., KAPLAN, A. and BRAUN, H. J., 2006. The cereal cyst nematode is causing economic damage on rainfed wheat production systems of Turkey. *Pacific Division Meeting Abstracts*, 96: 6 (Supplement), 269.

- NICOL J. M., OGBONNNAYA, F., SINGH, A. K., S. P., BISHNOI, KANWAR, R. S., LI, H., CHEN, S., PENG, D., BOLAT, N., ŞAHİN, E., and ELEKCİOĞLU, I.H., 2009b. Current Global Knowledge of the Usability of Cereal Cyst Nematode Resistant Bread Wheat Germplasm Through International Germplasm Exchange and Evaluation. Proceedings of the First Workshop of the International Cereal Cyst Nematode Initiative. Introduction. October 2009, Antalya, Turkey, pp: 149-153.
- NICOL, J. M., RIVOAL, R., 2008. Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat. In 'Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes.' (Eds A Ciancio, KG Mukerji) pp. 243-287. (Springer Academic Publishing: The Netherlands).
- NICOL, J. M., 2002b. Important nematode pests. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., Gomez Macpherson. H. (Eds.). Bread Whead Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 345-366.
- NICOL, J. M., BOLAT, N., BAĞCI, A. TRETHOWAN, R. T., WILLIAM, M., HEKİMHAN, H., YILDIRIM, A. F., ŞAHİN, E., ELEKCİOĞLU, H., TOKTAY, H., TUNALI, B., HEDE, A., TANER, S., BRAUN, H. J., VAN GİNKEL, M., KESER, M., ARISOY, Z., YORGANCILAR, A., TULEK, A., ERDURMUŞ, D., BÜYÜK, O., AYDOĞDU., M., 2005. The International Breeding Strategy for the incorporation of resistance in bread wheat against the soil borne pathogens (dryland Root Rot and Cyst and Lesion Nematodes) using conventional and molecular tools. 7th International Wheat Congress, Mar del Plata, Argentina, 28th Nov- 2nd Dec 2005.
- NICOL, J. M., RIVOAL, R., TRETHOWAN, R. M., VAN GINKEL, M., MERGOUM, M. and SINGH, R. P., 2001. CIMMYT's approach to identity and use resistance to nematodes and soil-borne fungi, in developing superior wheat germplasm. In Z. Bedö & L. Langö, eds. Wheat in a global environment, p. 381-389. Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic.

- NICOL, J., RIVOAL, R., BOLAT, N., AKTAS, H., BRAUN, H. J., MERGOUM, M., YILDIRIM, A. F., BAGCI, A., ELEKCIOGLU, I. H. and YAHYAOU, A., 2002a. The frequency and diversity of the cyst and lesion nematodes on wheat in the Turkish Central Anatolian Plateau. *Nematology*, 4 (2): 272.
- OGBONNAYA, F. C., SEAH, S., DELIBES, A. and JAHIER, J., 2001 b. Molecular genetic characterisation of a new nematode resistance gene in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 102: 623-629.
- OGBONNAYA, F. C., SUBRAHMANYAM, N. C., MOULLET, O., DE MAJNİK, J., EAGLES, H. A., BROWN, J. S., EASTWOOD, R. F KOLLMORGEN, J., APPLES, R. and LAGUDAH, E. S., 2001a. Diagnostic DNA markers for cereal cyst nematode resistance in bread wheat. *Australian Journal of Agricultural Resources*, 52: 1367–1374.
- ÖCAL A., 2012. Adıyaman İli Önemli Kültür Bitkilerinde Bitki Paraziti Nematod Türleri ve Dağılımlarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Yüksek Lisans Tezi.
- ÖZARSLANDAN, M., 2008. Buğday Genotiplerinin Tahıl Kist Nematodu, *Heterodera filipjevi* (Madzhidov) Stelter Popülasyonlarına Karşı Dayanıklılıklarının Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZARSLANDAN, M., ÖZARSLANDAN, A., NİCOL, J. M. and ELEKCİOĞLU, İ. H., 2010. Tahıl kist nematodu, *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter'nin patotipinin belirlenmesi ve buğday genotiplerinin, *H. filipjevi* popülasyonlarına karşı dayanıklılıklarının araştırılması. *Türkiye Entomoloji dergisi*, 34 (4): 515-527.
- ÖZKAN, H., BRANDOLINI, A., POZZI, C., EFFGEN, S., WUNDER, J and SALAMINI, F. A., 2005. Reconsideration of the Domestication Geography of Tetraploid Wheats, *Theoretical and Applied Genetics*, 110: 1052–1060.
- ÖZKAN, H., BRANDOLINI, A., R. SCHAFER-PREGL and F. SALAMINI., 2002. AFLP Analysis of a Collection of Tetraploid Wheats Indicates the Origin of Emmer and Hard Wheat Domestication in Southeast Turkey. *Molecular Biology and Evolution*, 19 (10):1797-1801.

- ÖZTÜRK, G ve ENNELİ, S., 1992. Konya ve Çevre illerde Saptanan Hububat Zararlısı Nematodlar. 1. Konya’da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu. 12–14 Mayıs 1993, Konya, 2003–213.
- PAULL, J. G., CHALMERS, K. J. and KARAKOUSIS, A. 1998. Genetic diversity in Australian wheat varieties and breeding material based on RFLP data. *Theoretical and Applied Genetics*, 96: 435-446.
- PENG, D., ZHANG, D., NICOL, J. M., CHEN, S., WAEYENBERGE, L., MOENS, M., Li, H., TANG, W. and RILEY, I. T., 2007. Occurrence, distribution and research situation of cereal cyst nematode in China. p. 350-351. In Proc. Int. Plant Protection Conf., 16th, Glasgow, Scotland, UK. 15-18 Oct. 2007. Br. Crop Production Council, Alton, Hampshire, UK.
- RIVOAL R and COOK, R., 1993. Nematode Pests of Cereals, Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture, ed: Evans K., Trudgill DL., Webster J.M., CAB International: Wallingford, United Kingdom, p: 259-303.
- RIVOAL, R., 1986. Biology of *Heterodera avenae* Wollenweber in France. IV. Comparative study of the hatching cycles of two ecotypes after their transfer to different climatic conditions. *Revue de Nematologie*, 9 (4): 405-410.
- RIVOAL, R., BEKAL, S., VALETTE, S., GAUTHIER, J. P., BEL HADJ FRADJ, M., MOKABLI, A., JAHIER, J., NICOL, J. and YAHYAOU, A., 2001. Variation in reproductive capacity and virulence on different genotypes and resistance genes of Triticeae, in the cereal cyst nematode species complex. *Nematology*, 3 (6): 581-592.
- ROMERO, M. D., ANDRES, M. F., LOPEZ-BRANA, I. and DELIBES, A., 1996. A pathogenic and biochemical comparison of two Spanish populations of the cereal cyst nematode. *Nematologia Mediterranea*, 24: 235-244.
- ROMERO, M. D., MONTES, M. J., SIN, E., LOPEZ-BRANA, I., DUCE, A., MARTIN-SANCHEZ, J. A., ANDRES, M. F. and DELIBES, A., 1998. A cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.) resistance gene transferred from *Aegilops triuncialis* to hexaploid wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 96: 1135-1140.

- RUMPENHORST, H. J., ELEKCİOĞLU, I. H., STURHAN, D., ÖZTÜRK, G. and ENNELİ, S., 1996. The Cereal Cyst Nematode *Heterodera filipjevi* (Mazhidov) in Turkey. *Nematologia Mediterranea*, 24: 135- 138.
- RYSS, A., VIEIRA, P., MOTA, M. and KULINICH, O., 2005. A Synopsis of the Genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with Keys to Species. *Nematology*, 7 (3): 393-458.
- SABOVA, M., VALOCA, B. , LISKOVA, M. and VARGOVA, V., 1988. The first finding of *Heterodera latipons* Franklin, 1969 on grass stands in Czechoslovakia, *Helminthologia*, 25: 201 – 206.
- SALAMINI, F., ÖZKAN, H., A. BRANDOLINI, R., SCHAFER-PREGL and MARTIN, W., 2002. Genetics and geomorphology of wild cereal domestication in the near east. *Genetics*, 3: 429-441.
- SASSER, J. N. A., 1987. Perspective on Nematode Problems Worldwide, Ed: Saxena, M.C., Sikora, R.A., Sarivastava, J.P., Nematode Parasitic to Cereals and Legumes in Temperate Semi-Arid Regions Proceedings of a Workshop Held at Larnaca, Cyprus, pp 1–12.
- SCHMIDT, A. L., MCINTYRE, C. L., THOMPSON J., SEYMOUR N. P., LIU C. J., 2005. Quantitative trait loci for root lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) resistance in Middle-Eastern landraces and their potential for introgression into Australian bread wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 1059–1068.
- SCHOLZ, U. and SIKORA, R., 2004. Hatching behaviour and life cycle of *Heterodera latipons* Franklin under Syrian Agro – Ecological Conditions. *Nematology*, 6 (2): 245-256.
- SCHOLZ, U., 2001. Biology, pathogenity and control of cereal cyst nematode *Heterodera latipons* Franklin on wheat and barley under semiarid conditions and interactions with common root rot *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker [teleomorph: *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechs. ex Dastur., Ph. D Thesis. University of Bonn, Germany, 159 p.
- SHARMA S. B., 1998. The Cyst Nematodes, Kluwer Academic Publishers.

- SHARMA, S. B. and SWARUP, G., 1984. Cyst Forming Nematodes of India, New Delhi, India Cosmo Publication, 150 p.
- SHEPHERD A.M., 1986. Extraction and Estimation of Cyst Nematodes, ed: Southey J.F., Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes, London, Her Majesty's Stationary Office, Pp: 51-58.
- SIDDIQI, M. R., 2000. Tylenchida parasites of plants and insects. Cabi Publishing, UK, 833 pp.
- SIKORA R.A., 1988. Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate and temperate semiarid regions – a comparative analysis. Pp. 46-68. In: Nematodes parasitic to cereals and legumes in temperate semi-arid regions (SAXENA, M.C., SIKORA R. A. and SRIVASTAVA J. P., eds). Workshop Proceedings, 1-5 March 1987, Larnaca, Cyprus. ICARDA, Aleppo, Syria.
- SIKORA, R. A., 1987. Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate and temperate semiarid regions – a comparative analysis. In: Saxena M. C., Sikora R. A. and Srivastava, J. P. (Eds.). Nematodes Parasitic to Cereals and Legumes in Temperate Semiarid Regions. Proceedings of a Workshop held in Larnaca, Cyprus, 46-68.
- SIKORA, R. A., 1988. Plant Parasitic Nematodes of Wheat and Barley in Temperate and Semi Arid Regions – A Comparative Analysis, In: Saxena, M. C. , Sikora R. A. And Srivastava, J. P. (Eds.), Nematodes Parasitic to Cereals and Legumes in Temperate Semi Arid Regions, ICARDA, Aleppo, Syria, 46-48.
- SIKORA, R.A. and OOSTENDORP, M., 1986. Report: Occurrence of plant parasitic nematodes in ICARDA experimental fields. Aleppo, Syria, ICARDA. 4 pp.
- SLOOTMAKER L., LANGE, G., JOCHEMSEN, G., SCHEPERS, J., 1974. Monosomic Analysis in Bread Wheat of Resistance to Cereal Root Eelworm, Euphytica, 23, 497–503.
- SMILEY R, SHEEDY, J., PINKERTON, J., EASLEY, S., THOMPSON, A., YAN, G. P., 2007. Cereal cyst nematode: distribution, yield reduction, and crop management strategies. Oregon Agricultural Experiment Station Special Report, 1074: 15-29.

- SMILEY, R. W., WHITTAKER, R.G., GOURLIE, J. A., EASLEY, S. A. and INGHAM, R. E., 2005. Plant-parasitic nematodes associated with reduced wheat yield in Oregon: *Heterodera avenae*. *Journal of Nematology*, 37: 297-307.
- SMILEY, R.W., INGHAM, R. E., UDDIN W. and COOK, G. H., 1994. Crop Sequences for Managing Cereal Cyst Nematode and Fungal Pathogens of Winter Wheat, *Plant Disease*, 78: 1142-1149.
- STEPHAN, Z. A., 1988. Plant parasitic nematodes on cereals and legumes in Iraq, In: Saxena, M. C. , Sikora, R. A. and Srivastava, J. P. (Eds.), *Nematodes Parasitic to Cereals and Legumes in Temperate Semiarid Regions*, ICARDA, Aleppo, Syria, 155-159.
- STURHAN, D., 1982. Distribution of cereal and grass cyst nematodes in the Federal Republic of Germany, *Eppo Bulletin*, 12: 322 – 324.
- SUBBOTIN S. A., WAEYENBERGE, L. and MOENS, M., 2000. Identification of Cyst Forming Nematodes of the Genus *Heterodera* (Nematoda: Heteroderidae) Based on the Ribosomal DNA-RFLP, *Nematology*, 2: 153-164.
- SUBBOTIN S. A., WAEYENBERGE, L., MOLOKANOVA, I. A. and MOENS, M., 1999. Identification of *Heterodera avenae* group species by morphometrics and rDNA-RFLPs. *Nematology* 1: 195-207.
- SUBBOTIN, S. A., MUNDO - OCAMPO, M. and BALDWIN, J. G., 2010. Systematics of Cyst Nematodes (Nematode: Heteroderinae) *Nematology monographs and Perspectives* 8A. In: *Biology and Evolution*. Brill Leiden – Boston. Pp. 68.
- SUBBOTIN, S. A., STURHAN, D., RUMPENHORST, H. J. and MOENS, M., 2003. Molecular and morphological characterisation of the *Heterodera avenae* species complex (Tylenchida: Heteroderidae). *Nematology* 5: 515-538.
- SWARUP, G., SETHI, C. L., SESHADRI, A. R. and KAUSHAL, K. K., 1979. On the biotypes of *Heterodera avenae*, the causal organism of “Molyo” disease of wheat and barley in India. *Indian Journal of Nematology*, 9: 164-168.

- ŞAHİN, E., 2010. Orta Anadolu Buğday Alanlarında Önemli Bitki Paraziti Nematodların Belirlenmesi ve Tahıl Kist Nematode *Heterodera filipjevi*'nin Biyolojisi İle Mücadelesi Üzerine Çalışmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Adana.
- ŞAHİN, E., NICOL, J. M., ELEKCIOĞLU, I. H., YORGANCILAR, Ö., YILDIRIM, A. F., TULEK, A., HEKİMHAN, H., YORGANCILAR, A., KILINÇ, A. T., BOLAT, N. and ERGİNBAŞ, G., 2009. Frequency and diversity of Cereal Nematodes on the Central Anatolian Plateau of Turkey, Proceedings of the First Workshop of the International Cereal Cyst Nematode Initiative, Antalya, Turkey, pp: 100-105.
- TANHA MAAFI, Z., SUBBOTIN, S. A. and MOENS, M., 2003. Molecular identification of cyst forming nematodes (Heteroderidae) from Iran and a phylogeny based on ITS – rDNA sequences. *Nematology*, 5: 1, 99-111.
- TAYLOR, C., SHEPHERD, K.W. and LANGRIDGE, P., 1998. A molecular genetic map of the long arm of chromosome 6 R of rye incorporating the cereal cyst nematode resistance gene, *Cre R. Theoretical and Applied Genetics*, 97 (5-6): 1000-1012.
- TOKTAY, H., 2008. Bazı Yazlık Buğday Çeşitlerinin *Pratylenchus thornei* Sher et Allen (Tylenchida: Pratylenchidae)'ye Karşı Dayanıklılığının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- TOKTAY, H., İMREN, M., BOZBUGA, R., ERGİNBAŞ ORAKÇI G., DABABAT A. and ELEKCİOĞLU, I. H., 2013. Pathotype characterization of the cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 37 (2): 213-219.
- TOKTAY, H., YAVUZASLANOĞLU, E., İMREN, M., NİCOL, J. M., ELEKCİOĞLU, I. H. and DABABAT, A., 2012. Screening for resistance to *Heterodera filipjevi* and *Pratylenchus thornei* in sister lines of spring wheat. *Turkish Journal of Entomology*. 36 (4):455-461.

- TURNER, S. J. and ROWE, J. A., 2006. Cyst nematodes. In: Parasitic flatworms: molecular biology, biochemistry, immunology and physiology, (Maule, A. G. and Marks, N. J., 2006). CAB International, Wallingford, England. Pp. 93-122.
- WHITEHEAD, A.G., 1998. Plant Nematode Control, CAB International, Wallingford, UK, p. 384.
- WILLIAMSON, V.M and GLEASON C.A., 2003. Plant-Nematode Interactions, *Current Opinion in Plant Biology*, 6: 327-333.
- YÜKSEL, H., 1973. Studies on the morphological and biological differences of *Heterodera* species (Nematoda: Heteroderidae) in Turkey. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 4: 53–71.
- ZAHARIEVA, M., NICOL, J., ROMERO, H. and RIVOAL, R., 2002. Resistance of *Aegilops geniculata* Roth to Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and root lesion nematode (*Pratylenchus thornei*). *Nematology*, 4: 295-335.
- ZANCADA, C. and SANCHEZ, A., 1988. Effects of Temperature on Juveniles Emergence of *Heterodera avenae* Spanish Pathotypes *Ha81* and *Ha82*. *Nematologica*, 34: 218-255.
- ZWART, R.S., THOMPSON J. P., GODWIN I.D., 2005. Identification of quantitative trait loci for resistance to two species of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*) in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 345-352.

ÖZGEÇMİŞ

Kastamonu'nun Tosya ilçesi Yenidoğan Köyü'nde 1980 yılında doğdu. İlk ve ortaöğrenimi Tosya'da ve lise öğrenimini ise Çankırı'da Ziraat Meslek Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimini 1998-2002 yılları arasında Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü'nde yaptı. Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü'nde 2000 yılında Ziraat Teknisyeni olarak göreve başladı. Diyarbakır Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü'nde 2004-2007 yılları arasında Ziraat Mühendisi olarak çalıştı. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Nematoloji Laboratuvarında “Diyarbakır İli Buğday, Sebze ve Bağ Alanlarında Önemli Bitki Paraziti Nematod Türlerinin Belirlenmesi” konulu yüksek lisans tezini 2007 yılında tamamladı. Aynı yıl Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü'ne Ziraat Mühendisi olarak tayin oldu. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Nematoloji Laboratuvarında 2007 yılında Doktora Eğitimime başladı. Halen, Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü'nde Nematoloji Laboratuvarında Ziraat Yüksek Mühendisi olarak çalışmakta ve aynı zamanda doktora eğitimime devam etmektedir.