

Türkiye'deki Altın Kist Nematodu (*Globodera rostochiensis*) (Tylenchida: Heteroderidae) Popülasyonlarının Morfolojik ve Morfometrik Karakterizasyonu

Emre EVLİCE^{1*}, Gökhan YATKIN¹, Atilla ÖCAL², Civan GÜVEL³, Halil TOKTAY³

¹Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara

²Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yalova

³Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Niğde

*Sorumlu Yazar: emre.evlice@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi: 18.03.2021 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.06.2021 Kabul Tarihi: 01.07.2021

Öz

Patates kist nematodları (PKN) Altın kist nematodu olarak isimlendirilen *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959 ve Beyaz kist nematodu olarak isimlendirilen *G. pallida* Stone, 1973 (Tylenchida: Heteroderidae), tüm dünyada hemen hemen tüm patates alanlarında önemli verim kayıplarına neden olan yaygın türlerdir. Önemli karantina etmenleri olan PKN'lerinin doğru ve hızlı teşhisi mücadelesi açısından çok önemlidir. Bu iki türün oluşturduğu risk nedeniyle, Türkiye'de bu etmenlerin varlığı sertifikalı ve yemeklik patates alanlarında ulusal survey programı kapsamında taranmaktadır. Çalışma kapsamında Niğde, Nevşehir, İzmir, Afyon ve Bolu illerine ait 10 farklı lokasyondan elde edilen PKN popülasyonlarına ait kist ve ikinci dönem larvalar morfolojik ve morfometrik karakterlerine göre teşhis edilmiştir. Çalışma sonucunda popülasyonların tamamı *G. rostochiensis* olarak teşhis edilmiştir. Türkiye'deki bulaşık alanların tamamını kapsayacak şekilde ilk kez yapılan bu çalışmayla ülkemizdeki *G. rostochiensis* popülasyonlarının morfolojik olarak teşhisinin yapılabildiği, ölçüm değerlerinin referans literatürlerle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak rutin analizlerde tüm dünyada en önemli karantina etmenlerinden biri olan Patates kist nematodlarının teşhisinde morfolojik ve moleküler yöntemlerinin bir arada kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Solanum tuberosum*, patates, PKN, teşhis, taksonomi

Morphological and Morphometric characterization of Golden Cyst Nematode (*Globodera rostochiensis*) (Tylenchida: Heteroderidae) Populations in Turkey

Abstract

Potato cyst nematodes (PCN) Golden cyst nematode, *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959 and Pale cyst nematode, *G. pallida* Stone, 1973 (Tylenchida: Heteroderidae), are sibling species that cause significant yield losses in potatoes almost all over the world. The accurate and rapid diagnosis of PCN, which are important quarantine pests, is very important for management program. Due to the risks posed by these two species, national survey program is implementing in certificate and table potato producing areas in term of the presence of PCN in Turkey. Within the scope of the study, cysts and second-stage larvae of PCN populations obtained from 10 different locations belonging to Niğde, Nevşehir, İzmir, Afyon, and Bolu provinces were identified according to their morphological and morphometric characters. As a result of the study, all populations were identified as *G. rostochiensis*. The results of this study conducted for the first time to cover all of the areas infested with PCN in Turkey were show that measurements values is consistent with literature references and *G. rostochiensis* populations of our country can be identified morphologically. However, it is thought that it would be more accurate to use morphological and molecular methods together in the diagnosis of PCN, which is one of the most important quarantine pest in routine analysis.

Key words: *Solanum tuberosum*, potato, PCN, identification, taxonomy

Giriş

Yumrulu bir bitki olan patates (*Solanum tuberosum* L.), gerek çeşitlilik gerekse de sayı açısından en büyük familyalardan biri olan ve 3000'in üzerinde türü içeren Solanaceae familyası içinde yer almaktadır (Knapp ve ark., 2004). Dünya genelinde 163 ülkede yetiştirilen patates, 370 milyon tonluk üretimiyle dünyada sırasıyla mısır, çeltik ve buğdaydan sonra en çok yetiştirilen dördüncü bitki durumundadır (FAOSTAT, 2019). Patates üretimi açısından çok uygun koşullara sahip olan ve hemen her yerinde patates üretilen Türkiye'de (Çalışkan ve ark., 2010) 140.766 ha alanda patates yetiştirilmekte ve 4.9 milyon tonluk üretim yapılmaktadır (FAOSTAT, 2019).

Patates verimindeki düşüş, hastalık ve zararlılarda içeren çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerden kaynaklanmaktadır (Subbotin ve ark., 2010). Dünya çapında yaklaşık 78 milyar dolarlık yıllık ürün kaybına ve %10-15 verim kaybına neden olan bitki paraziti nematodlar, patates üretimi açısından da sınırlayıcı faktörlerin başında gelmektedirler. Patateste bitki paraziti nematodlardan kaynaklı %12 verim kaybı söz konusudur (Lima ve ark., 2018).

Patateste zarar yapan bitki paraziti nematodlar içerisinde en önemlileri Patates kist nematodları (PKN)'dir (Evans ve Haydock, 1990). Altın kist nematodu olarak isimlendirilen *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959 ve Beyaz kist nematodu olarak isimlendirilen *G. pallida* Stone, 1973 (Tylenchida: Heteroderidae), neredeyse tüm dünyada patateste önemli verim kayıplarına neden olan sibling türlerdir (Manduric ve ark., 2004). Güney Amerika orjinli olan her iki tür de karantina etmeni olup *G. rostochiensis* 106 ülkeyle karantina listelerinde en çok yer alan bitki paraziti nematod türüdür (Hockland ve ark., 2006). Buna karşın günümüzde patates yetiştirme alanlarının neredeyse tamamında bu türlerden biri ya da ikisi beraber tespit edilmiştir (EPPO, 2020).

PKN zararından kaynaklı toprak üstü aksamda spesifik belirtiler oluşmamaktadır. Bununla birlikte, köklerdeki zararı sonucu su ve besin alımını azaltır, bitkide strese, bodurlaşmaya, yaprakların sararmasına ve solmasına neden olabilir. Patatesteki spesifik olmayan bu belirtiler nedeniyle, özellikle verimde oluşan kayıplar genellikle gözden kaçabilmekte veya diğer patojenler, yetersiz bitki beslenmesi ve toprak nemi eksikliği gibi olumsuz faktörlere atfedilmektedir. PKN'nin ekonomik zarar eşiği 200 yumurta g⁻¹ toprak olup (Evans ve Stone, 1977) PKN'den kaynaklı patates üretiminde yaklaşık %9'luk bir verim kaybı olduğu tahmin edilmektedir (Turner ve Subbotin, 2013). Ancak herhangi bir

mücadelenin yapılmadığı alanlarda ürünün tamamen kaybedilmesi dahi söz konusudur.

PKN zararına karşı dayanıklı çeşitlerin kullanılması, en etkili ve çevre açısından güvenli yöntemlerden biridir (Lima ve ark., 2018). *Globodera* spp.'ye karşı dayanıklı çeşitlerin kullanımı %95'e varan başarı sağlayabilmektedir (Sullivan et al., 2007). Ancak dayanıklı çeşit seçiminde doğru teşhis büyük önem arz etmektedir (Ganguly ve Rao, 2003). PKN türlerinin teşhisi moleküler ve morfolojik özelliklerine göre yapılabilmektedir (EPPO, 2017). Moleküler teşhis yöntemlerinin sağladığı güvenilirliğe rağmen, morfolojiye dayalı tanımlama karakterleri genellikle hızlı olmaları ve gelişmiş prosedürler veya kimyasallar gerektirmemeleri nedeniyle halen yaygın olarak kullanılmaktadır (Manduric ve ark., 2004). PKN türlerinin morfolojik tanımlaması, kistlerin ve ikinci dönem larvaların morfolojik ve morfometrik özelliklerine dayanmaktadır. Kistlerin fenestral bölgesine ait vulva ile anüs arasındaki yükselti sayısı ve uzunluğu, Granek oranı ile ikinci dönem larvalara ait vücut uzunluğu, kuyruk uzunluğu, hyalin uzunluğu, stilet uzunluğu ve stilet tokmaklarının şekli en önemli teşhis karakterleridir (EPPO, 2017). Bununla birlikte türlerin coğrafik popülasyonları arasında varyasyonlar gözlenebilmekte olup morfolojik tanımlama açısından yerel popülasyonların morfolojik ve morfometrik özelliklerinin ortaya konması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile Türkiye'deki farklı coğrafik bölgelerden elde edilen *Globodera* spp. popülasyonlarına ait kistlerin klasik yöntemlerle morfolojik ve morfometrik karakterlerine göre karakterizasyonu yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Arazi çalışmaları

Çalışmada Niğde, Nevşehir, İzmir, Afyon ve Bolu illerine ait 10 farklı lokasyondan elde edilen Patates kist nematodu popülasyonlarına ait kistler kullanılmıştır (Çizelge 1). Toprak örnekleri, 10m×10m ızgara deseni kullanılarak toprak sondası yardımıyla 0-25 cm'den patates hasadını takiben yapılmıştır. Örnekleme yapılan alanların GPS ile koordinatları kaydedilmiştir.

Kistlerin ekstraksiyonu

Toprak örneklerinden kist nematodlarının ekstraksiyonu Fenwick cihazı kullanılarak yüzdürme tekniğine göre yapılmıştır (EPPO, 2013). Toprak örnekleri önce kese kağıtları içinde oda sıcaklığında kurutulmuş ve kuruyan toprak örneği kaba elekten geçirilerek taş ve keseklerden arındırılıp alınan 250 gr alt örnek ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan işlem sonucu elde edilen içerik bir huni yardımıyla kurutma amacıyla filtre kağıdına

toplanmıştır. Kistler stereo mikroskop (Leica M165 C) altında cins düzeyinde kategorize edilerek ve PKN kistleri eppendorf tüp içerisinde toplanarak +4°C’de saklanmıştır.

***Globodera* spp. popülasyonlarının morfolojik ve morfometrik karakterizasyonu**

Globodera spp. popülasyonlarının morfolojik teşhisleri ikinci dönem larva ve kist fenestral alan kesitlerinin morfolojik ve morfometrik kriterlerine göre yapılmıştır. Kistlerin daimi preparatlarının yapılması amacıyla 24 saat süreyle su içerisinde bekletilen kistler lam üzerindeki bir miktar su üzerine aktarılmış ve baş kısımları stero mikroskop altında bistüri yardımıyla kesilerek içleri boşaltılmıştır. Daha sonra fenestral alan kısmı kare şeklinde kesilerek ayrılmış ve H₂O₂ (Merck, Kat.No. 1.08597.1000) içerisinde birkaç dakika bekletilmiştir. Fenestral alanlar her lama 5-10 adet olacak şekilde lamın ortasındaki 1 damla gliserin içine konulmuş ve üzeri lamel ile kapatıldıktan sonra lamelin etrafı entellan (Merck, Kat.No. 107961) ile çevrilerek daimi preparatları yapılmıştır (Hooper, 1986).

İkinci dönem larva (L2) preparatlarının yapılması amacıyla kistlerden elde edilen L2’ler fikse edilmiştir (De Grisse, 1969). Balmumu yüzük yöntemi uygulanarak hazırlanan lamlardaki 1 damla gliserin içine 5-10 adet L2 konularak iğne yardımıyla bunların lamın yüzeyine oturmaları sağlanmıştır. Daha sonra parafin halkası üzerine lamel yerleştirilerek 40°C’lik hot plate üzerine konmuş ve parafin tamamen eriyerek lameli kapatana kadar beklenmiştir (Hooper, 1986). Kistlerin fenestral bölgelerinin ve L2’lerin morfolojik değerlendirilmesinde Leica DM4000 B LED ışık mikroskobu kullanılmıştır. Ölçümlerde ve resim çekimlerinde Leica DFC 450 dijital kamera ve LAS (Leica Application Suite) programı kullanılmıştır.

İkinci dönem larva ve kist vulval alan kesitlerinin morfolojik teşhislerinde kullanılan ölçümler Siddiqi (2000)’de belirtilen standart formüllere göre hesaplanmıştır. Tür düzeyinde teşhisler Golden ve Ellington (1972), Subbotin ve ark. (2010)’dan faydalanılarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan *Globodera rostochiensis* popülasyonlarının elde edildiği lokasyonlar

Örnek No	İl	İlçe	Köy / Kasaba	Rakım	Koordinat
Ni 52	Niğde	Merkez	Alay Belediyesi	1305 m.	38°16'13.86"N 34°44'41.15"E
Ni 65	Niğde	Merkez	Tırhan Köyü	1296 m.	38°14'41.51"N 34°42'54.20"E
Ni 95	Niğde	Merkez	Orhanlı Belediyesi	1452 m.	38°19'29.20"N 34°50'21.20"E
Ni163	Niğde	Merkez	-	1304 m	38°12'32.71"N 34°40'41.34"E
NEV30	Nevşehir	Ürgüp	Mazı Köyü	1525 m	38°24'46.34"N 34°51'47.71"E
NEV24	Nevşehir	Derinkuyu	-	1363 m	38°23'6.14"N 34°44'52.66"E
B86	Bolu	Dörtdivan	Cemaller	1158 m	40°41'53.91"N 32° 1'26.26"E
AF138	Afyonkarahisar	Sandıklı	Gürsu Köyü	1037 m	38°26'56.09"N 30° 8'31.81"E
İz3	İzmir	Ödemiş	Çobanlar Mah.	987 m.	38°19'53.62"N 27°59'38.39"E
İz40	İzmir	Ödemiş	Bozdağ Mah.	1471 m.	38°21'11.00"N 28° 6'29.00"E

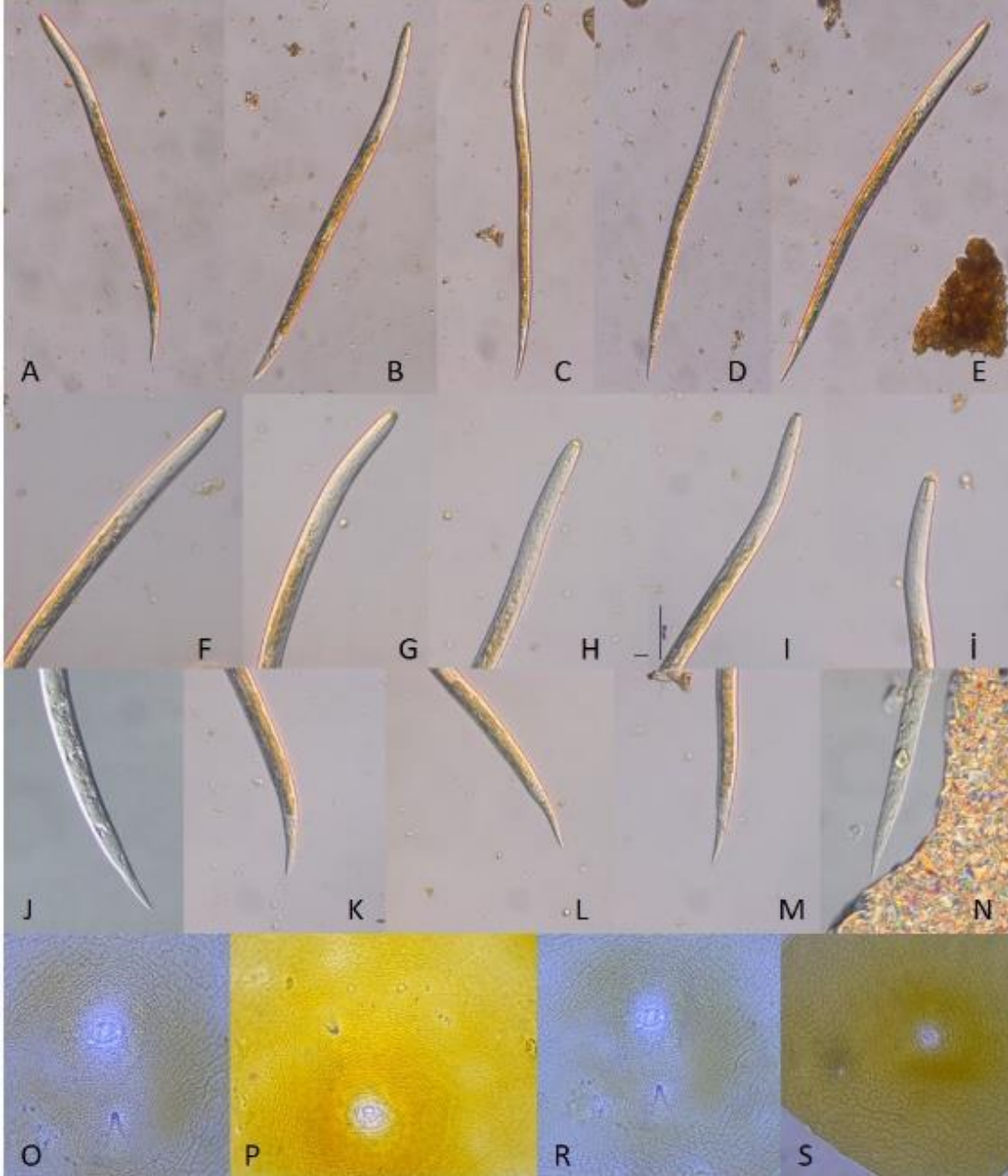
Bulgular ve Tartışma

Kistler

Toprağa dökülen kistler genel olarak açık kahverengiden koyu kahverengiye değişen renktedirler. Yuvarlak veya yuvarlağa yakın şekilde olup anterior kısmında koni şeklinde olmayan kısa bir boyuna sahiptirler. Kist kütikulası yüzeyinde zikzak vari bir sırt deseni vardır ve belirgin bir D tabakası mevcuttur. Perineal alan, vulva yakınında hilal şeklinde tuberculler ile vulval yarık etrafını

çevreleyen tek pencereden (fenestra) oluşmaktadır. Vulva, vulval alanda yer almakta olup underbridge ve bullae yoktur. Uca yakın olarak vulvadan biraz uzakta yer alan anüste fenestra bulunmamakta olup “V” şeklindedir (Şekil 1). Yumurtalar kist içerisinde bulunmakta olup yumurta paketi bulunmamaktadır (EPPO, 2017; Subbotin ve ark., 2010).

PKN türlerinin ayırımında ilk faktör kistlerin rengi olup uygun gelişim aşamasındaki dişi rengi,



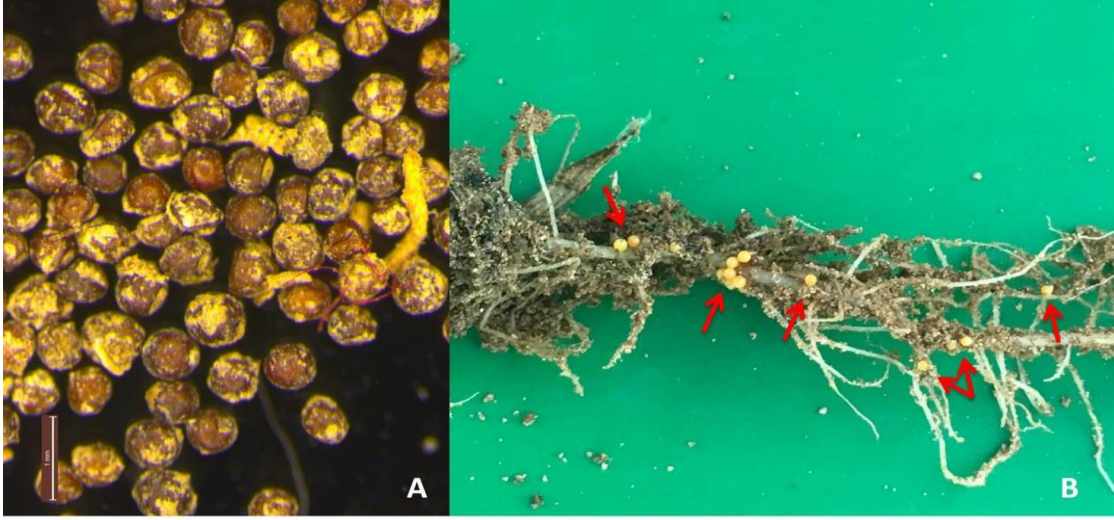
Şekil 1. Analiz edilen *Globodera rostochiensis* popülasyonlarından bireysel nematodlarının temsili görünümleri A-E: 2. dönem larva genel görünüm, F-İ: Anterior bölgesi, J-N: Kuyruk, O-S: Fenestral bölge

türlerin bir göstergesi olarak kullanılabilir. Kök üzerinde *G. rostochiensis*'in dişileri olgunlaşma sırasında beyazdan sarıya ve sonra kahverengi bir kiste dönüşürken *G. pallida* dişileri beyazdan doğrudan kahverengiye dönüşmektedirler (EPPO, 2017). Survey çalışmaları sırasında tarlada kök üzerinde sarı renkli kistler gözlenmiş olmakla beraber laboratuvarında ekstraksiyon sonrasında kahverenginden koyu kahverengiye değişen renkte kistler elde edilmiştir (Şekil 2).

Çalışmada değerlendirilen 10 popülasyondan elde edilen kistlerin vulva anüs uzaklığı ve fenestra çapı ortalaması sırasıyla 63.8 μm ve 17.4 μm olarak belirlenirken en düşük ve en yüksek değerler ise sırasıyla 44.3 μm ve 78.6 μm ile

13.6 μm ve 20.1 μm olarak ölçülmüştür. PKN'larının morfolojik teşhisinde en önemli kriterlerden biri olan ve vulva anüs uzaklığının fenestra çapına ortalamasından elde edilen Granek oranı 2.6 μm ile 4.4 μm arasında değişmiş ve ortalama Granek oranı 3.5 μm olarak belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek Granek oranları sırasıyla Afy138 ve Ni95 popülasyonlarında 3.1 μm ve 4.0 μm olarak belirlenmiştir. PKN'larının morfolojik teşhisinde önemli bir diğer kriter olan vulva anüs arasındaki sırt desenlerinin ortalamasının 18.1 olduğu ve bu değer 14 ile 22 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En düşük sırt deseni sayısı 17.2 ile Ni52 popülasyonunda en yüksek sırt deseni sayısı ise

18.8 ile Nev24 popülasyonunda belirlenmiştir(Çizelge 2).



Şekil 2. *Globodera rostochiensis* kistleri A. Ekstraksiyon sonrası mikroskopik görünümü B. *Solanum tuberosum* kökü üzerindeki görünümü

İkinci dönem larvalar (L2)

Globodera rostochiensis'in ikinci dönem larvaları çoğunlukla posteriorde olmak üzere her iki uçta da sivrilen silindirik gövdeye sahiptirler. Baş bölgesi vücutla boğum oluşturmada birleşmiş ve labial disk belirgin değildir. Stilet belirgin olup yuvarlak ve anteriörden basık stilet tokmaklarına sahiptir. Elipsoid şeklindeki median bulbulde valfler belirgindir. Özafezal bezler vücut uzunluğunun yaklaşık %35'i kadar ventralde yer almaktadır. Genital primordiyum hafif posteriorde olmak üzere vücudun orta bölgesinde yer alır. Lateral alan dört çizgilidir ve vücut uzunluğunun çoğunda görülebilmektedir. Kuyruk konik sivri olup uç kısmı yuvarlaktır. Hiyalin bölgesi belirgindir ve toplam kuyruk uzunluğunun yaklaşık yarısı kadardır (Şekil 1) (EPPO, 2017; Subbotin ve ark., 2010).

Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan 10 popülasyon açısından 404.5 µm ile 486.1 µm arasında değişen ikinci dönem larva vücut uzunluğu ortalaması 446.3 µm olarak belirlenmiştir. En kısa ortalama larva boyu 431.3 µm ile Nev24 popülasyonunda belirlenirken en uzun larva boyu ise 459.3 µm ile İz40 popülasyonunda tespit edilmiştir. İkinci dönem larva teşhisinde en önemli kriterler olan stilet boyu ve şekli açısından larvalar literatürlerde belirtildiği şekilde yuvarlak ve anteriörden basık stilet tokmaklarına sahiptirler. Stilet boyu 19.2 µm ile 23.2 µm arasında değişmekte ve ortalama stilet boyu 21.3 µm'dur. En uzun ortalama stilet boyu 21.7 µm ile Afy138 popülasyonunda en kısa stilet boyu 21.0 µm ile İz40 ve Nev30 popülasyonlarında belirlenmiştir. Kuyruk ve hyalin uzunluklarının sırasıyla 37.3-56.4 µm ve 19.5- 28.7 µm arasında değiştiği 10 popülasyon açısından ortalama kuyruk

uzunluğunun 47.2 µm hyalin uzunluğunun ise 23.3 µm olduğu belirlenmiştir. En kısa ve en uzun ortalama kuyruk uzunlukları sırasıyla 45.0 µm ile Ni52 ve 48.2 µm ile Afy138 popülasyonunda belirlenirken en kısa hyalin uzunluğu 22.0 µm ile Ni52 popülasyonunda en uzun hyalin uzunluğu ise 25.2 µm ile İz40 ve Nev30 popülasyonlarında belirlenmiştir (Çizelge 3).

Globodera türlerinin morfolojiye dayalı olarak tür düzeyinde tanımlanması, temel özelliklerinde gözlemlenen değişkenlikler nedeniyle zor olabilmektedir. Bu nedenle, güvenilir tanımlama için kist ve ikinci dönem larvalara ait özelliklerin bir arada kullanılması önerilmektedir (EPPO, 2017). *Globodera rostochiensis* morfolojik olarak *G. pallida*, *G. ellingtonae*, *G. mexicana* ve *G. tabacum*'a büyük benzerlik göstermektedir (Handoo ve Subbotin, 2018). Patates kist nematodlarının klasik teşhisinde kullanılan birçok karakter olmakla beraber pratikte kistler için kütikuladaki çizgilerin sayısı (cuticular ridges) ve Granek oranı, ikinci dönem larvalar için ise stilet uzunluğu ve stilet tokmaklarının şekli büyük önem arz etmektedir (EPPO, 2017; Manduric ve ark., 2004).

Bu özelliklerin yanı sıra ikinci dönem larvaların vücut uzunluğu, kuyruk ve hyalin uzunluğu da sıklıkla kullanılmaktadır. *G. rostochiensis*'i *G. pallida* ile kıyasladığımızda etmenin ikinci dönem larvalarına ait stilet uzunluğunun daha kısa (21.8 µm, 19-23 µm) ve stilet tokmaklarının genişliğinin daha düşük (3-4 µm) olduğunu kistlerdeki sırt deseni sayısı sayısının (>14, 16-31), vulva anüs arası mesafenin (>55 µm, 37-77 µm) ve Granek oranının (>3, 1.3-9.5) daha yüksek olduğunu buna karşın fenestra çapının (<19,

Çizelge 2. Türkiye ve bazı referans *Globodera rostochiensis* popülasyonlarına ait kist morfometrik karakterleri (n=10)

	Ni52	Ni65	Ni95	Ni163	Afy138	İz3	İz40
Fenestra çapı	17.5±1.4 ¹ (15.6-18.8)	18.3±1.4 (16.1-19.6)	17.2±2.8 (14.1-20.1)	16.8±1.9 (13.8-18.4)	17.6±1.8 (15.5-19.1)	16.1±2.4 (13.6-19.0)	18.4±1.3 (16.6-20.1)
Vulva anüs uzaklığı	59.4±7.1 (51.8-70.4)	60.5±11.0 (50.3-78.6)	68.7±12.7 (49.9-78.1)	58.4±11.8 (44.3-70.3)	59.6±6.9 (53.8-68.6)	67.3±13.3 (46.8-78.6)	66.9±7.1 (57.5-76.6)
Granek oranı	3.4±0.4 (2.9-4.0)	3.3±0.6 (2.8-4.1)	4.0±0.4 (3.4-4.4)	3.5±0.5 (2.7-4.1)	3.1±0.7 (2.6-4.4)	3.8±0.5 (3.2-4.3)	3.5±0.4 (2.9-3.9)
Sırt deseni sayısı	17.2±2.3 (14-22)	18.5±1.8 (16-21)	18.3±2.4 (14-21)	18.1±2.1 (15-21)	18.5±2.4 (14-21)	17.3±1.8 (15-20)	17.4±2.0 (15-21)
	B86	Nev24	Nev30	Almanya popülasyonu ²	Rusya popülasyonu ²	Pakistan popülasyonu ²	Slovenya popülasyonu ²
Fenestra çapı	17.6±1.4 (16.0-19.1)	18.0±1.6 (15.3-19.2)	16.5±1.5 (14.5-18.0)	18.8±2.2	14.1 (10.4-19.5)	17.2 (16-19.5)	17.9±1.7 (14.6-19.4)
Vulva anüs uzaklığı	62.1±3.5 (57.5-65.3)	68.1±8.3 (57.4-78.4)	66.2±5.1 (59.3-70.4)	66.5±10.3	50.7 (33.8-78)	61 (53.5-72.3)	64.8±4.7 (58.1- 73.3)
Granek oranı	3.2±0.4 (2.6-3.5)	3.3±0.4 (2.9-4.0)	3.9±0,3 (3.6-4.4)	3.6±0.8	3.7 (2.1-5.4)	-	3.6±0.4 (3.0-4.3)
Sırt deseni sayısı	18.0±2.0 (15-21)	18.8±1.9 (16-21)	18.5±1.6 (16-21)	17.2	-	-	18.3±1.6 (16-22)

¹ Tüm ölçümler μ m olarak ortalama±standart hata (minumum-maksimum) olarak verilmiştir

² Almanya popülasyonu (Rostock ve Stone 1973), Rusya popülasyonu (Kazachenko 1993), Pakistan popülasyonu (Shahina ve Maqbool, 1995), Slovenya popülasyonu (Sirca ve Urek 2004)

Çizelge 3. Türkiye ve bazı referans *Globodera rostochiensis* popülasyonlarına ait ikinci dönem larva morfometrik karakterleri (n=20)

	Ni52	Ni65	Ni95	Ni163	Afy138	İz3	İz40
Vücut uzunluğu	441.2±18.8 (419.0-478.0)	446.9±14.6 (421.1-478.2)	439.9±16.5 (416.2-466.7)	436.4±16.4 (404.5-454.2)	451.9±16.7 (416.2-478.0)	448.5±10.0 (431.6-466.7)	459.3±13.6 (435.1-486.1)
Vücut genişliği	17.3±1.2 (15.7-19.1)	18.3±1.6 (16.2-20.6)	18.9±0.7 (17.8-19.8)	18.9±1.0 (16.8-20.0)	18.3±0.8 (16.7-19.5)	18.6±0.6 (17.8-19.5)	17.7±1.6 (14.7-21.1)
Stilet uzunluğu	21.5±0.7 (20.4-22.7)	21.1±1.2 (19.2-22.6)	21.2±0.9 (19.5-21.9)	21.6±1.0 (19.5-23.2)	21.7±0.4 (21.1-22.6)	21.1±0.8 (19.5-21.8)	21.0±0.7 (19.9-22.2)
Stilet tokmaklarının genişliği	3.6±0.4 (3.2-4.4)	4.3±0.6 (3.5-5.5)	4.1±0.3 (3.4-4.5)	3.7±0.4 (3.1-4.5)	4.1±0.6 (3.0-5.1)	4.1±0.3 (3.4-4.4)	3.9±0.5 (2.9-4.4)
Dudak Yüksekliği	4.0±0.5 (3.1-4.8)	4.0±0.3 (3.5-4.4)	3.9±0.4 (3.4-4.4)	4.4±0.7 (3.5-5.5)	4.0±0.4 (3.4-4.9)	3.9±0.3 (3.4-4.3)	4.1±0.4 (3.7-4.9)
Dudak çapı	9.3±0.6 (8.2-10.4)	9.1±0.6 (8.2-9.8)	9.8±0.5 (8.9-10.5)	9.6±0.8 (8.1-10.8)	9.3±0.6 (8.2-10.2)	9.8±0.4 (9.2-10.5)	9.3±0.4 (8.8-9.9)
DGO	4.2±1.3 (3.7-4.7)	4.4±0.7 (4.2-5.0)	4.5±0.5 (4.9-5.4)	4.7±0.5 (3.8-5.1)	4.5±0.7 (3.6-5.1)	4.5±0.2 (4.9-5.1)	4.1±0.9 (3.5-5.4)
Özofagus uzunluğu	111.4±20.1 (79.2-139.5)	104.7±10.5 (93.7-123.1)	99.9±8.0 (86.2-118.2)	92.7±5.5 (85.3-102.3)	97.3±6.9 (86.2-107.8)	99.1±6.2 (86.2-110.3)	98.5±8.4 (80.7-111.7)
Median bulb çapı	9.9±0.7 (8.4-10.7)	9.3±0.8 (8.2-10.9)	10.7±1.1 (9.2-12.3)	9.0±0.6 (7.7-9.9)	10.0±1.7 (6.1-12.3)	11.0±0.9 (9.8-11.9)	9.6±1.3 (6.3-11.2)
Median bulb uzunluğu	13.8±1.5 (11.7-16.5)	14.8±1.9 (12.7-18.6)	14.4±1.6 (12.1-16.8)	13.3±1.2 (11.9-16.0)	14.0±1.5 (12.1-16.5)	14.3±1.5 (12.1-16.6)	13.5±1.5 (10.8-15.7)
Anterior median valve mesafesi	65.3±2.8 (59.9-69.1)	65.3±3.0 (61.6-70.9)	64.7±2.7 (61.0-68.0)	64.3±4.3 (53.8-70.3)	65.8±2.7 (61.7-69.9)	64.9±3.0 (61.0-70.1)	63.8±6.4 (48.6-71.6)
Anterior Excretory pore mesafesi	100.1±6.2 (90.1-112.3)	97.0±3.7 (91.5-104.2)	94.7±4.1 (87.4-99.9)	93.8±4.4 (81.1-97.1)	97.4±4.3 (90.9-104.7)	94.9±4.5 (87.4-102.1)	98.4±3.4 (93.8-104.7)
Kuruk	45.0±3.6 (37.3-51.7)	47.8±4.4 (41.8-56.4)	47.7±2.7 (41.9-50.7)	45.7±2.3 (43.2-49.8)	48.2±3.0 (41.9-51.7)	47.8±2.8 (41.9-51.8)	48.0±3.4 (42.7-52.7)
Anüs hizasında vücut genişliği	11.4±1.1 (10.1-13.4)	12.1±1.6 (10.2-15.2)	12.3±0.7 (11.5-13.9)	11.8±0.5 (11.2-12.3)	12.0±0.9 (10.6-13.6)	12.4±0.7 (11.6-13.9)	12.0±1.1 (9.6-13.4)
Hyalin	22.0±1.9 (19.6-25.7)	22.3±1.4 (19.8-24.1)	22.3±1.9 (19.5-24.9)	22.2±1.8 (19.2-24.2)	23.2±2.2 (19.8-26.8)	22.4±1.8 (19.8-24.9)	25.2±2.3 (21.4-28.7)
a	25.6±1.7 (23.5-29.0)	24.6±1.8 (21.7-26.7)	23.3±1.4 (21.4-25.9)	23.1±0.9 (21.8-25.3)	24.8±1.6 (21.4-27.1)	24.1±1.0 (22.9-25.9)	26.2±2.3 (23.0-31.4)
b	4.1±0.8 (3.1-5.3)	4.3±0.4 (3.6-4.8)	4.4±0.3 (3.8-4.8)	4.7±0.2 (4.4-5.0)	4.7±0.2 (4.3-5.0)	4.5±0.3 (4.1-5.2)	4.7±0.5 (3.9-5.7)
c	9.9±0.9 (9.0-12.2)	9.4±0.7 (8.1-10.4)	9.2±0.5 (8.6-10.3)	9.6±0.4 (8.9-10.3)	9.4±0.5 (8.9-10.3)	9.4±0.6 (8.7-10.6)	9.6±0.7 (8.7-11.1)
c'	4.0±0.4 (3.4-4.6)	4.0±0.4 (3.1-4.6)	3.9±0.3 (3.4-4.4)	3.9±0.2 (3.6-4.4)	4.1±0.5 (3.4-4.8)	3.9±0.3 (3.4-4.5)	4.0±0.4 (3.4-4.8)

Çizelge 3 (Devam). Türkiye ve bazı referans *Globodera rostochiensis* popülasyonlarına ait ikinci dönem larva morfometrik karakterleri (n=20)

L2 (n)	B86	Nev24	Nev30	Almanya popülasyonu ²	Rusya popülasyonu ²	Pakistan popülasyonu ²	Slovenya popülasyonu ²
Vücut uzunluğu	449.9±11.4 (437.8-478.2)	431.3±9.2 (419.7-447.1)	457.8±9.4 (441.2-473.6)	468±20	392 (366-406)	465 (439-502)	434.4±16.7 (402.7-468.0)
Vücut genişliği	18.4±1.5 (16.4-20.6)	17.8±0.7 (16.9-19.1)	17.9±1.5 (16.4-21.9)	-	-	-	20.1±0.6 (18.9-22.4)
Stilet uzunluğu	21.1±1.2 (19.3-22.6)	21.3±0.8 (20.2-22.6)	21.0±0.8 (19.8-22.3)	21.8±0.7	19.9 (19.5-20.8)	22.5 (20.5-23.5)	20.7±0.6 (18.9-22.4)
Stilet tokmaklarının genişliği	4.3±0.6 (3.7-5.5)	3.9±0.5 (3.0-4.6)	3.9±0.4 (3.0-4.4)	-	-	-	-
Dudak Yüksekliği	4.0±0.3 (3.6-4.4)	4.0±0.7 (3.2-5.6)	4.1±0.4 (3.7-4.9)	4.6±0.6	-	-	-
Dudak çapı	9.1±0.5 (8.4-9.8)	9.4±0.4 (8.7-10.1)	9.3±0.4 (8.9-9.9)	9.9±0.4	-	-	-
DGO	4.7±0.3 (4.2-5.1)	5.1±0.8 (3.6-6.3)	4.1±0.9 (2.6-5.3)	2.6±0.6	5.0 (3.9-5.2)	4.5-5.5	3.8±0.8 (2.4-5.0)
Özofagus uzunluğu	98.0±4.4 (93.7-106.8)	91.6±7.1 (84.4-108.0)	97.1±7.2 (80.7-107.1)	100.5±2.4	84.7 (75.6-91)	80-90	-
Median bulb çapı	9.3±0.8 (8.5-10.9)	9.6±1.7 (6.1-12.4)	9.6±1.3 (6.3-11.2)				
Median bulb uzunluğu	14.5±1.4 (12.7-16.5)	13.7±1.2 (12.5-16.5)	13.5±1.4 (10.8-14.8)				
Anterior median valve mesafesi	65.4±3.3 (61.6-72.3)	62.8±2.0 (59.5-66.6)	64.8±4.5 (58.6-71.6)	69.2±1.9	61 (54.6-66.3)	-	65.0±6.9 (55.3-77.6)
Anterior Excretory pore mesafesi	95.6±3.4 (89.6-99.8)	91.3±4.8 (79.6-97.4)	98.3±3.3 (93.8-103.8)	100.5±2.4	84.7 (75.6-91)	80-90	-
Kuruk	47.3±3.5 (41.8-52.6)	46.6±3.4 (41.0-51.5)	47.9±3.3 (42.6-52.7)	43.9±11.6	43.5 (36.4-46.8)	48.5 (41.0-51.4)	48.5±2.7 (42.6-53.8)
Anüs hizasında vücut genişliği	11.7±1.0 (10.2-13.8)	12.0±1.0 (10.6-13.6)	12.2±0.9 (10.6-13.4)	11.4±0.6	10.9 (10.4-11.7)	-	12.7±0.7 (11.3-14.4)
Hyalin	22.4±1.4 (19.8-24.1)	24.2±1.8 (20.3-26.9)	25.2±2.3 (21.4-28.7)	26.5±1.8	19.9 (19.5-20.8)	25.0 (22.2-28.4)	25.1±1.6 (22.5-29.9)
a	24.6±1.8 (21.7-26.7)	24.3±0.9 (22.7-25.5)	25.7±1.9 (21.2-27.9)	-	21.3 (18.6-25.4)	23 (19-29.5)	21.4±1.1 (18.9-23.0)
b	4.6±0.2 (4.2-5.1)	4.7±0.3 (4.1-5.0)	4.7±0.4 (4.2-5.7)	-	3 (2.7-3.4)	-	-
c	9.6±0.7 (8.3-10.8)	9.3±0.7 (8.4-10.3)	9.6±0.7 (8.9-11.1)	-	9 (8.1-11)	12.5 (10.0-15.5)	9.0±0.6 (7.8-11.0)
c'	4.0±0.3 (3.6-4.6)	3.9±0.2 (3.6-4.1)	4.0±0.4 (3.4-4.8)	-	-	-	-

¹ Tüm ölçümler μm olarak ortalama±standart hata (minumum-maksimum) olarak verilmiştir

² Almanya popülasyonu (Rostock ve Stone 1973), Rusya popülasyonu (Kazachenko 1993), Pakistan popülasyonu (Shahina ve Maqbool, 1995), Slovenya popülasyonu (Sirca ve Urek 2004)

8-20) daha düşük olduğu bildirilmiştir. *Globodera rostochiensis* ikinci dönem larvalarının stilet tokmakları yuvarlak ve anteriörden basık iken *G. pallida* da stilet tokmaklarının ön yüzeyinin düz ya da anteriorlüdür (EPPO, 2017; Fleming ve Powers, 1998). Bu değerler bu güne kadar yapılan birçok çalışma ile doğrulanmış (Fleming ve Powers, 1998; Subbotin ve ark., 2010; Bačić ve ark., 2013; Altaş ve ark., 2020; Demirbaş Pehlivan ve ark., 2020) olsa da moleküler olarak teşhisi doğrulanmış ancak belirtilen referans aralıklarının dışına çıkan ve/veya az sayıda bireyden teşhisin mümkün olmadığı popülasyonlar da belirlenmiştir (Oro ve ark., 2010; Inácio ve ark., 2018; Manduric ve ark., 2004; Trayanov ve ark., 2020). Çalışmada değerlendirilen 10 popülasyon arasında varyasyonlar bulunmakla beraber popülasyonlardan elde edilen morfolojik ölçüm sonuçları literatürlerle uyumlu bulunmuştur (Fleming ve Powers, 1998; Subbotin ve ark., 2010; Bačić ve ark., 2013; Altaş ve ark., 2020; Demirbaş Pehlivan ve ark., 2020; Toktay ve et al 2020). Çalışma sonucu Niğde, Nevşehir, İzmir, Afyonkarahisar ve Bolu illerinde *G. rostochiensis* varlığını göstermekte olup *G. pallida* varlığına yönelik bir sonuç elde edilmemiştir.

Türkiye’de *G. rostochiensis* ve *G. pallida* türleri ilk olarak 1985 yılında Bolu (Dörtdivan)’da ithal tohumluk dikilen bir tarlada tespit edilmiştir (Enneli ve Öztürk, 1996). Yapılan sürveylerde bölgedeki PKN’lerinin yaygınlığının belirlenmesi sonucu Dörtdivan ilçesinde yaklaşık 3600 dekarlık bir alan 2000’li yılların başında karantina altına alınmıştır. Erdoğan ve ark. (2016) uygulanan karantina süresi bitiminde yaptıkları çalışmada boş PKN kistleri tespit edilmesine rağmen canlı kist tespit edilemediğini ve Dörtdivan ilçesindeki PKN varlığının ortadan kalktığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde İmren (2018) Bolu ili patates ekiliş alanlarında yürüttüğü çalışma sonucunda alınan örneklerin %7.7’sinde PKN kisti bulunmasına rağmen canlı yumurta içeren kist tespit edilmediğini bildirmiştir. Patates ekiliş alanlarında yürütülen diğer çalışmalarda sertifikalı tohumluk patates üretim alanlarından rutin analizler için alınan toprak numunelerinin analizlerinde Bolu, Afyon, Konya, Kayseri ve Sivas illerinde tarla bazında bulaşmalar belirlenmiş ve bu alanlar karantina altına alınmıştır (Anonim, 2008). Karantina sürelerinin bitiminde söz konusu alanlarda yapılan çalışmalarda bu alanlarda da PKN varlığına rastlanmamıştır (Erdoğan ve ark., 2016; Emre Evlice yayınlanmamış bilgi). Ulutaş ve ark. (2012) Bozdağ (İzmir)’dan elde edilen sekiz PKN popülasyonunun *G. rostochiensis* olarak tespit edildiğini bildirmiştir. Son olarak 2020 yılında yapılan çalışmalarda ise İzmir ilinde sadece *G. rostochiensis* olduğu bildirilmiş, İzmir ili genelinde

ve Ödemiş ilçesinde etmenin yayınlığı sırasıyla %14.3 ve %96 olarak belirlenmiştir (Demirbaş Pehlivan ve ark., 2020; Altaş ve ark., 2020). Sonuç olarak Dörtdivan’daki ilk kayıt hariç daha önce yapılan çalışmaların tamamında bizim çalışmamızla paralel olarak Türkiye patates ekiliş alanlarında sadece *G. rostochiensis* varlığı tespit edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

EPPO’nun *G. rostochiensis* ve *G. pallida* teşhis protokolünde de (EPPO, 2017) tür teşhisinin morfolojik ve moleküler teşhisin bir arada kullanılması önerilmektedir. Patates kist nematodlarının morfolojik teşhisi, benzer olduğu kist formundaki diğer *Globodera* ve *Heterodera* türleriyle oluşabilecek çapraz reaktiviteyi önlemek açısından moleküler teşhis yöntemlerinin bir önceki adımı olarak son derece önemlidir (Inácio ve ark., 2018). Ancak morfolojik teşhiste kullanılan referans değer aralıkları türler arasında örtüşmeler göstermesi nedeniyle (Fleming ve Powers, 1998) özen gerektirmekte ve çoğunlukla çok sayıda kist ve ikinci dönem larvaya ait ölçümler yapılmasını gerektirmektedir (Inácio ve ark., 2018). Bu durum özellikle karantina ve sertifikasyon analizleri gibi çok sayıda kist elde edilemeyen durumlarda sıkıntılara neden olabilmektedir.

Sonuç olarak Türkiye’deki bulaşık alanların tamamını kapsayacak şekilde ilk kez yapılan bu çalışmayla ülkemizdeki *G. rostochiensis* popülasyonlarının morfolojik olarak teşhisinin yapılabildiği, ölçüm değerlerinin referans literatürlerle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak rutin analizlerde tüm dünyada en önemli karantina etmenlerinden biri olan Patates kist nematodlarının teşhisinde morfolojik ve moleküler yöntemlerinin bir arada kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma “Türkiye’de Bulunan Patates Kist Nematodları (*Globodera* spp.)’nın Ekolojik Adaptasyonlarının Karşılaştırılması, Patates Üretim Alanlarındaki Durumu ve Mücadele Araçlarının Belirlenmesi isimli 1170212 nolu proje kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- Altaş, A., Evlice, E., Göksel, Ö., Dababat, A. and İmren, M. 2020. Identification, distribution and genetic diversity of *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959 (Tylenchida: Heteroderidae) populations in Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 44 (3): 385-397.
- Anonim. 2008. Bitki paraziti nematodlar, Zirai Mücadele Teknik Talimatları, 6: 45-46.
- Bačić, J., Gerić Stare, B., Širca, S. and Urek, G. 2013. Morphometric and molecular analysis of potato cyst nematodes from Serbia. *Zbornik Predavanj in Referatov*, 11: 369-372.
- Çalışkan, M.E., Onaran, H. and Arioğlu, H. 2010. Overview of the Turkish Potato Sector: Challenges, Achievements and Expectations. *Potato Research*, 53(4): 255-266.
- de Grisse, A. 1969. Redescription on modifications de quelque techniques utilisees dans l'etude des neematodes phytoparasitaires. *Meded. Ritksfac. Landwet. Gent.*, 34 (2): 351-359.
- Demirbaş Pehlivan, H., Kaşkavalcı, G., Kasapoğlu Uludamar, E., Toktay, H. and Elekçioğlu, İ. 2020. Identification and prevalence of potato cyst nematodes and root-knot nematodes in the potato production areas of Izmir Province, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 44(2): 259-272.
- Enneli, S. ve Öztürk, G., 1996. Orta Anadolu Bölgesinde patateslerde zarar yapan, önemli bitki paraziti nematodlar, Türkiye 3. Entomoloji Kongresi, 24-28 Eylül, Ankara, s. 396-403.
- EPPO, 2013. PM 7/119 (1) Nematode extraction. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 43: 471-495.
- EPPO, 2017. Diagnostic Protocol PM 7/40(3) for *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 47 (2): 174–197.
- EPPO. 2020. EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int>
- Erdoğuş, F.D., Evlice, E. and Yatkın, G. 2016. Patates Kist Nematodları (*Globodera rostochiensis* ve *G.pallida*'nın Patates Üretim Alanlarındaki Bulunuşu. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, 5-8 Eylül 2016, Konya, s. 480.
- Evans, K. and Stone, A.R. 1977. A Review of the Distribution and Biology of the Potato Cyst-Nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *PANS*, 23(2): 178-189.
- Evans, K. and Haydock, P.P.J. 1990. A review of tolerance by potato plants of cyst nematode attack, with consideration of what factors may confer tolerance and methods of assaying and improving it in crops. *Annals of Applied Biology*, 117(3): 703–740.
- FAOSTAT, (2019). Potota production in the world in 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Eişim tarihi: 16 Aralık 2020.
- FLEMING, C.C. and POWERS, T.O. 1998. Potato cyst nematode diagnostics: Morphology, differential hosts and biochemical techniques. "Alınmıştır: Potato cyst nematodes". (Eds) Marks, R.J. ve Brodie, B.B., CABI Publishing, Wallingford, UK, 91-114.
- Ganguly, A.K. and Rao, U. 2003. Application of Molecular Biology in Nematology. "Alınmıştır: Advances in Nematology". (ed) Trivedi, P.C., Scientific Publishers, Jodhpur, India, 312-317.
- Golden, A.M. and Ellington, D.M.S. 1972. Redescription of *Heterodera rostochiensis* (Nematoda: Heteroderidae) with a key and notes on closely related species. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 39 (1): 64-78.
- Handoo, Z.A. and Subbotin, S.A. 2018. Taxonomy, identification and principal species. "Alınmıştır: Cyst nematodes". (ed) Perry, R.N., Moens, M. ve Jones, J.T., CAB International, Wallingford, UK, 365-397.
- Hockland S., Inserra R.N., Millar L. and Lehman P.S., 2006. International plant health—putting legislation into practice. "Alınmıştır: Plant nematology, 2nd edition". (ed) Perry, R.N., Moens M. CAB International, Wallingford, UK, 327-345.
- Hooper, D.J. 1986. Handling, fixing, staining and mounting nematodes. "Alınmıştır: Laboratory methods for work with plant and soil nematodes". (ed) Southey, J.F., Her Majesty's Stationery Office, London, UK, 59- 80.
- Inácio, M.L., Camacho, M.J., Rusinque, L., Nóbrega, F., and Andrade, E. 2018. Potato cyst nematodes' routine analyses: morphology and/or PCR?. *Revista de Ciências Agrárias*, 41 (Especial): 15-21.
- İmren, M. 2018. Determination of plant parasitic nematodes in potato growing areas in Bolu province. *Uluslararası Tarım ve*

- Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2): 187-192.
- Knapp, S., Bohs, L., Nee, M. and Spooner, D.M. 2004. Solanaceae – a model for linking genomics with biodiversity. *Comparative and Functional Genomes*, 5: 285-291.
- Lima, F.S.O., Mattos, V.S., Silva, E.S., Carvalho, M.A.S., Teixeira, R.A., Silva, J.C. and Correa, V.R. 2018. Nematodes affecting potato and sustainable practices for their management. “*Alınmıştır: Potato - From Incas to All Over the World*”. (ed) M Yıldız, IntechOpen, London, UK, 107-124.
- Manduric, S., Olsson, E., Englund, J.E. and Andersson, S. 2004. Separation of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* (Tylenchida: Heteroderidae) using morphology and morphometrics. *Nematology*, 6(2): 171-181.
- Oro, V., Ivanović, Ž., Nikolić, B., Barši, L., Radivojević, M. and Jovčić, B. 2010. Morphological and molecular identification of potato cyst nematode populations in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 62(3): 747-754.
- Siddiqi, M.R. 2000. *Tylenchida parasites of plants and insects*. CAB International, Wallingford, UK, 833 p.
- Subbotin, S.A., Mundo-Ocampo, A. and Baldwin, J.G. 2010. Systematics of Cyst Nematodes (Nematode: Heteroderinae). “*Alınmıştır: Nematology Monographs and Perspectives*, 8A”. (ed) Hunt, D.J., Perry, R.N., Brill, 364 pp.
- Sullivan, M.J., Inserra, R.N., Franco, J., Moreno-Leheude, I., and Greco, N. 2007. Potato cyst nematodes: plant host status and their regulatory impact. *Nematropica*, 193-202.
- Toktay, H., Evlice, E., İmren, M., Özer, G., Ali, M. A., and Dababat, A. 2020. Characterization of potato golden cyst nematode populations (*Globodera rostochiensis*) in Turkey. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(6): 1095-1100.
- Trayanov, K., Samaliev, H., Kostova, M., Bojinov, B., and Besheva, A. 2020. Morphological and molecular identification of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(2): 416-422.
- Turner, S.J. and Subbotin, S.A. 2013. Cyst nematodes. “*Alınmıştır: Plant nematology, 2nd edition*”. (ed) Perry, R.N., Moens M. CAB International, Wallingford, UK, 109–143.
- Ulutaş, E., Özarslandan, A., Kaşkavalcı, G., and Elekcioğlu, İ.H. 2012. Ege Bölgesi patates alanlarında *Globodera rostochiensis* Wollenweber,(Tylenchida: Heteroderidae)’in moleküler yöntemlerle saptanması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36(1): 155-160.