

Derleme (Review)

Bitki paraziti nematodların beslenme stratejileri

The feeding strategies of plant-parasitic nematodes

İbrahim MISTANOĞLU¹

Zübeyir DEVRAN^{1*}

Abstract

Plant-parasitic nematodes are one of the most important pests of crops throughout the world. Approximately 4100 plant-parasitic species have been so far identified. They can attack every part of the plant such as roots, stems, leaves, and seeds. Plant-parasitic nematodes feed on living plant tissues and display a wide variety of interactions with their hosts. They generally feed as ectoparasites, semi-endoparasites, endoparasites, and migratory endo-ectoparasites in plants. Ectoparasites never enter the host. Semi-endoparasitic nematodes feed partially embedded in tissue with a portion of the body outside. Endoparasitic nematodes completely enter roots. Migratory endo-ectoparasite nematodes remain vermiform. Their head region is only inserted into cortical cells from which nutrients are removed. In addition, these feeding types include sub-groups. The knowledge feeding types of plant-parasitic nematodes is important for management strategies. This review is initiated to provide an overview on the feeding strategies of plant-parasitic nematodes.

Keywords: Feeding, plant-parasitic nematodes, dorylaimida, rhabditida, triplonchida

Öz

Bitki paraziti nematodlar, dünya genelinde tarım ürünlerinin en önemli zararlılarından birisidir. Günümüze kadar bitkilerde zararlara neden olan yaklaşık olarak 4100 tür tanımlanmıştır. Bitki paraziti nematodlar kök, sap, yaprak ve tohum gibi tüm bitki kısımlarında beslenebilmektedirler. Nematodlar canlı bitki dokularında beslenmektedir ve konukçularıyla çok farklı etkileşimler içerisine girmektedirler. Bitkilerde genel olarak ektoparazitik, yarı endoparazitik, endoparazitik ve gezici ekto-endoparazitik şeklinde beslenmektedirler. Ektoparazitler konukçuya giriş yapmazken yarı endoparazitik nematodlar vücutlarının belli bir kısmını doku içerisine olacak şekilde beslenmelerine devam etmektedirler. Endoparazitik nematodlar tamamen kök içerisinde beslenmektedirler. Gezici ekto-endo parazitik nematodlar ipliksi yapıda ve yalnızca baş bölgelerini bitki dokularına sokmakta ve kortikal hücrelerden beslenmektedirler. Ayrıca bu beslenme tiplerinin alt gruplarında bulunmaktadır. Bitki paraziti nematodların beslenme tipleriyle ilgili bilgi, bu zararlılarla mücadele stratejilerinin belirlenmesi için önemlidir. Bu derlemede bitki paraziti nematodların beslenme stratejilerini tanıtmak için hazırlanmıştır.

Anahtar sözcükler: Beslenme, Bitki paraziti nematodlar, dorylaimida, rhabditida, triplonchida

¹ Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kampüs, 07058, Konyaaltı, Antalya

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: zdevran@akdeniz.edu.tr

Alınış (Received): 05.07.2017 Kabul edilmiş (Accepted): 20.01.2018 Published Online (Çevrimiçi Yayın Tarihi): 13.03.2018

Giriş

Nematodlar farklı ekolojik koşullarda yaşayabilen hayvansal organizmalardır. Buldukları ortamlarda diğer canlılarla farklı etkileşimlerde (parazitik, mutualistik vb.) bulunurlar. Genel morfolojik yapıları, araları sıvı ile dolu endoderm ve mesoderm olarak adlandırılan vücut tabakalarından oluşan segmentsiz ve bilateral simetrisinin gözlemlendiği şekildeki canlılardır (Decraemer & Hunt, 2006).

Nematodlar, parazit, predatör ya da serbest yaşayan (free-living) gibi farklı beslenme davranışları ile birbirlerinden çok farklı habitatlara uyum gösterebilmektedirler. Bu özellikleriyle yaşadıkları ortamlarda diğer çok hücreli canlı gruplarından daha fazla sayıda ve çeşitlilikte bulunabilmektedirler. Günümüzde Nematoda şubesinde tanımlı 20000' den fazla nematod türü mevcuttur (Perry & Moens, 2011). Bitkilerde zarar yapan türlerin sayısının ise yaklaşık 4100 olduğu bilinmektedir (Bilgrami & Gaugler, 2004; Hunt et al., 2005; Perry & Moens, 2011). Bitki paraziti nematodlar, obligat parazitler olup çoğunlukla konukçularının sitoplazmalarında beslenmektedir (Williamson & Gleason, 2003; Jones et al., 2013). Bununla birlikte bu türlerin hepsi bitkilerde ekonomik düzeyde kayıplara neden olmamaktadır. Bitki paraziti nematodlar, bitkilerin toprak altı kısımlarında veya üst aksamalarında zarara neden olabilmektedir (Prot, 1985; Manzanilla-Lopez et al., 2004; Hunt et al., 2005; Decraemer & Hunt, 2006; Perry & Moens, 2011, Kepenekçi, 2012). Dünya çapında yapılan değerlendirme sonucu ekonomik olarak önemli nematod cins veya türleri önemine göre; (1) *Meloidogyne* spp.; (2) *Heterodera* ve *Globodera* spp.; (3) *Pratylenchus* spp.; (4) *Radopholus similis*; (5) *Ditylenchus dipsaci*; (6) *Bursaphelenchus xylophilus*; (7) *Rotylenchulus reniformis*; (8) *Xiphinema index*; (9) *Nacobbus aberrans* ve (10) *Aphelenchoides besseyi* olarak sıralanmıştır (Jones et al., 2013). Bitkilerde çok farklı kayıplara neden olabilen bu ve benzeri nematodların yaptıkları zararın yıllık yaklaşık 80 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir (Nicole et al., 2011).

Bitki paraziti nematodlar, Rhabditida, Dorylaimida ve Triplonchida takımlarında yer almaktadır. Özellikle bitkilerin toprak altı kısımlarında zararlara neden olan *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Heterodera*, *Globodera*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* gibi cinslere ait türler ile bitkilerin toprak üstü kısımlarında zararlı *Anguina*, *Ditylenchus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* gibi cinslerde yer alan türler Rhabditida takımında sınıflandırılırken; virüs vektörü olabilen *Longidorus*, *Paralongidorus*, *Xiphinema* cinslerine ait türler, Dorylaimida takımında; *Trichodorus*, *Paratrachodorus* gibi cinslerine ait türler ise Triplonchida takımında sınıflandırılmaktadır (Decraemer & Hunt, 2006).

Bitki-paraziti nematodlar yumurta, larva ve ergin olmak üzere üç farklı biyolojik döneme sahiptirler. Yumurtadan çıkan larvalar kök salgıları vasıtasıyla bitkilere yönelmektedir. Genellikle bitki kök ucunun hemen ardından bitkilere ilk giriş ya da beslenme başlamaktadır. Bitki parazit nematodların çoğunluğu konukçularının köklerinde, çok az bir kısmı ise yaprak, çiçek ya da sap gibi bitkilerin toprak üstü aksamalarında zarar yapabilmektedir (Hunt et al., 2005). Bitki hücre duvarına öncelikle sitilet (*stylet*: sokucu-emici iğne) vasıtasıyla fiziksel olarak zarar vermekte, ardından selülitik ve pektolitik enzimler vasıtasıyla da hücre duvarının yapısını yıkıma uğratmaktadır (Jaubert et al., 2002; Abad et al., 2003). Bu yöntemler bitki paraziti nematodlar tarafından beslenme ya da hücreler arası hareketlerinde etkin bir şekilde kullanılabilir (Karssen & Moens, 2006). Beslenmeleri sonucunda kök hücrelerinde deformasyonlara, topraktan alınan besin maddelerinin iletimlerinin engellenmesine, köklerde açtıkları yaralar nedeniyle bazı toprak kökenli hastalık etmenlerinin bitkilere girişlerine ve sitilet salgılarındaki toksik maddeler nedeniyle bitki hücrelerinde ölümlere neden olabilmektedirler (Prot, 1985; Abad et al., 2003; Karssen & Moens, 2006; Schomaker & Been, 2006).

Bitki paraziti nematodlarda beslenme yapıları

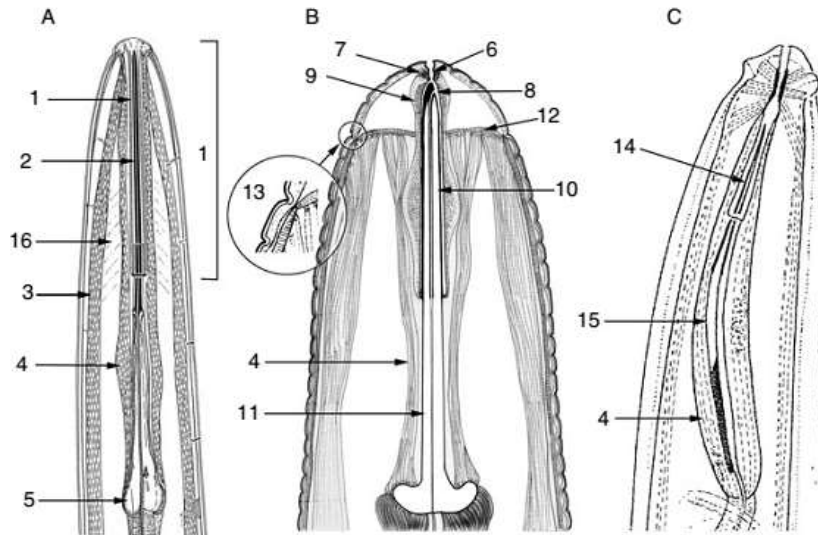
Beslenme, canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan en temel davranışlardan biridir. Bitki-paraziti nematodlar, yaşamlarını sürdürebilmeleri için canlı bitki dokularına ihtiyaç duyarlar. Farklı beslenme alışkanlıklarına sahip olan nematodlarda stoma ya da ağız (*mouth*) beslenme aparatı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Grootaert & Maertens, 1976; Bilgrami, 1997; Wyss, 2002). Bunun yanında, beslenme mekanizmaları içerisinde karışıklığı önleyebilmek için *sitilet*, *mural tooth*, *buccal cavity* ve *tooth* gibi organların ifadesinde de kullanılabilir (Bilgrami & Gaugler, 2004).

Beslenme aparatının yapısı ve fonksiyonu nematodun beslenme karakterizasyonunu temel almakta, ayrıca besin ve beslenme alışkanlıkları hakkında da bilgi vermektedir. Temel beslenme aparatı; yapısı, şekli ve boyutlarıyla farklı nematod gruplarında değişik isimlerle ifade edilmektedir. Örneğin, predatör nematodlarda *buccal cavity* olarak adlandırılan beslenme aparatları, dorsal, ventral dişler ve küçük diş benzeri özelleşmiş yapılara sahiptir. Bitki paraziti ya da funguslarla beslenen nematodlarda ise dokuyu parçalamak ve besini almak için kullanılan organlar *sitilet* olarak adlandırılmaktadır. Bu yapı, ileri geri hareket edebilir özellikte ve dar bir lümenle özofagusa (oesophagus) bağlanmaktadır (Bilgrami & Gaugler, 2004). Nematod cinsine göre sitilet ve özofagusdaki morfolojik ve fizyolojik değişiklikler beslenme davranışlarındaki farklılıklardan oluşturmaktadır. Bu süreç içerisinde özellikle sitilet, bitki paraziti nematodların üç temel grubunda bağımsız olarak son halini almıştır. Böylelikle bitki paraziti nematodlarda gözlemlenen temel beslenme aparatları, Tylenchida' larda *sitilet* (*Stomatostylet*); Longidoridae' larda *Odontostyle*; Trichodoridae' larda ise *Onchiostyle* olarak adlandırılmaktadır (Hunt et al., 2005).

Longidoridae' larda gözlemlenen sitiletler ise; *Odontostylet* adı verilen bir uç kısım ve bu kısmı taşıyan ya da *Odontostylet*' e destek görevi gören *Odontophore*' dan oluşmaktadır (Şekil 1A).

Tylenchida' larda gözlemlenen *sitilet* ya da *stomatostylet*, konik bir baş kısmı, shaft ya da sap olarak adlandırılan bir ara bölüm ve sitilete hareket sağlayan kasların bağlandığı basal yumruların bulunduğu ard bölgesinden oluşmaktadır (Şekil 1B).

Trichodoridae' larda gözlemlenen sitiletler ise; ventralinde bir kıvrım bulunan ve *sitilet* benzeri diş olarak nitelendirilen *Onchium* (*Onchiostyle*) ve bu yapıyı destekleyen ya da taşıyan *Onchiophore*' dan oluşmaktadır (Şekil 1C).

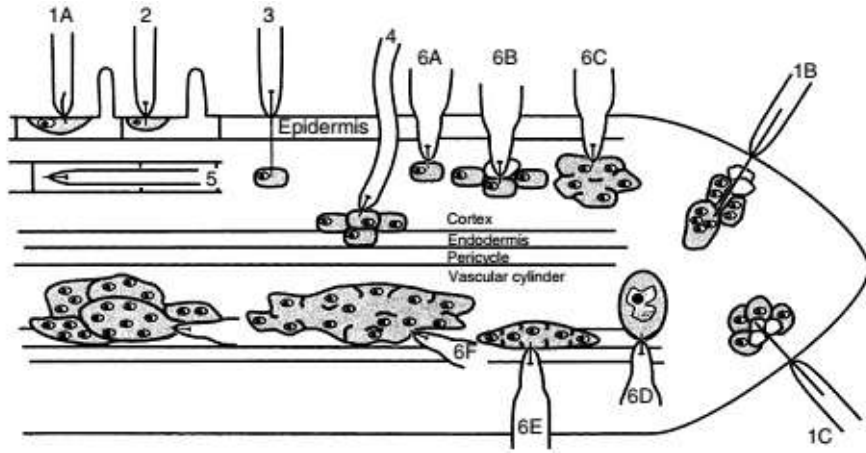


Şekil 1. Bitki paraziti nematodlarda stoma bölgesi ve beslenme aparatı tipleri (Decraemer & Hunt, 2006). A. Odontostylet ve Odontophore (Longidoridae). B. Baş bölgesindeki kütikula detayları ve Stomatostylet (Tylenchomorpha). C. Onchiostylet (Trichodoridae). 1, Cheliostome; 2, Odontostylet; 3, Somatic kaslar; 4, Sitilet protractor kaslar; 5, Odontophore flange' ları; 6, Pre-stoma; 7, Presotoma kütikulasının çevresindeki kalınlaşmış yapı; 8, *Sitilet* açıklığı; 9, Stoma; 10, *Sitilet* conus; 11, *Sitilet* uzantısı ve knobları; 12, Basal baş bölgesi farme-work; 13, Baş bölgesindeki kütikulanın median ve basal bölgesi detaylar; 14 ve 15 Onchiostylet ile 14, Onchium; 15, Onchiophore; 16, *Dilatores buccae*.

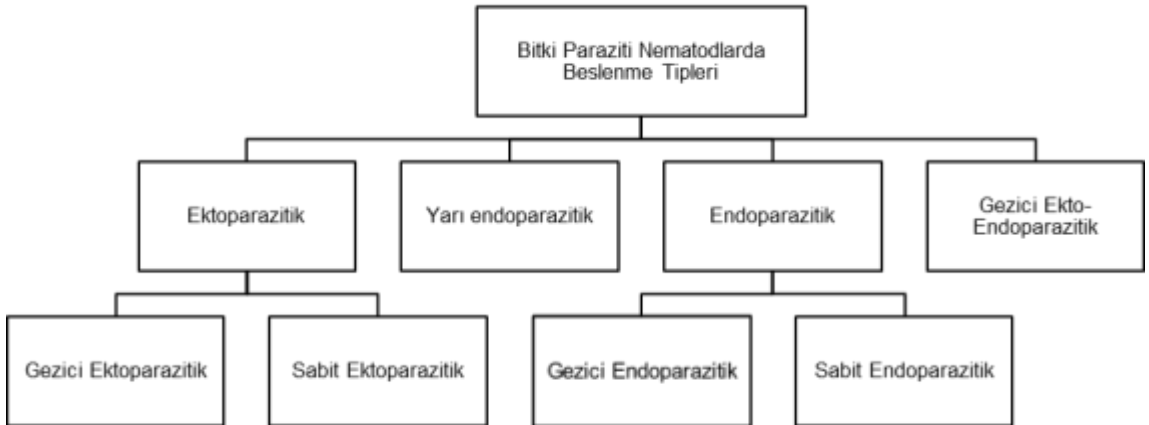
Bitki paraziti nematodların beslenme tipleri

Bitki paraziti nematodların tamamı, beslenmek ya da konukçularına girebilmek için sitilet taşımaktadır. Bu özellikleri onları diğer nematod gruplarının büyük bir kısmından ayırmaktadır (Hunt et al., 2005). Bitki paraziti nematodlar, obligat parazitler olup gelişimleri için gerekli besinleri bitkilerin farklı kısımlarından elde etmektedirler (Bilgrami & Gaugler, 2004). Beslenme alışkanlıklarında gözlemlenen

farklılıklar, buldukları habitatlarda varlıklarını devam ettirebilmek için oluşturmuş oldukları adaptasyonlardır. Bu zararlıların beslenme alışkanlıkları hakkında yapılan sınıflandırmalarda, yaşamlarının çeşitli dönemlerdeki farklılıklar yanlışlıklara neden olabilmektedir. Dolayısıyla beslenme ilişkisinin kurulduğu süreçten sonra gözlemlenen değişiklikler dikkate alınarak sınıflandırmaktadır. Şekil 2’de görüldüğü gibi bitki paraziti nematodlar beslenme alışkanlıklarına göre ektoparazitik, endoparazitik, yarı endoparazitik ve gezici ekto-endoparazitik olmak üzere temelde dört farklı gruba ayrılabilir (Hunt et al., 2005). Yapılan tanımlamalarda diğer ilk üç grup hakkında görüş birliği olsa da, gezici ekto-endoparazitik beslenme tipi konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar yarı endoparazitik (Decreamer & Hunt, 2006) ya da gezici ekto-endoparazitik beslenme (Wyss, 1997) olarak tanımlanabilmektedir. Bu derlemede okuyucu için daha anlaşılır olması için ayrı grup olarak ele alınmıştır. Ayrıca bu temel gruplar, kendi içerisinde beslenme şekline bağlı olarak alt tiplere de ayrılabilir (Şekil 3).



Şekil 2. Önemli bitki paraziti nematodların beslenme tipleri (Wyss, 1997.) (1A, 1B ve 1C Dorylaimid nematodlar (gezici ektoparazit); diğerlerinin tamamı Tylenchid nematodlar) 1A: *Trichodorus* spp.; 1B, *Xiphinema index*; 1C, *Longidorus elongatus*; 2, *Tylenchorhynchus dubius* (gezici ektoparazit); 3, *Criconemoides xenoplax* (sabit ektoparazit); 4, *Helicotylenchus* spp. (gezici ekto-endoparazit); 5, *Pratylenchus* spp. (gezici endoparazit); 6A, *Trophotylenchulus obscurus*; 6B, *Tylenchulus semipenetrans*; 6C, *Verutus volvingentis*; 6D, *Cryphoder autahensis*; 6E, *Rotylenchulus reniformis*; 6F, *Heterodera* spp.; 6G, *Meloidogyne* spp. (6A-6G: Sabit endoparazitler).



Şekil 3. Bitki paraziti nematodların beslenme tipleri

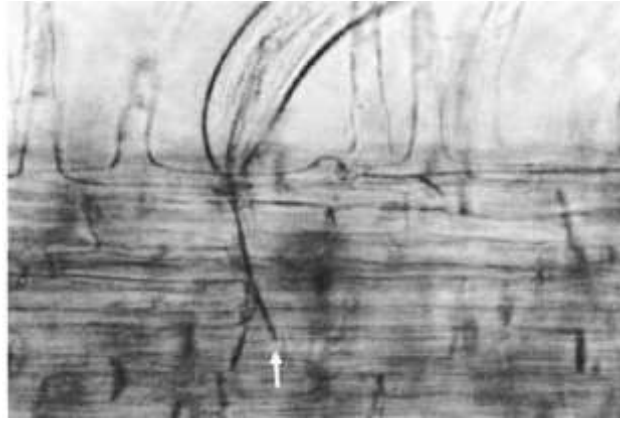
Ektoparazitik beslenme

Ektoparazitik beslenme özelliğindeki nematodlar yaşamları süresince toprakta kalmakta ve bitki dokusu içerisine girmemektedir. Nematodlar sitiletlerini bitki dokularını delmek ve beslenmek için kullanmaktadır. Bu nematodlar uzun ve güçlü sitilete sahiptirler ve daha derin hücrelerde beslenebilmektedirler. Ektoparazitik nematodlar, beslenme tiplerine göre gezici ve sabit ektoparazit olmak üzere iki alt gruba ayrılabilir (Hunt et al., 2005; Decraemer & Hunt, 2006).

a. Gezici ektoparazitik beslenme

Ektoparazitik beslenen türlerin birçoğu gezici ektoparazitik beslenme özelliğine sahiptir. Bu beslenme tipindeki nematod türleri yaşamlarının tamamında ipliksi-solucan şeklinde (vermiform) kalmaktadır. Beslenmelerini seçilen hücrelerde çok kısa bir sürede gerçekleştirmektedirler. Daha uzun sitilete sahip *Belonolaimus*, *Trichodorus* ve *Xiphinema* gibi nematod cinslerine bağlı türler, bitkilerin endodermal hücrelerinden (Şekil 4), nisbeten daha kısa sitilete sahip *Tylenchorhynchus* cinsine bağlı nematod türleri epidermal hücrelerden, *Psilenchus*, *Tylenchus* ve *Atylenchus* cinslerine bağlı nematod türleri ise yalnızca kılcal köklerden beslenmektedirler (Wyss, 1997; Bilgrami & Gaugler, 2004; Van Ghelder et al., 2015). Bu gruba ait nematodların konukçularında beslenmeleri sonucunda kök hücrelerinde nekrozlar, kök uçlarında gal benzeri yapılar (gall-likes welling) ve uzayan beslenme periyotları sonucunda ise hücre duvarlarının erimesi sonucu *syncytia*'ya benzer oluşumlara neden olabilmektedirler (Wyss, 1997).

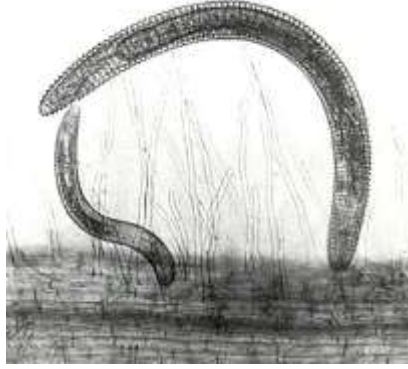
Bu beslenmede bir diğer grup ise bitkilerin toprak üstü aksamında zarara neden olabilen türlerdir. *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Bursaphelenchus*, ve *Rhadinaphelenchus* gibi cinslerde yer alan bu türler yaşamlarının belirli dönemlerinde özellikle yapraklarda, çiçeklerde, bitki saplarında ya da gövdelerde; gal, nekroz oluşumları ya da yapraklarda kıvrılmalar gibi çeşitli zararlara neden olabilmektedirler (Manzanilla-Lopez et al., 2004; Chanu et al., 2013).



Şekil 4. İncir bitkisinin kök uçlarında beslenen *Xiphinema diversicaudatum* (Bilgrami & Gaugler, 2004).

b. Sabit ektoparazitik beslenme

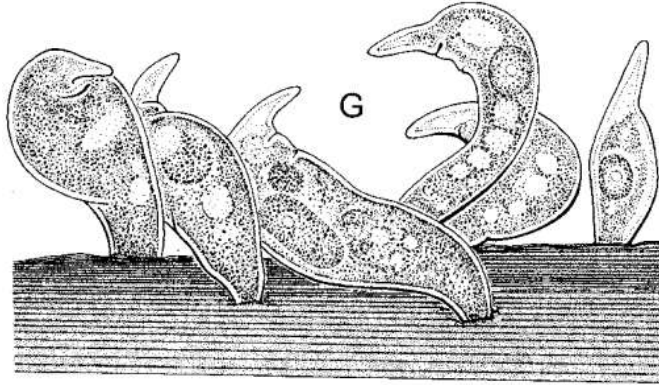
Bu beslenme tipi daha az gözlemlenmektedir. *Cacopaurus* ve *Criconemella* gibi cinslere bağlı nematod türleri bu beslenme grubu içerisindedir. Nematodlar sitiletlerini daha derin bitki dokularına sokmakta ve beslenme noktasında sabitleme bu yolla sağlanmaktadır (Şekil 5). Diğer ektoparazitik nematodlardan farklı olarak, bu beslenme tipindeki nematodlar, kök kortikal hücrelerinden yalnız birinde uzun süre beslenebilmektedir (Westcott & Hussey, 1992; Bilgrami & Gaugler, 2004). Bu beslenme sürecinde besinler, sitilet açıklığıyla temas halindeki sitoplazması besin alınımına uygun hale getirilmiş hücrelerden ve bu hücrelere plazmodezmatlarla (plasmodesmata) bağlı diğer hücrelerden gerçekleşmektedir (Wyss, 1997).



Şekil 5. Sabit ektoparazitik beslenen *Mesocriconema xenoplax* (APS, 2017a).

Yarı endoparazitik beslenme

Genellikle larva ya da ergin olmamış dişilerin vücutlarının sadece belli bir kısmının kök dokusu içerisine girdiği beslenme şeklidir. Bu beslenme tipinde bireyler kök korteks hücrelerinde beslenmekte ve beslenme bölgelerinde kalıcı halde yaşamlarını devam ettirmektedirler. Kök dokusu dışında kuyruk kısımları kalmakta ve şişkinleşmektedir (Şekil 6; Manzanilla-Lopez et al., 2004). Bu tip beslenme, *Rotylenchulus*, *Telotylenchus* ve *Tylenchulus* cinsine bağlı nematod türlerinde gözlemlenebilmektedir (Decraemer & Hunt, 2006; Rashidifard et al., 2015).



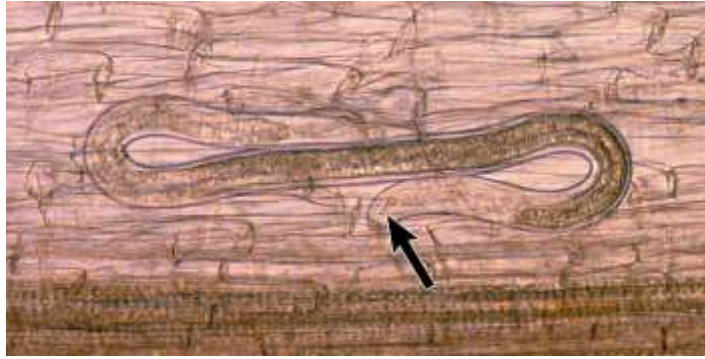
Şekil 6. Bitki köküne gömülü dişi *Tylenchulus semipenetrans* bireyleri (Hunt et al., 2005)

Endoparazitik beslenme

Nematod vücudunun tamamının bitki kök dokusu içerisine girdiği ve beslenmenin doku içerisinde gerçekleştiği beslenme şeklidir (Bilgrami & Gaugler, 2004; Manzanilla-Lopez et al., 2004; Decraemer & Hunt, 2006). Endoparazitik özellikteki beslenme tipi gezici ve sabit endoparazit olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır (Manzanilla-Lopez et al., 2004; Decraemer & Hunt, 2006).

a. Gezici endoparazitik beslenme

Pratylenchus, *Anguina*, *Radopholus* cinslerine bağlı türlerde gözlemlenen bu beslenme tipinde, bireyler bitki dokusu içerisine girdikten sonra parazitik ilişkinin tamamında doku içerisindeki hareketine devam etmekte ve ipliksi yapısını korumaktadır. Beslenme, kök kortikal hücrelerinden gerçekleşmektedir (Şekil 7). Parazitizm sonucunda genellikle hücre turgor basıncı düşmekte ve uzayan beslenme periyotları sonucunda ise hücrelerde ölümler gözlemlenebilmektedir (Wyss, 1997; Bilgrami & Gaugler, 2004; Manzanilla-Lopez et al., 2004; George et al., 2016). Ayrıca kısmen güçlü bir sitilete sahip olan bu beslenme tipindeki nematodlarda köklere giriş-çıkış yapılabilmektedir (Manzanilla-Lopez et al., 2004).



Şekil 7. Bitki kökünde gezici endoparazitik beslenen *Pratylenchus penetrans* (APS, 2017b).

b. Sabit endoparazitik beslenme

Bu beslenme tipinde, seçilmiş endodermal hücrelerin giant cells, syncytia ya da nurse cells gibi özelleşmiş beslenme hücrelerine dönüştürüldüğü gözlemlenmektedir (Bilgrami & Gaugler, 2004). *Heterodera*, *Globodera*, *Meloidogyne*, *Sphaeronema* ya da *Nacobbus* gibi ekonomik açıdan önemli cinslere ait türlerde görülen bu beslenme tipinde genellikle, besin alınımı için oluşturulan özelleşmiş hücelere dişi bireyler kendilerini sabitlemekte, ikinci gömlek değiştirmeye birlikte bırakmış olduğu beslenmeye tekrar başlamakta ve böylelikle vücut hacimleri artmaktadır (Bilgrami & Gaugler, 2004; Decraemer & Hunt, 2006; Strajnar et al., 2011). Bitkiler bu beslenme tipine tepki olarak oluşturulan beslenme hücrelerinin etrafındaki hiperplastik hücrelerle urlar oluşturmakta ve dişiler doku içerisine gömülmektedir (Şekil 8; Wyss, 1997). Sabit endoparazitizmde beslenme hücrelerine sabitlenmeden önce hareketli bir dönem mevcuttur. Kök-ur ve kist nematodlarında sadece ikinci dönem larva (J2) ve ergin erkekler hareket edebilir formda iken; *Nacobbus* türlerinde ise hareketli süreç, tüm larva dönemleri, erkekler ve ergin olmamış ipliksi haldeki dişilerde gözlemlenebilmektedir (Souza & Baldwin, 2000; Decraemer & Hunt, 2006).



Şekil 8. Fasülye kökünde bulunan urlar ve asit fuksinle boyanmış dişi *Meloidogyne chitwoodi* bireyleri (Greco & Divito, 2009).

Gezici ekto-endoparazitik beslenme

Bu beslenme tipindeki nematodlar ipliksi halde kalmakta ve kök kortikal hücrelerinden ektoparazitik olarak beslenmektedirler. Fakat beslenme süreçlerinde baş bölgelerini yalnızca kök kortikal hücrelerine kadar sokabilmektedirler (Şekil 9; Wyss, 1997; Talezari et al., 2015). Özellikle Hoplolaimidae familyasında gözlemlenen bu beslenme tipinde, yarı endoparazitik beslenmede olduğu gibi birey beslendiği dokuda sabit kalmamakta ve baş kısmı daha derin hücelere doğru uzamamaktadır. Nematodun temas halinde olduğu hücrede oluşturulan beslenme tüpü vasıtasıyla beslenme hücresi ve plazmolemma ile bağlantılı bulunan çevresindeki birkaç hücreden beslenme günlerce devam edebilmektedir (Wyss, 1997).



Şekil 9. Gezici Ektoparazitik beslenen *Rotylenchus buxophilus* (Photomicrographby U. Zunke)

Sonuç

Bitki paraziti nematodlarda çok farklı özellikte beslenme şekilleri bulunmaktadır. Bu beslenme tipleri, nematodun bitkinin hangi dokusundan beslenebileceğini, bu dokularda nasıl zararlara neden olabileceğini göstermektedir. Bitki paraziti nematodların beslenme davranışları hakkındaki toprak üstü, toprak altı bitki dokularında beslenebilmeleri, hareketli ya da sabit özellikte olabilmeleri, beslenmeleri sonucu oluşturdukları özelleşmiş hücreler, beslenmelerinin ilerleyen dönemlerinde vücut yapılarında gözlemlenen farklılıklar, bazı bitki virüs hastalıklarına vektörlük yapabilmeleri gibi bilgiler, genel olarak bu canlıların cins düzeyinde sınıflandırılmasına imkân sunabilmektedir (Manzanilla-Lopez et al 2004; Van Ghelder et al., 2015).

Farklı nematod türlerinin bitki dokularında beslenmeleri sonucu oluşturdukları *giant cells*, *syncytia* ya da *nurse cells* gibi özelleşmiş hücreler nematodun cins düzeyinde tanımlamasında kolaylık sağlayabilmektedir. Ayrıca bazı türlerin bitki dokularında beslenmeleri sonucu hücreler ölebilmektedir. Bu beslenme davranışı nematodun kalıcı ya da gezici olmasıyla ilişkilidir. Beslenme sonrasında hücrelerin ölmesi ya da yaşamına devam ediyor olması söz konusu zararlının belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.

Beslenme tiplerinin belirlenmesinde nematodların sahip oldukları sitiletler önemli rol oynamaktadır. Özellikle sitiletin yapısı ve büyüklüğü bu konuda yol gösterici olmaktadır. Örneğin ektoparazitik beslenmenin gözlemlendiği *Xiphinema*, *Longidorus* ve *Paralongidorus* cinslerine ait nematod türleri yaklaşık 60-250 µm uzunluğunda, *Paratrichodorus* ve *Trichodorus* cinslerine ait nematod türleri ise yaklaşık 20-80 µm uzunluğunda sitilete sahiptir (Christie & Perry, 1951; Decraemer & Geraert, 2006). Endoparazitik beslenmenin gözlemlendiği *Meloidogyne* cinsine ait nematod türlerinde ise sitilet uzunlukları yaklaşık 10-25 µm'dir (Karssen & Moens, 2006). Dolayısıyla farklı beslenme davranışları içerisindeki nematod gruplarının sitiletlerinde gözlemlenen bu farklılıklar, nematodların farklı bitki dokularından (kortikal, epidermal, endodermal hücrelerden vb.) beslenmelerine neden olmakta ve zararlarında da farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Ayrıca sitilet bitki dokularından alınacak besin maddelerinin emgi için uygun hale getirilmesine yardımcı olan bazı salgıların doku içerisine ulaştırılmasını sağlamaktadır. Bu salgılar içerisinde bitki dokularına zehirli ya da bu dokuların gelişimlerini düzenleyici etkide bulunabilecek bazı kimyasallarda bulunabilmektedir (Christie & Perry, 1951; Bilgrami & Gaugler, 2004; Manzanilla-Lopez et al., 2004; Karssen & Moens, 2006).

Bitki-paraziti nematodların beslenme tiplerinin bilinmesi nematodlarla yapılacak mücadele için çok önemlidir. Endoparazitik beslenme özelliğindeki nematod türleri yaşamlarını bitki dokusu içerisinde geçirdiklerinden bunlarla mücadelenin daha zor olduğu bilinmektedir. *Meloidogyne* spp., *Globodera* spp.,

Heterodera spp. gibi tarımsal üretimde en tahripkar türleri barındıran cinsler endoparazitik beslenme özelliğine sahiptirler. Ektoparazitik özellikteki bitki-paraziti nematodlarının bazıları ise Grapevine fanleaf nepovirus (GFLV) (Comoviridae; Nepovirus), Tobacco ring spot virus (Comoviridae; Nepovirus), Tomato ring spot virus (Comoviridae; Nepovirus), Arabis mosaic virus (Comoviridae; Nepovirus), Satsuma dwarf virus (Secoviridae; Sadwavirus), Strawberry latent ring spot virus (Secoviridae; Sadwavirus) gibi bitkilerde zararlı virüslere vektörlük yaparak etkili olmaktadır (Hewitt et al., 1958; Van Hoof, 1970; Martelli & Taylor, 1989; Mac Farlane et al., 2002; Van Ghelder et al., 2015). Dolayısıyla bu nematod türleriyle mücadele daha fazla önem taşımaktadır.

Bitki paraziti nematodların beslenme stratejilerindeki farklılık, bu canlıların bitkilerde neden oldukları zararlarla doğrudan ilgilidir. Dolayısıyla bitki paraziti nematodların beslenme stratejilerinin bilinmesi zararlıların tanınması ve mücadele stratejilerinin geliştirilebilmesine yardımcı olabilecektir.

Yararlanılan Kaynaklar

- Abad, P., B. Favery, M.N. Rosso & P. Castagnone-Sereno, 2003. Root-knot nematode parasitism and host response: Molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4:217-224.
- APS, 2017a. <https://www.apsnet.org/edcenter/K-12/TeachersGuide/Nematode/Pages/Background.aspx>. (Erişim tarihi: Haziran 2017).
- APS, 2017b. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/HungryPlanet/Chapter9/Pages/ImageGallery.aspx>(Erişim tarihi: Haziran 2017).
- Bilgrami, A. L.,1997. *Nematode Biopesticides*. Aligarh Muslim University Press, Aligarh, 262pp.
- Bilgrami, A. L. & R. Gaugler, 2004. "Feeding Behaviour, 91-119". In: *Nematode Behaviour* (Ed: Bilgrami, A. L. & R. Gaugler). CABI Publishing, London, 419 pp.
- Chanu, L. B., N. Mohilal, L. Victoria & M.M. Shah, 2013. "Eight known species of *Aphelenchoides* nematodes with description of a new species from Manipur, India". *Journal of Parasitic Diseases*, 39(2): 225-233.
- Christie, J.R. & V.G. Perry, 1951. A root disease plant caused by a nematod of the genus *Trichodorus*. *Science*, 113 (1) : 491-493.
- Decraemer, W. & D.J. Hunt, 2006. "Structure and Classification, 4-32". In: *Plant Nematology* (Ed: Perry, R. N. & M. Moens). CABI Publishing, London, 447pp.
- Decraemer, W. & E. Geraert, 2006. "Ectoparasitic nematode, 154-182". In: *Plant Nematology* (Ed: Perry, R. N. & M. Moens). CABI Publishing, London, 447pp.
- George, C., J. Kohler & M.C. Rillig, 2016. "Biochars reduce infection rates of the root-lesion nematode *Pratylenchus penetrans* and associated biomass loss in carrot" *Soil Biology & Biochemistry*, 95: 11-18.
- Greco, N. & M. Di Vito, 2009. "Population Dynamics and Damage Levels 246-274". In: *Root-knot Nematodes*(Ed: Perry R.N., M. Moens & J.L. Starr). CABI, London, 488 pp.
- Grootaert, P. & D. Maertens, 1976. Cultivation and life cycle of *Mononchus aquaticus*. *Nematologica*. 22: 173-181.
- Hewitt, W.B., D.J. Raski & A.C. Goheen, 1958. Nematode vector of soil-borne fanleaf virus of grapevines. *Phytopathology*. 48: 586-595.
- Hunt, D.J., M. Luc & R.H. Manzanilla-López, 2005. "Identification, Morphology and Biology of Plant Parasitic Nematodes, 11-52". In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (Ed: Luc, M., R. A. Sikora & J. Bridge). CABI Bioscience, Egham, 871 pp.
- Jaubert, S., T.N. Ledger, J.B. Laffaire, C. Piotte, P. Abad & M.N. Rosso, 2002. Direct identification of stylet secreted proteins from root-knot nematodes by a proteomic approach. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 121: 205-211.
- Jones, J.T., A. Haegeman, E.G.J. Danchin, H.S. Gaur, J. Helder, M.G.K. Jones, T. Kikuchi, R. Manzanilla-López, J.E. Palomares-Rius, W.M.L. Wesemael & R.N. Perry, 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9): 946-961.

- Karssen, G. & M. Moens, 2006. "Root-knot Nematodes, 59-90". In: Plant Nematology (Ed: R. N. Perry & M. Moens). CABI, London, 447 pp.
- Kepenekci, İ., 2012. "Nematoloji (Bitki Paraziti ve Entomopatojen Nematodlar) [Genel Nematoloji (Cilt-I)]. Eğitim, Yayın ve Yayımlar Dairesi Başkanlığı, Tarım Bilim Serisi Yayın No:3 (2012/3), 457 pp.
- MacFarlane, S.A., R. Neilson & D.J.F. Brown, 2002. "Nematodes, 169-198". In: Advances in Botanical Research: Plant Virus Vector Interactions (Ed: R. T. Plumb). Vol. 36, Academic Press, San Diego, USA. 275 pp.
- Manzanilla-Lopez, R.H., K. Evans & J. Bridge, 2004. "Plant Diseases Caused by Nematodes, 637-716". In: Nematology Advances and Perspectives Vol:2 Nematode Management and Utilization (Ed: Chen, Z. X., S. Y. Chen & D. W. Dickson). CABI Publishing, 597 pp.
- Martelli, G.P. & C.E. Taylor, 1989. Distribution of viruses and their nematode vectors. Advances in Disease Vector Research, 6: 151-189.
- Nicol, J.M., S.J. Turner, D.L. Coyne, L. Den Nijs, S. Hockland, & Z.T. Maafi, 2011 "Current nematode threats to world agriculture, 21-44". In: Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions (Ed: Jones, J., G. Gheysen & C. Fenoll). Springer, Heidelberg, 557 pp.
- Perry, R.N. & M. Moens, 2011. "Introduction to Plant-Parasitic Nematodes; Modes of Parasitism, 3-20". In: Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions (Ed: Jones, J., G. Gheysen & C. Fenoll). Springer, Heidelberg, 557 pp.
- Prot, J.C., 1985. Nematode Parasites of Vegetable Crops. Laboratoire de Nematologie ORSTOM, Dakar, 28 pp.
- Rashidifard, M., E. Shokoohi, A. Hoseinipour & S. Jamali, 2015. "*Tylenchulus semipenetrans* (Nematoda: Tylenchulidae) on pomegranate in Iran". Australasian Plant Disease Notes, 10:2-6.
- Schomaker, C.H. & T.H., Been, 2006. "Plant Growth and Population Dynamics, 275-301". In: Plant Nematology, (Ed: Perry, R. N. & M., Moens), CABI, London, 447 pp.
- Souza, R.M. & J G. Baldwin, 2000. "Differential behaviour of the survival stages of *Nacobbus aberrans* (Nemata: Pratylenchidae) under sub-optimal environments". Nematology, 2(2), 211-215.
- Strajnar, P., S. Širca, M. Knapič & G. Urek, 2011. "Effect of Slovenian climatic conditions on the development and survival of the root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica*". European Journal of Plant Pathology, 129:81-88.
- Talezari, A., E. Pourjam, A. Kheiri, G. Liébanas, F. Aliramaji, M. Pedram, S. Rezaee & M.Z. Atıghı, 2015. "*Rotylenchus castilloi* n. sp. (Nematoda: Hoplolaimidae), a new species with long stylet from northern Iran". Zootaxa, 3931 (1): 088-100.
- Van Ghelder, C., A. Reid, D. Kenyon & D. Esmenjaud, 2015. "Development of a real-time PCR method for the detection of the dagger nematodes *Xiphinema index*, *X. diversicaudatum*, *X. vuittenezi* and *X. italiae*, and for the quantification of *X. index* numbers" Plant Pathology, 64: 489-500.
- Van Hoof, H.A., 1970. Some observations on retention of tobacco rattle virus in nematodes. Netherlands Journal of Plant Pathology, 76: 329-330.
- Westcott, S.W. & R.S. Hussey, 1992. Feeding behavior of *Criconebella xenoplax* in monoxenic cultures. Ecology and Epidemiology. 82(9):936-940.
- Williamson, V.M. & C.A. Gleason, 2003. "Plant-nematode interactions". Current Opinion in Plant Biology, 6:327-333.
- Wyss, U. 1997. "Root Parasitic Nematodes: An Overview 5-22". In: Cellular and Molecular Aspects of Plant-Nematode interactions. (Ed: Fenoll, C., F. M. W. Grundler & S. Ohl) Cellular and Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, 287pp.
- Wyss, U. 2002. "Feeding Behaviour of Plant-Parasitic Nematodes, 233-259". In: The Biology of Nematodes. (Ed: Lee, D.L.) Taylor and Francis, New York, 648 pp.