

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
2016-YL-035**

**EGE VE AKDENİZ BÖLGELERİNDEKİ  
HALICTIDAE VE ANDRENIDAE  
FAMİLYALARINA AİT ARILARLA FORETİK  
İLİŞKİLİ NEMATODLARIN BELİRLENMESİ**

**Seçil KAYA**

**Tez Danışmanı:  
Prof. Dr. Selçuk HAZIR**

**AYDIN-2016**



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Seçil KAYA tarafından hazırlanan “Ege ve Akdeniz Bölgelerindeki Halictidae ve Andrenidae Familyalarına Ait Arılarla Foretik İlişkili Nematodların Belirlenmesi” başlıklı tez, 28.06.2016 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

| Ünvanı, Adı Soyadı              | Kurumu                    | İmzası |
|---------------------------------|---------------------------|--------|
| Başkan : Prof. Dr. Selçuk HAZIR | ADÜ Fen. Ed. Fak.         |        |
| Üye Prof. Dr. Mehmet KARAGÖZ    | ADÜ Ziraat Fak.           |        |
| Üye : Yrd. Doç. Dr. Barış GÜLCÜ | Düzce Üniv. Fen. Ed. Fak. |        |

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun .....sayılı kararıyla .....tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY  
Enstitü Müdürü



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

....../....../2016

Seçil KAYA



## ÖZET

### EGE VE AKDENİZ BÖLGELERİNDEKİ HALICTIDAE VE ANDRENIDAE FAMILİYALARINA AİT ARILARLA FORETİK İLİŞKİLİ NEMATODLARIN BELİRLENMESİ

Seçil KAYA

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Selçuk HAZIR

2016, 49 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında Ülkemizin Akdeniz ve Ege bölgelerinde yaşayan toprak kazıcı arılarla ilişkili nematodların varlıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Yürütülen arazi çalışmaları sonucunda toplam 601 toprak kazıcı arı atraplar ve ağız aspiratörleri yardımıyla yakalanmıştır. Arıların yakalandığı yerin GPS koordinatları ve yakalandıkları yer ile tarih bilgileri kaydedilmiştir. Buzluklar içerisinde laboratuvara getirilen arıların önce tür teşhisleri yapılmış ardından nematod varlığı açısından mikroskop altında disekte edilmişlerdir. Akdeniz bölgesinden 311, Ege bölgesinden 290 toprak kazıcı arı yakalanıp incelenmiştir. Disekte edilen arıların 44 tanesinden nematod izole edilmiştir. İzolatların bir tanesinin Halictidae, 43 tanesinin ise Andrenidae familyasına ait olduğu belirlenmiştir. Ege ve Akdeniz bölgelerinden toplanan arılardaki nematod açısından pozitiflik oranı %7.49 olarak belirlenmiştir. Arıların sadece dişi bireylerinde foretik nematod varlığı saptanmıştır. Andrenidlerin abdominal bezlerinden, bir Halictid örneğinin ise Dufour bezinden elde edilen nematodların dauer evre safhasında oldukları belirlenmiştir. İzole edilen nematodlar içerisinden sadece bir tanesi yapay besi ortamında üretilenmiştir. Yapılan detaylı moleküler ve morfometrik analizler sonucunda bu nematodun *Pristionchus maupasi* türüne ait olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Forezis, Hymenoptera, Halictidae, Andrenidae, Nematod.



## ABSTRACT

### DETERMINATION OF THE PHORETIC NEMATODES ASSOCIATED WITH THE BEES IN FAMILY HALICTIDAE AND ANDRENIDAE IN AEGEAN AND MEDITERRANEAN REGIONS

Seçil KAYA

M.S. Thesis, Biology Department

Advisor: Prof. Dr. Selçuk HAZIR

2016, 49 pages

This study was conducted to determine the phoretic nematodes associated with soil-dwelling bees in Aegean and Mediterranean regions of Turkey. During the field study 601 bees were collected from flowers with a sweep net or mouth aspirator. GPS coordinates, date and the name of the places where the bees were collected were recorded. Adult bees were transported back to the laboratory alive in a cool box. After identification procedures, the bees were dissected under the microscope to determine nematode presence. Three hundred eleven bees from Mediterranean and 290 bee samples from Aegean regions were dissected. Fourty four bees were positive for nematode existence. One of them was isolated from Halictidae whereas the other 43 nematode isolates were recovered from Andrenidae bees. The nematode presence was determined as 7.49% at collected bees from Aegean and Mediterranean regions. Ege ve Akdeniz bölgelerinden toplanan arılardaki nematod açısından pozitiflik oranı %7.49 olarak belirlenmiştir. Phoretic nematodes were isolated from abdominal glands of *Andrena* and Dufour gland of Halictidae female bees. It was determined that all isolated nematodes were in dauer stages. Only one nematode isolate out of 44 could be successfully growth at in vitro condition. After molecular and morphometric analyses, this nematode was identified as *Pristionchus maupasi*.

**Key Words:** Phorezis, Hymenoptera, Halictidae, Andrenidae, Nematodes.



## ÖNSÖZ

Tanıdığım günden bu yana kişilik değerlerini ve hayata bakış açısını örnek edindiğim, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca desteğini hep hissettiğim, gerek günlük hayatta gerekse okul yaşantımda göstermiş olduğu özveri ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam Prof. Dr. Selçuk HAZİR'a,

Yüksek lisans öğrenimim sürecinde tanıma şansı yakaladığım, derslerimde ve deneylerimde sahip olduğu bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, arıların tür teşhisleri konusunda engin bilgilerini benimle paylaşan, tez çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen, her konuda bilgisine danıştığım değerli hocam Doç. Dr. Canan HAZİR'a,

Arazi çalışmalarımda ve deneylerimde yardımlarını esirgemeyen, birlikte çalışmaktan keyif aldığım laboratuvar arkadaşlarım Dr. Karthik Raja RAMALINGHAM'a, Arş. Gör. Derya ULUĞ'a ve Harun ÇİMEN'E,

Tez çalışmamı FEF-14013 no'lu proje ile destekleyen Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimine,

Hayatım boyunca arkamda duran, üzerimde büyük emekleri olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Seçil KAYA



## İÇİNDEKİLER

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| KABUL VE ONAY SAYFASI.....                                      | iii  |
| BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI.....                             | v    |
| ÖZET.....                                                       | vii  |
| ABSTRACT.....                                                   | ix   |
| ÖNSÖZ.....                                                      | xi   |
| SİMGELER DİZİNİ.....                                            | xv   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                            | xvii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                          | xix  |
| 1 . GİRİŞ .....                                                 | 1    |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ .....                                        | 15   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                     | 17   |
| 3.1. Çalışmada Kullanılan Organizmalar .....                    | 17   |
| 3.2. Arı Örneklerinin Toplanması .....                          | 17   |
| 3.3. Arıların Diseksiyonu ve Nematodların İzolasyonu.....       | 18   |
| 3.4. Nematodların <i>in vitro</i> Koşullarda Kültürasyonu ..... | 20   |
| 3.4.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar.....                    | 21   |
| 3.5. Morfometrik Analizler .....                                | 21   |
| 3.6. Moleküler Analizler .....                                  | 21   |
| 3.7. Arı Teşhisleri ve Saklanması .....                         | 22   |
| 4. BULGULAR.....                                                | 24   |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....                                       | 36   |
| KAYNAKLAR .....                                                 | 41   |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                  | 49   |



## KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| °C  | :Santigrat derece     |
| µm  | :Mikrometre           |
| cm  | :Santimetre           |
| mm  | :Milimetre            |
| PDA | :Potato Dextrose Agar |
| NA  | :Nutrient Agar        |
| vd. | :ve diğerleri         |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. a, b. Uzun dilli bir arının ağız parçaları ( <i>Anthidium atripes</i> ); c,d kısa dilli bir arının ağız parçaları ( <i>Andrena mimetica</i> ) (Michener, 1944)..... | 9  |
| Şekil 1.2. Arılar ile nematodlar arasındaki ilişki (Giblin-Davis vd., 1990).....                                                                                               | 14 |
| Şekil 3.1. (a,b). Arıların mikroskop altında diseksiyonu ve iç organlarının nematod varlığı açısından incelenmesi.....                                                         | 19 |
| Şekil 3.2. Andrenidae familyası dişi arılarda abdominal bezler.....                                                                                                            | 20 |
| Şekil 3.3. Bir <i>Andrena</i> arısının iğnelenerek müze materyali olarak hazırlanması (7.5x).....                                                                              | 23 |
| Şekil 4.1. Dişi bir <i>Andrena</i> arısına ait abdominal bezler ve içerisindeki nematodlar.....                                                                                | 28 |
| Şekil 4.2. <i>Andrena</i> dişisinin abdominal bezlerinden elde edilen dauer evre nematod.....                                                                                  | 28 |
| Şekil 4.3. 09-35 izolatına ait bir erkek nematodun genel görünümü (a), baş kısmında yer alan özofagus, stoma, sinir halkası ve boşaltım deliği (b).....                        | 31 |
| Şekil 4.4. 09-35 izolatına ait bir erkek nematodun kuyruk kısmı ve spikülleri.....                                                                                             | 32 |
| Şekil 4.5. 09-35 izolat numaralı dişi nematoda ait genel görünüm (a ve b).....                                                                                                 | 33 |
| Şekil 4.6. 09-35 izolat numaralı dişi nematoda ait vulva (a) ve kuyruk yapısı (b).....                                                                                         | 34 |
| Şekil 4.7. 09-35 izolat numaralı dişi nematoda ait epipyigma ve döllenmiş yumurtalar (a), baş kısmının yapısı (b).....                                                         | 35 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1. Arı örneklem sayısının, nematod varlığı yönünden pozitif olan familyalara ve coğrafik bölgelere göre dağılımı..... | 24 |
| Çizelge 4.2. Nematod varlığı açısından pozitif çıkan tüm örnekler.....                                                          | 25 |
| Çizelge 4.3. 09-35 izolatına ait erkek bireylerin morfometrik ölçümleri ( $\mu\text{m}$ ) (n=20).....                           | 29 |
| Çizelge 4.4. 09-35 izolatına ait dişi bireylerin morfometrik ölçümleri ( $\mu\text{m}$ ) (n=20).....                            | 30 |



## 1. GİRİŞ

Türkiye, Avrupa ve Orta Doğunun en zengin biyolojik çeşitliliğine sahip ülkesidir. Ülkemizin 7 coğrafik bölgesinin her biri ayrı iklim, flora ve fauna özellikleri gösterir. Bu coğrafik yapı farklılığı yüksek endemizm ve genetik çeşitliliği sağlar (Demirayak, 2002). Dünyada kıta özelliği gösteren, birçok türün anavatanı olan ve özellikle geçmişteki jeolojik ve iklimsel değişikliklerden etkilenerek canlılara barınak olan Anadolu, dünyadaki herhangi bir kara parçasından çok daha fazla biyolojik öneme sahiptir. Bu önemin kavranması, hem üzerinde yaşadığımız toprakların hem de insanlığın ortak malı olan bu zenginliğin korunması için üzerimize düşen yükümlülüğün yerine getirilmesi açısından çok gereklidir (Demirsoy, 2002).

Biyolojik zenginliklerimizin korunabilmesi ve değerlendirilebilmesi için önce bu zenginliklerin ayrıntılı bir envanteri yapılmalıdır. Bir bölgede yaşayan canlı türlerini bilmeden, insan faaliyetlerinin çevresel etki değerlendirilmesi sağlıklı olarak yapılamaz (Kence, 1988).

Dünyada, bir milyonun üzerinde tanımlanmış böcek türü bulunmaktadır. Bunların pek çoğu hayat evrelerinin büyük bölümünü ya da bir kısmını nematodların geliştiği ve ürediği ortamlarda geçirir. Aslında böcekler nematodlar için potansiyel bir besin kaynağı ve iyi birer sığınaktır. Nematodlar suya ve neme ihtiyaç duyan organizmalar olduğundan, karasal böcek konaklarına nazaran sınırlı yayılım gücüne sahiptir. Böceklerle ilişki kurabilenler, onlarla birlikte dağılımlarını sağlarken bu sayede gereksinim duydukları besine de bol miktarda ulaşırlar (Giblin-Davis vd., 2003).

Böceklerin diseksiyonlarının yapıp incelenmesiyle, bunlarla ilişkili olan yeni nematod türlerinin bulunabileceği ve bunun da oldukça zengin bir çeşitliliğe sahip bu filum hakkındaki bilgilerimizi büyük oranda artırabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmayla Andrenidae ve Halictidae familyası toprak kazıcı arılarla ilişkili nematodların varlıkları, dağılımları ve tür çeşitlilikleri belirlenerek gelecekte yapılacak özellikle evrimsel çalışmalar için iyi bir zemin oluşturacağı düşünülmektedir.

## Nematodların Genel Özellikleri

Nematodlar, segmentsiz yuvarlak solucanlardır (Neher ve Powers, 2005). Enoplia, Dorylaimia ve Chromadoria olmak üzere 3 ana sınıfa ayrılır (Pechenik, 2013). Çöllerden tundralara, tatlı sulardan denizlere, sıcak su kaynaklarından buzullara kadar oldukça geniş bir habitat dağılımına sahiptirler (Kaya, 1993). Serbest yaşayan tüm nematodlar su içerisinde veya en azından su filminde yaşamak zorundadır (Pechenik, 2013). Toprakta yaşayan üyelerinin etrafı 1-5 µm kalınlığında bir su film tabakasıyla çevrilidir. Toprak ortamında yaşayan nematodlar 0.4-1.0 mm uzunluğunda olup boyutlarının küçük olması sayesinde toprak porları arasında rahatlıkla hareket edebilir (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlar basit organizmalardır. Bir ergin birey yaklaşık 1000 somatik hücreden meydana gelir (Neher ve Powers, 2005). Çoğu hayvanın aksine, nematodlar hücre sayılarını artırmak yerine çoğunlukla hücrelerin hacimlerini artırarak büyürler; erginlerin çoğu dokusundaki hücre sayısı sabittir, bu öteli (eutely) olarak ifade edilen bir olgudur (Pechenik, 2013).

Nematodlarda solunum ve dolaşım sistemi ile göz bulunmaz (Neher ve Powers, 2005). Dış yüzeyleri çok tabakalı kollajen kutikülle örtülmüştür. Kutikula tabakası su ve gaz geçirme özelliğindedir, böylece gaz değişimi tüm vücut yüzeyiyle yapılabilmektedir. Kutikula aynı zamanda bazı iyonlar ve organik maddeler için seçici geçirgendir, bu maddelerin iç ve dış ortam arasındaki hareketlerini düzenler. Kutikula nematodların hayat döngüsü içerisinde 4 kez değiştirilir (Pechenik, 2013).

Bir psödosölamat olarak psödol sıvısı dolaşım ortamı olarak görev yapar. Ve bazı türlerde hemoglobin bulundurur. Nematodlarda damarların oluşturduğu açık veya kapalı bir dolaşım sistemi mevcut değildir (Pechenik, 2013).

Nematodların vücut duvarı halkasal olmayan kaslar içerir. Hareket, vücudun ventral ve dorsal yüzeyindeki uzunluğuna kasların alternatifli kasılması sayesinde üretilen sinusodial dalgalarla sağlanır. Kaslar psödosöl sıvısıyla iletilen basınç değişiklikleri vasıtasıyla birbirini harekete geçirir. Kasılmış kasların yeniden uzamasına hayvan içindeki yüksek iç basınç ve kutikula yardımcı olur (Pechenik, 2013).

Sinir sistemi, düz olup beyin fonksiyonu gösteren anterior bir ganglion kitlesine sahiptir. Merkezi ganglion kitlesi çoğunlukla ön barsağı çepeçevre saran sinir halkası olarak bilinir. Bu ganglion kitlesi vücudu anterior ve posterior olarak saran sinir kordlarıyla bağlantılıdır (Hazır, 2002). Sinir şeritleri kaslara uzantı göndermez, aksine kas liflerinin kasılğan olmayan uzantıları sinir şeritlerine bağlantı yapar (Pechenik, 2013).

Çeşitli türlerin, mekanik uyarıya, ışığa, sıcaklığa ve aynı türün diğer bireyleri tarafından üretilen bir çeşit kimyasal işaretlere (feromonlar) karşı cevap verdikleri bilinmektedir. Vücudun anterior ucunda, ağız çevresinde iki büyük sensilla yer alır. Amfid olarak adlandırılan bu yapılar kimyasal duyu organlarıdır. Fazmid denilen kimyasal duyu organları ise nematodların posterior ucunda yer alır. Baş ve kuyrukta yer alan papillalar anüs ve ağız etrafına yerleşmiş olup mekanik uyarılara karşı hassas oldukları düşünülmektedir (Pechenik, 2013). Bitkiyle beslenen nematodlar CO<sub>2</sub> değişikliklerini ve bitki kökü sızıntılarını bu duyu organlarıyla algırlar (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlar, sırasıyla anterior uçta yer alan ağız (stoma), kaslı bir farinks, bağırsak ve rektum ile vücudun posterior sonuna yakın yerleşen anüsten oluşan doğrusal bir sindirim sistemine sahiptir (Pechenik, 2013). Predatör olanların ağızlarında dişler bulunabilir. Fungusla beslenenler ve omnivorlar, bitkiyle beslenenlere benzer biçimde stylet (iğne) taşırlar ancak bunların styletlerinde tokmaklar (knobs) bulunmaz (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlarda özelleşmiş bir boşaltım sistemi bulunmaz. Azotlu atıkların atılması, serbest yaşayan türlerde karın tarafında bulunan “Rennet bezi”, birçok parazit türde ise “H” veya “U” şeklindeki yanal kanal sistemi sayesinde gerçekleştirilir. Bu iki sistem yalnızca nematodlarda bulunur. Boşaltım sistemi, ayrıca ozmoregülatör özelliğiyle vücut boşluğunun turgor basıncını ayarlar. Azotlu atıklar amonyum, üre veya ürik asit formunda dışarı atılır. (Poinar, 1983; Viglierchio, 1991).

Nematod türlerinin çoğu gonokoristiktir (dioik) yani ayrı eşeylere sahiptir. Dölllenme iç döllenme şeklindedir (Pechenik, 2013). Ancak hermafrodit olanlar ile partenogenetik üreyen türler de mevcuttur (Neher ve Powers, 2005). Nematodlar genellikle ovipar, nadiren ovovivipar ve vivipardırlar. Larva yumurtadan

çıkmadan önce bir veya iki deri değişimi gerçekleştirir. Vivipar formlarda yavrular hayvanın içerisindeyken yumurtadan çıkar ve ana hayvanın vücudunun tamamını yerler (Viglierchio, 1991).

Dişiler ve hermafroditler dallı bir genital sisteme sahiptir. Ürettikleri yumurtaları vücut duvarının ventralinde bulunan genital açıklıktan dışarıya bırakırlar. Erkeklerde spiküller, spermilerin dişi vücuduna aktarılmasında kılavuzluk yapar (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlar prolifik hayvanlardır (çok yavru meydana getirir). Bazı türlerin hayat döngüleri 3-4 gün sürerken bazılarının birkaç aya ihtiyacı vardır (Neher ve Powers, 2005). Parazitik nematodların üretkenlikleri oldukça yüksektir. Bir tek dişi *Ascaris* günde yaklaşık 200.000 döllenmiş yumurta atar (Pechenik, 2013).

Nematodlar dünyada en bol bulunan metazodadır. Yeryüzünde bulunan her 5 metazodadan 4'ü nematoddur (Giblin-Davis vd., 2013). Yüzeyden 10 cm derinlikte 1 metre karelik bir toprak alanında yaklaşık 1.5 milyon nematod bulunabilmektedir (Neher ve Powers, 2005). Nematodların 26.000'den fazla türü bulunmaktadır. Bunların büyük kısmı tarım, medikal ve veterinerlik açısından önemli olan türlerdir (Chilton vd., 2003). Neredeyse tüm araştırmacılar bugün bilinen nematod tür sayısının gerçekte doğada var olanın çok küçük bir bölümünü temsil ettiği konusunda hemfikirdir (Neher ve Powers, 2005).

Nematodların doğadaki olağandışı bolluklarının ve geniş yayılımlarının nedenini anlamak çok kolay değildir. Açık olan tek şey nematodların bu kadar çeşitlenmesine olanak sağlayacak bir evrimsel yaşa sahip olmasıdır. Moleküler çalışmalar göstermiştir ki nematodlar böceklerden yüzlerce milyon yıl önce ortaya çıkmışlardır. Derin deniz diplerinde yaşayan türler üzerine yapılan çalışmalar sonucunda nematodların karada yaşam başlamadan önce çeşitlendiklerini göstermiştir (Neher ve Powers, 2005).

Nematodların topraktaki başarılı kolonizasyonlarında fizyolojik adaptasyonlarının rolü büyüktür. Nematodlar suya bağımlı organizmalar olmasına rağmen kuruluk, donma gibi koşullarda kriptobiyotik evreye geçebilir. Şartlar düzelinceye kadar bu evrede kalırlar. Anhidrobiyotik başarı gösterenler, nem eksikliğinde hayatta kalmayı başarabilmektir. Bu başarı, su oranının yavaş hızda düşmesine bağlıdır.

Aksi takdirde kutikulanın geçirgenliği bozulur. Nematodların ne kadar süre bu nem yokluğuna dayanabildikleri bilinmemektedir. Ancak, buğday gal nematodu *Anguina tritici* (Steinbuch, 1799)'ye ait örneklerin 30 yıldan daha uzun süren bir anhidrobiyosis evresi sonunda tekrar canlandıkları bildirilmiştir (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlar oksijen basıncı %5'in altına düştüğünde enerji kaynağını değiştirir. Örneğin *Aphelenchus avenae* Bastian, 1865 aerobik koşullarda yağlarını, anaerobik koşullarda ise glikojenini kullanır (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlarda hidrostatik iskelet sadece hareketi sağlamaz. Ayrıca sodyum, kalsiyum, magnezyum ve/veya potasyum iyonları içeren çözeltilerin kademeli değişen konsantrasyonlarına karşı cevap oluşturmak üzere vücudun genişleyip daralmasını sağlar. Bunların haricinde, nematodlar geniş bir pH aralığını tolere edebilir, bazı türler kuvvetli asitik ve bazik koşullara (pH 1.6-11.0) karşı koyabilir (Neher ve Powers, 2005).

Nematodların sıcaklık toleransı da aynı değerde dikkat çekicidir. Kaplıca sularında diğer metazoonlardan daha yüksek sıcaklıklara dayanabilen nematodlar mevcuttur. *Aphelenchoides parietinus* (Bastian, 1865) şili'de 58 C°'lik, Yeni Zellanda'da ise 61 C°'lik bir kaplıcadan elde edilmiştir. Bu gibi fizyolojik uyumlar nematodların ancak birkaç hayvan türünün yaşayabileceği ortamlarda hayatta kalmasına, yayılmasına, türler arası rekabetten ve baskıdan kurtulmasına imkan sağlamıştır (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlar, diğer organizmalarla olan ilişkilerinde rakip, fırsatçı, parazit, konak, predatör veya av olabilir. Nematodlar, bakteri kaynaklarının kullanılması konusunda protozoonlara iyi bir rakip veya böceklerle foretik olarak kendilerini taşıtan bir fırsatçı olabilirler. Bitkilerde ya da hayvan dokularında parazitik yaşam sürdürenler de mevcuttur. Simbiyotik ilişki kurdukları bakteriler sayesinde böcekleri öldüren patojen nematodlar (entomopatojen nematodlar) vardır. Bazen de bir nematod bir fungus için bir konak olabilir. Aynı zamanda, besin zincirinin ortasında yer alarak kendinin üstündeki tüketiciler için bir avdır. Örneğin bir akar günde büyük iki nematodu ya da küçük birkaç nematodu tüketebilir (Neher ve Powers, 2005).

Nematodlar direkt olarak bozulan organik maddeyle değil onun üzerinde gelişen bakteri, fungus veya alglerle beslenirler (Neher ve Powers, 2005).

### **Nematodların Böceklerle İlişkileri**

Nematodlar eklembacaklılarla farklı ilişkiler içine girerler. İlişki şekilleri temel olarak 4 gruba ayrılabilir. 1- Foretik ilişki (nematod konağına kendini taşıtır), 2- Nekromenik ilişki (nematod konak kadavra üzerinden beslenir), 3- Zorunlu parazitik ilişki ve 4- Fakültatif parazitik ilişki (Dillman vd., 2012).

Forezis, bir kommensalizim ilişki tipidir. Bu ilişkide böcek, nematodu sadece bir yerden başka bir yere taşımaktadır. Genellikle aynı habitatı paylaşan nematod ile böcek arasında gerçekleşir. Nematodlar sınırlı yayılım gücüne sahip hayvanlardır. Böceklerle foretik ilişki kurarak yeni habitatlara yayılımlarını sağlar, yeni ve bol kaynaklara ulaşırlar (Poinar, 1983; Giblin, 1987). Daha önceki çalışmalarla Rhabditida, Diplogasterida, Aphelenchida, Tylenchida ve Strongylida ordolarında nematodların foretik ilişkiler kurdukları gösterilmiştir. Foretik ilişki kuran nematodlar, böceklerle yayılımlarını dauer larva döneminde gerçekleştirir. Bu evre nematod, uygun olmayan çevre koşullarında (yüksek populasyon yoğunluğu, besin kıtlığı gibi) hayatta kalma ve yayılabilme özelliğine sahiptir. Dauer larvanın doğal açıklıkları kapalıdır, beslenmez ve çevresel strese karşı yüksek toleransa sahiptir. Ayrıca, depo enerjisini kullanarak diğer evre nematodlardan çok daha uzun yaşayabilir (Okumura vd., 2013).

Bazı nematodlar (Rhabditida ve Diplogastidae) konağının üzerinde onun ölmesini bekler ve öldükten sonra ondan beslenir, bu duruma nekromeni denir. Nekromeni ve forezis benzer özelliklere sahiptir, her iki ilişki tipinde de nematod, konağını yayılmak için bir araç olarak kullanır. Ancak, nekromenik nematodlar konaklarını terk etmezler ve öldükten sonra beslenmek için de kullanırlar (Okumura vd., 2013).

Zorunlu parazitlikte bir nematod hayat döngüsünü tamamlamak için mutlak bir konağa ihtiyaç duyar. Mermithidae, Tetradonematidae, Allanonematidae, Sphaerulariidae, Entaphelenchidae, Parasitodiplogasteridae, Oxyuridae, Rhabditidae, Carabonematidae, Aphelenchoididae ve Syrrhonematidae nematod familyalarında bu tip ilişkiye rastlanılmaktadır (Giblin, 1987). Fakültatif ilişkilerde

ise nematod, hayatının belirli bir dönemini konakçısından bağımsız olarak geçirir. Ne zamanki çevresinde konakçısıyla karşılaşır, o zaman parazitik yaşam döngüsü başlar (Kaya ve Koppenhöfer, 1999).

Omurgasız canlılarla ilişkili ilk parazitik nematod kaydı bir arıya aittir. Reaumur, 1742 yılında kraliçe *Bombus Latreille* arılarının vücut boşluğunda nematodlara rastlamıştır. O an için ne olduğunu anlayamadığı nematodları tuhaf yapılar olarak kaydetmiş ve çizmiştir. Daha sonra bu nematod *Sphaerularia bombi* (Dufour, 1837) olarak tanımlanmıştır (Poinar, 1983). İlerleyen zamanda yapılan araştırmalar nematodların, farklı familyalara ait toprak kazıcı arılarla yakın ilişki içinde olduğunu göstermiştir. Arılarla nematodlar arasındaki bu ilişki şeklinin çoğunlukla foretik olduğu bildirilmiştir (Altenkirch, 1962; Giblin ve Kaya, 1983a; Giblin ve Kaya, 1983b; Giblin ve Kaya, 1984a; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin vd., 1984; Giblin-Davis vd., 1990; Giblin-Davis vd., 1993; Giblin-Davis vd., 2005; Kanzaki, 2006; Hazir vd., 2007; Hazir vd., 2010; Kanzaki vd., 2010a, 2010b, 2015; McFrederick ve Taylor, 2013).

### **Arıların Genel Özellikleri**

Arılar; Hymenoptera (Zarakanatlılar) takımında, Apoidea üst familyasını oluşturan böceklerdir. Vücut kıllarının dallı oluşu, arka basitarsusların genişlemiş olması, proboscis'in genellikle uzun olması, dişilerde vücudun değişik yerlerine lokalize olmuş polen toplama aygıtının bulunması, larvalarının çiçek tozu veya çiçek tozu-nektar karışımıyla beslenmesi, kendilerine benzeyen diğer böcek gruplarından ayrılma ve kolaylık sağlayan özellikleridir (Michener, 2007).

Hymenoptera ordosunda erkekler tipik olarak haploit, dişiler ise diploittir. Sosyal yaşayanlarda kraliçeler bir ya da daha fazla erkekten aldığı spermleri spermatekasında depolar. Kraliçeler yavruların cinsiyetini mükemmel bir şekilde kontrol eder. Dişi oluşturmak için spermatekadan ovidukta bırakılan sperm yumurtayı döleyerek diploid yumurtayı meydana getirir. Gelişen larva çevresel koşullara bağlı olarak verimli kraliçeyi ya da kısır işçi arıyı oluşturur. Erkek birey için kraliçe, ovidukta sperm akışını engeller, yumurta haploid olarak gelişir (Gadagkar, 2004).

Arılar hayat döngüsü içerisinde yumurta, larva, pupa ve ergin dönemler geçirir. Bir dişinin oluşturabileceği yumurta sayısı arı gruplarına göre değişir. Bazı soliter türler için bu sayı 8 ya da daha az iken; eusosyal arılardan bazıları bir milyondan fazla yumurta bırakabilir. Yumurtalar genellikle yuvaya depolanan besin üzerine bırakılır, larva çıktığında bu besini kullanır. Larva 4 evre geçirir. Son larval döneme prepupa denir. Pupalar oldukça narindir, uzun elverişsiz koşullara dayanıksızdır ve gelişim süreci çok hızlıdır (Michener, 2007).

Arıların, sphecoid vasplar ya da apoid vasplar diye adlandırılan avcı vasplar'dan türedikleri düşünülmektedir. Bu yüzden arılar aslında “vejeteryan vasplar”dır (Danforth vd., 2013).

Bu canlılar günümüzden yaklaşık olarak 110-140 milyon yıl önce orta-kretase döneminde çiçekli bitkilerin çeşitlenmeye başlamasının ilk evrelerinde ortaya çıkmışlardır. Arılar, yaklaşık olarak 20.000, angiospermiler ise yaklaşık 250.000 tanımlanmış türe sahiptir. Bunlar yeryüzünde birlikte evrimleşmiş en başarılı ve en hayret uyandırıcı canlı grubudur (Danforth vd., 2013). Ayrıca arılar polinatörler arasında tür çeşitliliği en fazla olan gruplardan birisidir (Engel, 2001).

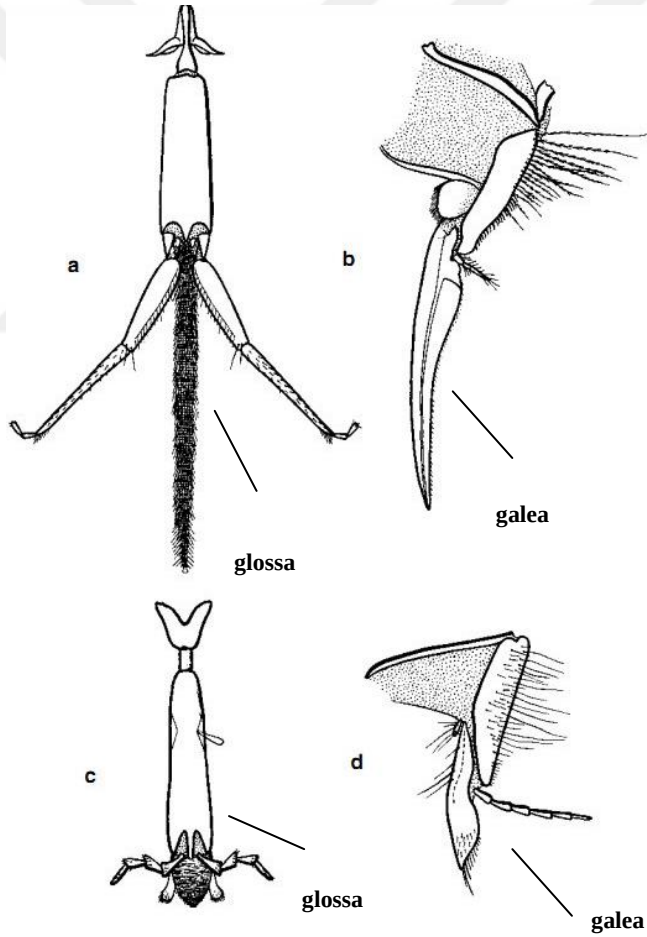
Arılar, büyük ekonomik öneme sahiplerdir. Bu hayvanlar, en önemli yabanıl ve kullanılabilir tarımsal polinatörlerdir. İnsan besininin tahminen üçte biri öncelikli olarak arılar tarafından gerçekleştirilen polinasyona bağımlı olan meyveler, sebzeler ve kabuklu yemişlerden oluşmaktadır (Danforth vd., 2013). Genel görüş arıların çok sayıda bitki türünün tozlaşmasını sağlamada ilk sırada yer aldığıdır (Silveira vd., 2002).

Ülkemizin iklim koşulları ve topografik yapısı, bitki örtüsünü zengin kıldığı gibi, arı türlerinin de çok sayıda olmasına olanak sağlamıştır. Ülkemizde arı türlerinin sayısı 2000'i geçmektedir (Özbek, 2002).

### **Arıların Sınıflandırılması**

Yeryüzünde 20.000 civarında arı türü mevcuttur (Engel, 2001). Kriptik türlerin ileri moleküler ve dikkatli morfolojik yöntemlerle analizi bu sayının artmasına neden olabilir (Michener, 2007).

Kirby (1802)' den günümüze kadar arılar ağız parçalarının uzunluğuna göre kısa ve uzun dilli olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Uzun dilli arılarda labial palpusunun ilk iki segmenti uzamış ve düzleşmiştir. Uzamış galeanın oluşturduğu kanal içinde uzamış glossa ileriye-geriye hareket edebilir. Buna karşın kısa dilli arılarda aynı segmentler silindirik ve az ya da çok diğer segmentlere benzerdir. Kısa galea ile kısa kesikli (truncate) ya da akut glossaya sahiptir (Engel, 2001; Michener, 2007) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1.a, b. Uzun dilli bir arının ağız parçaları (*Anthidium atripes*); c,d kısa dilli bir arının ağız parçaları (*Andrena mimetica*) (Michener, 1944).

Stenotritidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae ve Melittidae familyaları kısa dilli arıları; Megachilidae ve Apidae familyaları ise uzun dilli arıları içerir (Michener, 2007).

Michener (2007) arıları şu şekilde sınıflandırmıştır:

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| Regnum       | : Animalia      |
| Phylum       | : Arthropoda    |
| Classis      | : Insecta       |
| Ordo         | : Hymenoptera   |
| Subordo      | : Apocrita      |
| Superfamilia | : Apoidea       |
| Familia      | : Stenotritidae |
| Familia      | : Colletidae    |
| Familia      | : Andrenidae    |
| Familia      | : Halictidae    |
| Familia      | : Melittidae    |
| Familia      | : Megachilidae  |
| Familia      | : Apidae        |

### **Andrenidae**

Andrenidae familyası en büyük arı familyalarından birisidir. Dünya faunasında 4.000'den fazla türü bulunmaktadır (McGavin, 2001).

Bu familya üyeleri Avustralya ve Antartika hariç tüm kıtalarda görülür. Ancak tropik Asya'da neredeyse hiç bulunmaz. Ayrıca, Afrika'da Sahra çölünün güneyinde yalnızca birkaç cins ve türle temsil edilir (Osytsnjuk vd., 2005).

Andrenidae familyası Andreninae, Alocandreninae, Oxaeinae ve Panurginae olmak üzere dört alt familyadan oluşmaktadır (Michener, 2007). Küçük alt familya Panurginae dışında Palaearktik'te yaşayan Andrenidae familyasına ait arıların

çoğu Andreninae üyesidir (Osytsnjuk vd., 2005). Bu alt familya kalabalık cinsi *Andrena* Fab. ile temsil edilir (Michener, 2007).

Andrenidae familyasının esas ayırıcı karakteri her anten dibinde 2 subantennal suturun bulunmasıdır. Labrum uzunluğundan geniştir. Dişilerde, bazen erkeklerde facial fovea mevcuttur. Dişilerde, bazen erkeklerde, pygidial plaka iyi gelişmiştir. Dişilerde prepygidial fimbria iyi gelişmiştir. Skopa, arka tibia ve basitarsusda; ayrıca trochanterlerde ve propodeum kenarlarındadır. Erkek genitalyasında gonobase ve volsella iyi gelişmiştir (Hazır, 2010).

Tüm türler yuvalarını toprağa yapar. Yuvalarını büyük kümeler şeklinde yapanlar olsa da çoğu zorunlu soliterdir. Sadece birkaç tür topluluk oluşturur; iki ya da daha fazla dişi bir yuvayı paylaşır (Osytsnjuk vd., 2005). Topraktaki hücrelerinin iç kısmını parlak bir salgıyla sıvarlar (bazı Panurginae türleri hariç). Dişiler yumurtalarını hücredeki besin topağının üzerine bırakır. Andrenid larvaları kokon örmez (Michener, 2007).

### **Halictidae**

Halictidae, kozmopolit olarak tüm kıtalarda yayılım gösteren, 5000'den fazla türle temsil edilen oldukça büyük bir familyadır (Pesenko vd., 2000). Bazı üyeleri, dünyanın birçok ılıman bölgesinde birey sayısı bakımından diğer arılardan (*Apis* hariç) fazladır (Michener, 2007).

Familyaya ait türler arasında vücut büyüklüğü 3mm'den 16mm'ye kadar değişkenlik gösterebilmektedir. Metalik renklenme göstermeyenlerin vücutları genelde siyahtır. Metalik renklenme gösteren gruplarda ise özellikle baş, toraks ve bazen de abdomen metalik mavi, yeşil ve bronz renktedir (Dikmen ve Çağatay, 2007).

Her antennal sokette bir subantennal suturun varlığı, labrumun genişliğinin boyundan fazla oluşu, stigmanın iyi gelişmiş olması, önemli bir kısmında ön kanadın bazal damarının dışbükey bir kavis teşkil etmesi familyanın karakteristik anahtar özelliklerindendir (Özbek, 1979; Michener, 2007).

Halictidae familyası, Rophitinae, Nomiinae, Nomiodinae ve Halictinae olmak üzere 4 alt familyaya ayrılır. Birçok halictid, toprak altında küçük koloniler

halinde yaşar. Yuvaları homomorfiktir yani birbirine benzer gözlerden meydana gelir (Michener, 2007).

Familya üyeleri soliter yaşamdan bal arılarınıninkine benzeyen gerçek sosyal yaşama kadar pek çok yaşam tipi gösterebilmektedir. Yaşam tipindeki bu çeşitlenme beslenme stratejilerinde de geniş bir yelpaze göstermelerini sağlamıştır. Bu anlamda mesela Rophitinae altfamilyası üyeleri gibi bazı türler sadece belli grup bitkilerden polen toplamaya özelleşmiştir. Öteki yandan pek çok Halictinae altfamilyası üyelerinin bitki tercihleri daha geniştir (Dikmen ve Çağatay, 2007).

Ülkemizde yaklaşık 200 Halictidae türü bulunmaktadır (Dikmen ve Çağatay, 2007).

### **Arılarla Foretik İlişkili Nematodlar**

Foretik nematodlar, konakçı olan ergin arının vücudunda dauer juvenil evresinde seyahat eder, larvalar arının besin erzağı üzerinde gelişen bakteri ya da funguslar üzerinden beslenir. Nematod yayılım gücünü artırırken, arı bu ilişkiden ne yarar ne de zarar görür. Nematodlar ile arıların hayat döngüleri senkronizedir (Giblin-Davis vd., 1990).

Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae ve Apidae (Anthophorini, Xylocopini) familyası arıların farklı tür nematodlarla foretik ilişkiler kurdukları bilinmektedir (Altenkirch, 1962; Giblin ve Kaya, 1983a; Giblin ve Kaya, 1983b; Giblin ve Kaya, 1984a; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin vd., 1984; Giblin-Davis vd., 1990; Giblin-Davis vd., 1993; Giblin-Davis vd., 2005; Kanzaki, 2006; Hazir vd., 2007; Hazir vd., 2010; Kanzaki vd., 2010a, 2010b, 2015; McFrederick ve Taylor, 2013).

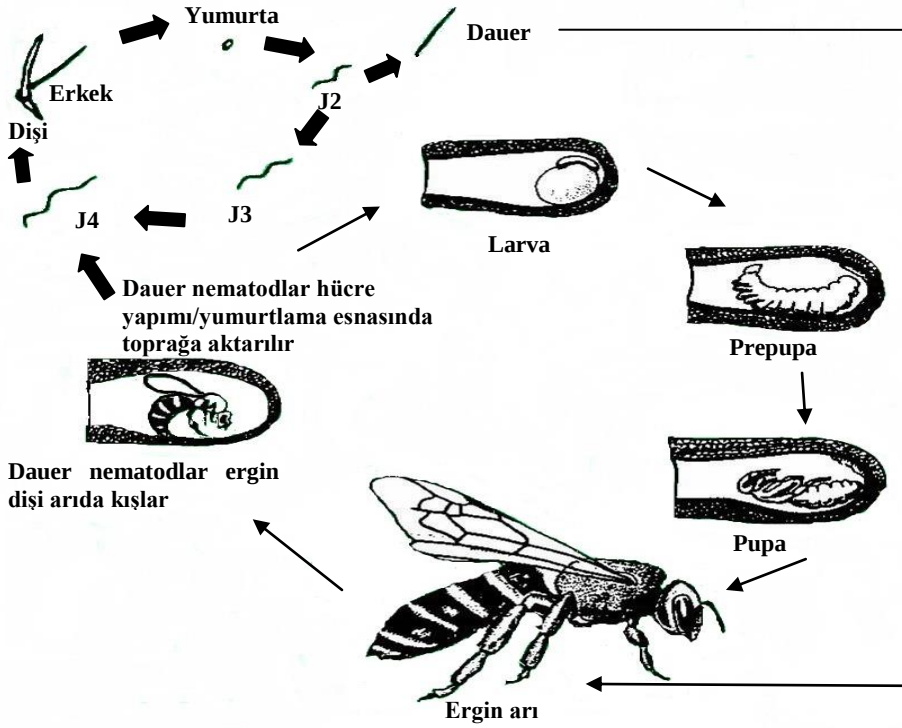
Arılarla foretik ilişkili nematod varlığına ait ilk kayıt Andrenidae familyası mensubu *Andrena vaga* Panzer, *Andrena fulva* Schrank ve *Andrena albicans* Muller dişilerinin abdominal bezlerinde saptanan Diplogasteridae familyasına ait dauer juvenillerdir. Ayrıca arının yuvasında da aynı nematod bulunmuştur (Altenkirch, 1962).

Daha sonra yapılan araştırmalar, *Bursaphelenchus* Fuchs (Ordo: Aphelenchida) cinsine ait 3 nematod türünün (*B. anatolius* Giblin-Davis, *B. debrae* Hazir, *B.*

*kevinii* Giblin), *Acrostichus* Rahm (= *Aduncospiculum* Giblin ve Kaya) (Ordo: Rhabditida) cinsine ait 3 nematod türünün (*A. halicti* Giblin ve Kaya, *A. megaloptae* Kanzaki, *A. puri* Kanzaki) ve *Ditylenchus* Filipjev (Ordo: Tylenchida) cinsine ait bir nematod türünün (*Ditylenchus halictus* Giblin-Davis) Halictidae familyası arılarla foretik ilişki kurduğu gösterilmiştir (Giblin vd., 1984; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin-Davis vd., 1990; Hazır vd., 2007; Giblin-Davis vd., 2010; Hazır vd., 2010; Kanzaki vd., 2010a, b; McFrederick ve Taylor, 2013).

*Allodiplogaster* Paramonov ve Sobolev (= *Koerneria* Meyl) (Ordo: Rhabditida) cinsine ait bir türün (*A. seani*, Kanzaki) ise Andrenidae familyası arılarla foretik ilişkili olduğu ortaya konmuştur (Kanzaki vd., 2015). Genellikle Coleoptera ordosu böceklerle ilişkili olduğu bilinen *Pristionchus maupasi* (Potts) türünün *Andrena optata* Warncke (Fam: Andrenidae) türü arıyla foretik ilişkili olduğu ise yakın zamanda gösterilmiştir (Hazır vd., 2015).

Halictidae familyası dişi arıların Dufour bezi, zehir kesesi, bursa kopulatriks, ovidukt, ovipositor yapılarında; erkek arıların genital kapsüle ait yapılarında nematod varlığı gösterilmiştir (Şekil 1.2.). Buna karşın Andrenidae familyası arıların sadece dişilerinin abdominal bezlerinde foretik nematod varlığı belirlenmiş, erkek arılarda nematoda rastlanılmamıştır (Hazır, 2006). Dişi arı, ovulasyon (yumurta bırakımı), hücre yapımı ve/veya besin depolama esnasında juvenil nematodları topraktaki yuvasına aktarır (Giblin ve Kaya, 1983b; Giblin ve Kaya, 1984a; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin-Davis vd., 1990; Giblin-Davis vd., 1993; Giblin-Davis vd., 2005). Nematod bulunduran erkek arıların bu ilişkideki rolü henüz açığa kavuşmamıştır. Foretik konakları arasında nematodların veneral (çiftleşme esnasında) bulaşımı olabileceği düşünülmüş ancak deneysel olarak gösterilememiştir (Giblin vd., 1981; Giblin, 1985). Yapılan çalışmalarda nematod belirlenen Halictidae familyasına ait arı tür sayısı 22 olarak bildirilmiştir (Giblin vd., 1984; Giblin ve Kaya, 1984a; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin-Davis vd., 1990; Hazır, 2006; Kanzaki vd., 2010a, b; McFrederick ve Taylor, 2013). Bunlardan 12 tanesi Türkiye'ye ait kayıttır (Hazır, 2006).



Şekil 1.2. Arılar ile nematodlar arasındaki ilişki (Giblin-Davis vd., 1990).

Andrenidae familyası arılarla foretik ilişkili nematodlar, arı yuvalarına abdominal bezlerinde taşınmaktadır (Giblin-Davis vd., 1990). Dişi arı, arka bacaklarıyla abdomenlerinin yanlarına vurduğunda oluşan baskıyla bezlerdeki salgı dışarıya çıkar (Altenkirch, 1962). Bu salgı polen tanelerinin skopaya tutunmasını sağlar. Böylece nematodlar polen yığınlarıyla birlikte yuvaya aktarılır (Giblin-Davis vd., 1990). Günümüze kadar nematod belirlenen Andrenidae familyasına ait arı tür sayısı 7 olarak bildirilmiştir (Giblin-Davis vd., 1990; Hazır, 2006; Kanzaki vd., 2015). Bunlardan 6 tanesi Türkiye’den bildirilmiştir (Hazır, 2006).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Arılarla ilişkili parazitik olmayan nematod varlığı ilk defa Altenkirch (1962) tarafından bildirilmiştir. Almanya'nın çeşitli bölgelerinden toplanan *Andrena* Fabricius cinsi (Andrenidae) kum arılarının dişilerinin abdominal bezlerinde Diplogasteridae familyasına ait nematodlara rastlanılmıştır (Altenkirch, 1962).

Batra (1980), Amerika Birleşik Devletleri'nden topladığı *Colletes thoracicus* Smith, *Colletes inaequalis* Say ve *Colletes validus* Cresson dişilerinin Dufour bezlerinde tanımlanmamış juvenil nematod varlığını bildirmiştir.

Giblin ve Kaya (1983a), *Bursaphelenchus seani* nematod türünü toprak kazıcı arılardan *Anthophora bomboides stanfordiana*'dan (Apidae) izole etmiş ve tanımlamıştır.

Giblin ve Kaya (1984a), *Aduncospiculum halicti* türünü, Amerika Birleşik Devletleri'nden toplanan *Halictus farinosus* Smith ile *Halictus ligatus* Say dişi arıların Dufour bezinden ve *Halictus ligatus* erkeklerinin penisinde belirlemiştir.

Giblin-Davis vd. (1984), *Bursaphelenchus kevini* nematod türünü Amerika Birleşik Devletleri'nde toplanan *Halictus farinosus* Smith türü arı dişilerinin üreme sisteminden izole etmiş ve tanımlamıştır.

Giblin-Davis vd. (1990), *Koerneria* cinsine ait bir nematod türünün dauer juvenillerini *Colletes thoracicus* dişilerinin Dufour bezlerinde tespit etmiştir.

Giblin-Davis vd. (1993), *Bursaphelenchus abruptus* türü nematodun *Anthophora abrupta* Say türü arılarla ilişkili olduklarını göstermiştir. Erkek arıların genital kapsülleri ve/veya kopulasyon organları, dişi arıların ise lateral ve medyan oviduktları, bursa kopulatriks, dufour bezleri ve/veya zehir keselerinin bu nematodla kaplı olduğu bildirilmiştir.

Giblin-Davis vd. (2005), Türkiye'den toplanan *Halictus Latreille* cinsine ait dişi arıdan izole ettikleri nematoda *Bursaphelenchus anatolius* ismini vermiştir.

Hazir vd. (2007), Türkiye’den toplanmış *Halictus brunnescens* Eversmann türü dişi arının zehir kesesinden elde ettiği nematodların yeni bir tür olduğunu tespit etmiş ve *Bursaphelenchus debrae* olarak tanımlamıştır.

Hazir vd. (2010), toprak kazıcı arılarla ilişkili nematodlar konusunda Türkiye’de yürütülmüş en kapsamlı çalışmayı gerçekleştirmiştir. Farklı familyalara ait 9456 arı örneğini incelemiş ve 173 dişi arıdan ve 22 erkek arıdan nematod izolatu elde etmiştir. Halictidae, Andrenidae ve Melittidae familyası arılardan izole edilen nematodların arılarla foretik ilişki içerisinde olduklarını göstermiştir.

Giblin-Davis vd. (2010), Almanya’dan toplanmış *Halictus sexcinctus* Fabricius dişilerinin ve erkeklerinin genital bölgesinden ilk kez *Ditylenchus* Filipjev, cinsine ait foretik bir nematod belirlemiştir. Bu nematod *Ditylenchus halictus* olarak isimlendirilmiştir.

Hazir vd. (2015), Daha önceleri sadece Scarabeidae (Coleoptera) familyası böceklerle foretik ilişkisi bilinen *Pristionchus maupasi* türü nematodun *Andrena* cinsi arılarla benzer bir ilişki kurduğunu göstermiştir.

Kanzaki (2006), Japonya’dan topladığı *Xylocopa appendiculata circumvolans* (Smith),türü dişi arının oviduktunda yeni bir nematod türü belirlemiş ve *Aphelenchoides xylocopae* olarak tanımlamıştır. Bu tespit Xylocopini (Apidae) arılarla foretik ilişkisi saptanan ilk ve tek nematod türü olması açısından önemlidir.

Kanzaki vd. (2010a,b), Halictidae familyası arılarla foretik ilişki kuran *Acrostichus puri* ve *Acrostichus megaloptae* olmak üzere iki yeni nematod türü tanımlamıştır.

Kanzaki vd. (2015), Amerika Birleşik Devletleri’nden toplanan *Colletes thoracicus* (Colletidae) ve *Andrena alleghaniensis* (Andrenidae) türü arılardan yeni nematod türleri izole etmiş, bunları sırasıyla *Allodiplogaster josephi* ve *A. seani* olarak tanımlamıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışmada Kullanılan Organizmalar

-Halictidae familyası arılar

-Andrenidae familyası arılar

-Arılardan izole edilen nematodlar

-*Xenorhabdus bovienii* (*Steinernema feltiae* türü entomopatojen nematodlardan izole edildi).

-*Photorhabdus luminescens kayaii* (*Heterorhabditidis bacteriophora* türü entomopatojen nematodlardan izole edildi).

*Xenorhabdus bovienii* ve *Photorhabdus luminescens kayaii* kültürleri Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Omurgasız Hayvanlar laboratuvarından temin edilmiştir.

-*Monilinia fructicola*

-*Botrytis cinerea*

*Monilinia fructicola* ve *Botrytis cinerea* kültürleri Amerika Birleşik Devletleri Florida Üniversitesi Fort Lauderdale Research and Education Center'dan Prof. Dr. Robin M. Giblin-Davis'den sağlanmıştır.

*Escherichia coli* kültürü Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji laboratuvarından temin edilmiştir.

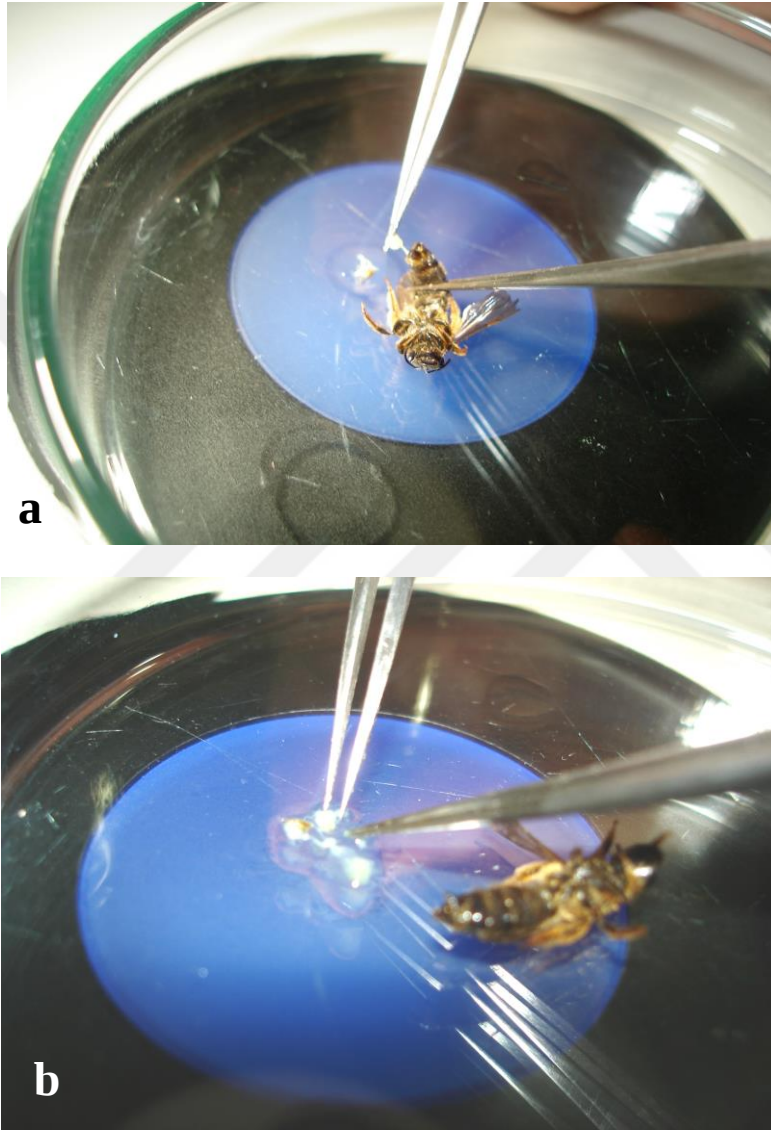
#### 3.2. Arı Örneklerinin Toplanması

Bu çalışmada 2013-2014 yılları Nisan-Eylül ayları arasında Ege ve Akdeniz bölgelerinden örnekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bölgenin çiçeklenme dönemi farklı zamanlarda başlamakta ve bitmekte olduğundan yıl içerisindeki uygun zamanlarda kırsal alanlara arazi çalışması yapılarak çiçekli bitkiler üzerinden toprak kazıcı arı örnekleri alınmıştır. Arılar hem atrap hem de ağız

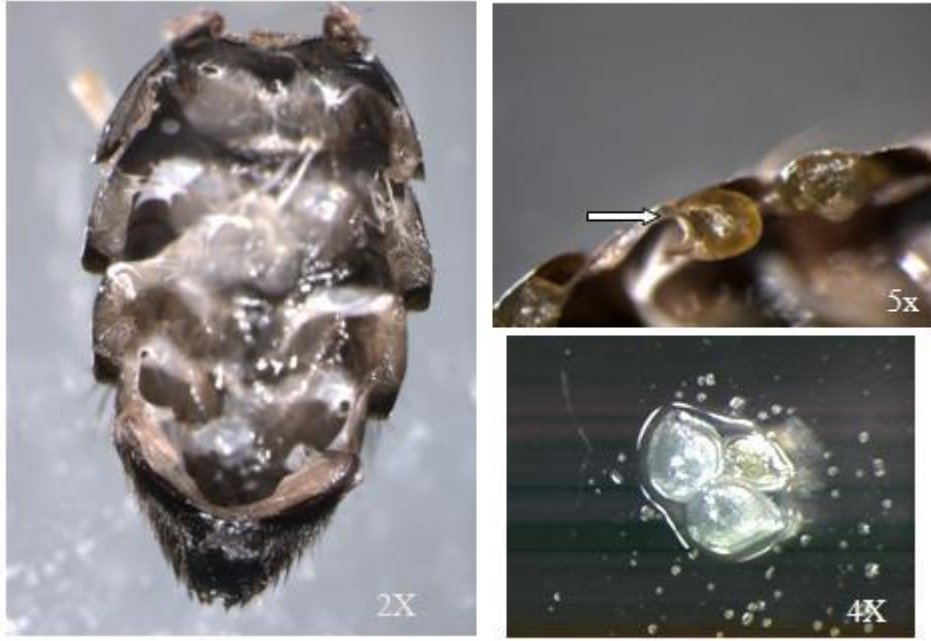
aspiratörleri yardımıyla toplanmıştır. Bu esnada bölgenin GPS koordinatları ve bölge adresi kaydedilmiştir. Plastik kavanozlar içerisine alınıp, etiketlenen örnekler büyük buzluklar içerisinde tutularak laboratuvara getirilmiştir (Hazir vd., 2010).

### **3.3. Arıların Diseksiyonu ve Nematodların İzolasyonu**

Laboratuvara getirilen arı örnekleri önce familyalarına göre ayrılmış, daha sonra da içlerinde nematod olup olmadığının belirlenmesi amacıyla diseksiyon mikroskopları altında çok ince uçlu pensler yardımıyla iç organları dışarı çıkarılarak incelenmiştir (Şekil 3.1.). Andrenidae familyası dışı arılara özgü abdominal bezler de nematod açısından kontrol edilmiştir. Bu amaçla arıların abdomenleri pens yardımıyla torakstan koparılmış ve ikiye ayrılmıştır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci tergitlesternitlerle birleşme bölgelerinde her iki tarafta yer alan ve toplamda 6 tane abdominal bez pens yardımıyla patlatılmadan Ringer's solusyonu içine aktarılmıştır. Bezler parçalanarak nematod varlığı açısından incelenmiştir (Şekil 3.2.) Nematod varlığı açısından pozitif olan örneklerde nematodun arının hangi organına yerleştiği ve sayısının kaç tane olduğu tespit edildikten sonra nematodlar ince uçlu yakalama çubukları aracılığıyla alınarak Ringer's çözeltisine aktarılmıştır. Burada da nematodların bir kısmı DNA analiz tüplerine, geri kalanı ise *in vitro* olarak üretilmeleri amacıyla uygun besi ortamlarına aktarılmıştır. İçerisinde nematod saptanan arı örnekleri etiketlenerek böcek kutuları içerisinde saklanmıştır.



Şekil 3.1. (a,b). Arıların mikroskop altında diseksiyonu ve iç organlarının nematod varlığı açısından incelenmesi.



Şekil 3.2. Andrenidae familyası dişi arılarda abdominal bezler.

### 3.4. Nematodların *in vitro* Koşullarda Kültürasyonu

Arılardan izole edilen nematodların bir kısmı farklı besi ortamlarına aktararak yapay ortamda üretme çalışmaları denenmiştir.

Fungusla beslenen nematodlar için LGPDA (%25 laktik asit ve %5 gliserol ilaveli Potato Dekstroz Agar) besi ortamında *Monilinia fructicola* kültürü, PDA ortamında *Botrytis cinerea* kültürü hazırlanmıştır (Giblin-Davis vd., 2005). Arılardan izole edilen dauer juvenil nematodlar 1 ya da 2 haftalık *M. fructicola* kültür petrilerine inoküle edilmiştir. Petriler nematod gelişimi ve üremesi olana kadar oda sıcaklığında (23-25°C) bekletilmiştir. Üreme gözlenen ortamlar her 4 haftada bir yenilenmiştir (Hazır, 2006).

Bakteri ile beslenen nematodlar için agar ilaveli Tryptic Soy Broth (TSB) ve Nutrient Agar ortamında hazırlanmış bakteri (*Escherichia coli*, *Xenorhabdus* sp. ve *Photorhabdus* sp.) kültürleri ile Water Agar kullanılmıştır.

### 3.4.1 Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Potato Dekstroz Agar (PDA) (MERCK)

Laktik asit %90 (MERCK)

Gliserol (Emir Kimya)

Tryptic Soy Broth (TSB) (MERCK)

% 2 Water Agar (MERCK)

Nutrient Agar (MERCK)

Ringer's solüsyonu: (9 g NaCl, 0.4 g KCl, 0.4 g CaCl<sub>2</sub>, 0.2 g NaH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 1 litre distile su).

### 3.5. Morfometrik Analizler

Morfometrik analizler için izole edilen nematodların bir bölümü kalıcı preparat halinde hazırlanmıştır. Preparat hazırlama Kaya ve Stock, (1997)'a göre yapılmıştır. Ölçümlerde bilgisayar bağlantılı, görüntülü mikroskop ve Leica IM50 ölçüm modülü kullanılmıştır.

Morfometrik ölçümlerde kullanılan bazı karakterler: toplam vücut uzunluğu, maksimum vücut genişliği (dişilerde vulvadaki vücut genişliği), başın özafagus kaidesine olan uzaklığı, kuyruk uzunluğu, anüs genişliği, stylet uzunluğu (Aphelenchida ordosu için), "a" oranı (toplam vücut uzunluğunun maksimum vücut genişliğine oranı), "b<sub>1</sub>" oranı (toplam vücut uzunluğunun özofagus uzunluğuna oranı), "c" oranı (toplam vücut uzunluğunun kuyruk uzunluğuna oranı), "c' " oranı (toplam vücut uzunluğunun anüs genişliğine oranı) dır. Erkek nematodlar için spikül uzunluğu göz önüne alınmıştır. Ayrıca diş nematodlar için vulva ile anüs arasındaki mesafe ölçülmüştür (Hazır vd., 2007).

### 3.6. Moleküler Analizler

Gerçekleştirilen çalışmada DNA izolasyonu yapılacak nematod örnekleri, 5 µl 1XTE (10 mM Tris, 1 mM EDTA pH= 7.5 ) çözeltisi içeren ependorf tüplerine

aktarılmıştır. Bazı izolatlarda dauer juvenil evredeki nematodlar arıdan izole edildiği anda DNA tüpüne aktarılmıştır. Ancak besi ortamında üredikten sonra aktarılan nematodlar tüplere karışık evrelerde (juvenil, erkek, dişi) konulmuştur. PCR'la yeterli DNA amplifikasyonu için minimum 10 ile 20 arası nematod kullanılmıştır. Nematod örneklerini içeren tüpler, DNA ekstraksiyonuna kadar -20°C'de saklanmıştır (Burgermeister vd., 2005). Moleküler yöntemler kullanılarak teşhislerinin yapılması amacıyla örnekler Prof. Dr. Robin Giblin-Davis (Fort Lauderdale Research and Education Center, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, ABD)'e gönderilmiştir.

Nematodların moleküler analizinde rRNA 28S büyük alt biriminin D2D3 gen bölgesi sekans analizi, küçük alt ünite (SSU) dizi analizleri ve mitokondriyal sitokrom oksidaz I (mtCOI) dizi analizleri kullanılmıştır (McFrederick ve Taylor, 2013; Kanzaki vd., 2015). Moleküler amplifikasyonlar, sekanslama, dizileme ve analizler Kanzaki ve Futai (2002) ile Ye vd., (2007)'ye göre yapılmıştır.

### **3.7. Arı Teşhisleri ve Saklanması**

Nematod izole edilen arı örnekleri iğnelenerek özel olarak yapılmış, tabanı torf döşeli tahta kutular içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.3.). Kutu içerisine yerleştirilen örneklere izole edilen nematodun kodu, toplandığı yer, tarih gibi bilgileri taşıyan etiketler tutturulmuştur. Arı örnekleri stereomikroskop altında familya ve cinslere göre gruplandırılmıştır. Arıların teşhisleri Doç. Dr. Canan Hazır tarafından yapılmıştır. Örnekler Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Türkiye Yaban Arıları Müzesinde saklanmaktadır.



Şekil 3.3. Bir *Andrena* arısının iğnelenerek müze materyali olarak hazırlanması (7.5x).

#### 4. BULGULAR

Arazi çalışmaları sonucunda Halictidae ve Andrenidae familyalarına ait 601 toprak kazıcı arı örneği nematod varlığı açısından araştırılmıştır. Akdeniz bölgesinden 311 ve Ege bölgesinden 290 toprak kazıcı arı bireyi disekte edilmiştir. Toplanan polinatör arıların disekte edilmesiyle 44 nematod örneği izole edilmiştir. İzolatların 1 tanesinin Halictidae, 43 tanesinin ise Andrenidae familyasına ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve 4.2).

Nematod açısından pozitif örnekler (44) toplam arı örneğinin (601) %7.49'luk bölümünü teşkil etmektedir.

Çizelge 4.1. Arı örneklem sayısının, nematod varlığı yönünden pozitif olan familyalara ve coğrafik bölgelere göre dağılımı

| COĞRAFİK BÖLGELER | ARI ÖRNEKLEM SAYISI | POZİTİF ARI FAMILİYALARI VE İZOLAT SAYILARI |            | POZİTİF SAYI |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------------|------------|--------------|
|                   |                     | Halictidae                                  | Andrenidae |              |
| AKDENİZ           | 311                 | 1                                           | 37         | 38           |
| EGE               | 290                 | 0                                           | 6          | 6            |
| TOPLAM            | 601                 | 1                                           | 43         | 44           |

Elde edilen nematodlardan 42 tanesi, Halictidae ve Andrenidae familyasına ait toprak kazıcı arılarla foretik ilişkili oldukları tespit edilmiştir. İki nematod örneği ise Mermithidae familyasına ait parazitik nematod olarak belirlenmiştir. 07-14 izolatı *Andrena* cinsine ait bir erkek arının abdomeninden, 17-108 numaralı izolat ise bir dişi arının abdomeninden elde edilmiş parazitik nematodlardır.

Çizelge 4.2. Nematod varlığı açısından pozitif çıkan tüm örnekler

| İZOLAT KODU | BÖLGE   | ARI FAMILİYASI | ARI CİNSİYETİ | ARI VÜCUT BÖLGESİ | NEMATOD SAYISI      | KÜLTÜR ORTAMI                                                           |
|-------------|---------|----------------|---------------|-------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 09-17       | Ege     | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 50 Dauer            | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br><i>Xenorhabdus</i> ,<br>Water Agar         |
| 09-25       | Ege     | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 40 Dauer            | Water Agar,<br><i>Xenorhabdus</i>                                       |
| 09-35       | Ege     | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 2 Dauer             | Water Agar<br>Üreme başarılı                                            |
| 09-78       | Ege     | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 4 Dauer             | Water Agar                                                              |
| 09-101      | Ege     | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 1 Dauer             | Bir miktar polenle Water Agar                                           |
| 09-148      | Ege     | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 22 Dauer            | Water Agar,<br><i>Photorhabdus</i>                                      |
| 07-05       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 85 Dauer            | <i>Escherichia coli</i> (NA)                                            |
| 07-10       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 7 Dauer             | Water Agar                                                              |
| 07-12       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 65 Dauer            | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                 |
| 07-13       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 125 Dauer           | Water Agar,<br><i>Escherichia coli</i> (NA)                             |
| 07-14       | Akdeniz | Andrenidae     | Erkek         | Abdomen           | 2<br>Mermithidae    |                                                                         |
| 07-18       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 49 Dauer            | Water Agar,<br><i>Escherichia coli</i> (NA)                             |
| 07-19       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 60 Dauer            | Water Agar,<br><i>Escherichia coli</i> (NA)                             |
| 07-21       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 100'den fazla Dauer | Water Agar,<br><i>Escherichia coli</i> (NA)                             |
| 07-22       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 28 Dauer            | Water Agar,<br><i>Escherichia coli</i> (NA)                             |
| 07-23       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 180 Dauer           | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar<br><i>Escherichia coli</i> (NA) |
| 07-28       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 127 Dauer           | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar<br><i>Escherichia coli</i> (NA) |

Çizelge 4.2. Nematod varlığı açısından pozitif çıkan tüm örnekler( devamı)

| İZOLAT KODU | BÖLGE   | ARI FAMILİYASI | ARI CİNSİYETİ | ARI VÜCUT BÖLGESİ | NEMATOD SAYISI | KÜLTÜR ORTAMI                                                            |
|-------------|---------|----------------|---------------|-------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 07-32       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 190 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br><i>Escherichia coli</i> (NA),<br>Water Agar |
| 07-34       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 20 Dauer       | Water Agar,<br><i>Escherichia coli</i> (NA)                              |
| 07-35       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 75 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-37       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 23 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-38       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 32 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-57       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 109 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-60       | Akdeniz | Halictidae     | Dişi          | Dufour bezi       | 8 Dauer        | <i>Botrytis cinerea</i>                                                  |
| 07-62       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 138 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-64       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 60 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-71       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 33 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-77       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 155 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-90       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 135 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-92       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 118 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |
| 07-93       | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 39 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ,<br>Water Agar                                  |

Çizelge 4.2. Nematod varlığı açısından pozitif çıkan tüm örnekler( devamı)

| İZOLAT KODU | BÖLGE   | ARI FAMILİYASI | ARI CİNSİYETİ | ARI VÜCUT BÖLGESİ | NEMATOD SAYISI | KÜLTÜR ORTAMI                            |
|-------------|---------|----------------|---------------|-------------------|----------------|------------------------------------------|
| 07-103      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 59 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-105      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 12 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-108      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdomen           | 2 Mermithidae  |                                          |
| 07-127      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 13 Dauer       | Water Agar                               |
| 07-129      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 8 Dauer        | Water Agar                               |
| 07-130      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 38 Dauer       | Water Agar, <i>Escherichia coli</i> (NA) |
| 07-144      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 21 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-145      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 188 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-148      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 43 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-160      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 144 Dauer      | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-162      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 93 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-175      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 63 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |
| 07-178      | Akdeniz | Andrenidae     | Dişi          | Abdominal bez     | 48 Dauer       | <i>Botrytis cinerea</i> ., Water Agar    |

Anıların sadece dişi bireylerinde foretik nematod varlığı saptanmıştır. Andrenidlerin abdominal bezlerinden (Şekil 4.1, 4.2.), bir Halictid örneğinin ise Dufour bezinden elde edilen nematodların dauer evre safhasında oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Dişi bir *Andrena* arısına ait abdominal bezler ve içerisindeki nematodlar.



Şekil 4.2. *Andrena* dişisinin abdominal bezlerinden elde edilen dauer evre nematod.

Elde edilen nematod izolatlarından sadece bir tanesi yapay kültür ortamında üretilbilmiştir. 09-35 kodlu izolat Water Agarda üremiş ve ergin formlarını oluşturmuştur. Farklı pek çok ortam denenmesine rağmen diğer izolatlar için üretim çalışmaları başarısız olmuştur.

*In vitro* kültür ortamında üreyen nematod izolatının (09-35) geçici preparatları hazırlanarak erkek ve dişi bireylerin morfolojik incelemeleri ve morfometrik ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7.) (Çizelge 4.3 ve 4.4.).

Ribozomal DNA'nın küçük alt ünitesi (SSU) dizi analizi (primer dizisi çıktıktan sonra 1658 baz çifti) bu nematod izolatının *Pristionchus* cinsine (Diplogasterida: Diplogastridae) ait olduğunu göstermiştir. Ayrıca mitokondrial sitokrom oksidaz I (mtCOI) dizi analizleride bu nematodun *Mononchoides* (= *Pristionchus*) *maupasi* türüne ait olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.3. 09-35 izolatına ait erkek bireylerin morfometrik ölçümleri ( $\mu\text{m}$ ) (n=20)

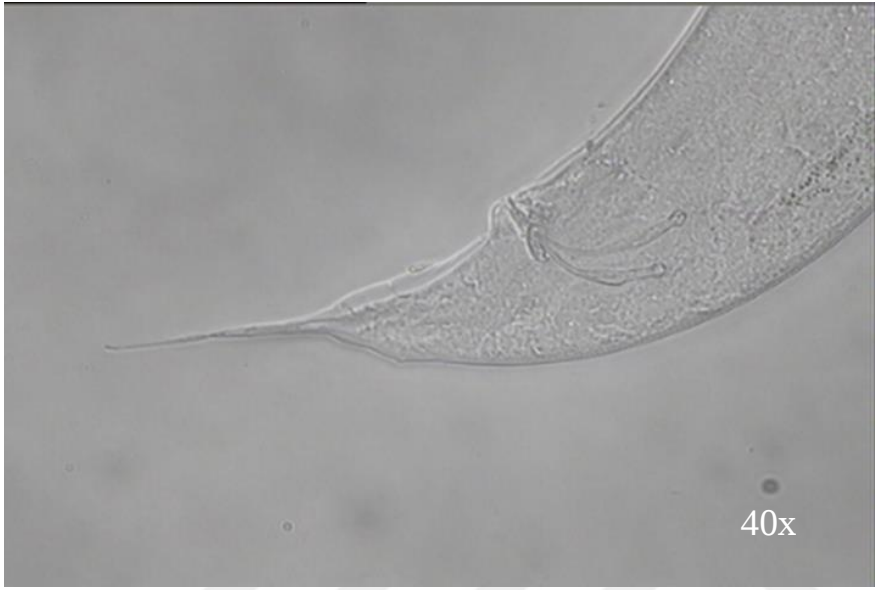
| Erkek # | Kültürün süresi [gün] | Boy [L] | Ağız-kuyruk arası uzunluk [L'] | Genişlik [w] | Stoma genişliği | Stoma yüksekliği | Özofagus [e] | Anterior farinks | Posterior farinks | Anterior boşaltım deliği | Sinir halkası | Spikül uzunluğu | Gubernakulum uzunluğu | Kloak genişliği [abw] | Kuyruk uzunluğu [tl] | a     | b    | c     | c'     |
|---------|-----------------------|---------|--------------------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------|------|-------|--------|
|         |                       |         |                                |              |                 |                  |              |                  |                   |                          |               |                 |                       |                       |                      | L/w   | L/e  | L/tl  | tl/abw |
| 1       | 15                    | 339,94  | 294,74                         | 19,74        | 1,58            | 2,80             | 71,88        | 39,11            | 30,89             | 53,05                    | 50,62         | 21,56           | 7,02                  | 12,89                 | 45,20                | 17,22 | 4,73 | 7,52  | 3,51   |
| 2       | 15                    | 429,78  | 383,11                         | 29,02        | 2,61            | 2,89             | 70,64        | 39,67            | 28,65             | 52,54                    | 46,98         | 20,61           | 7,07                  | 16,12                 | 46,67                | 14,81 | 6,08 | 9,21  | 2,90   |
| 3       | 15                    | 319,43  | 280,03                         | 19,34        | 3,00            | 1,83             | 67,99        | 40,45            | 25,28             | 52,08                    | 46,95         | 22,07           | 6,92                  | 14,21                 | 39,40                | 16,52 | 4,70 | 8,11  | 2,77   |
| 4       | 20                    | 408,96  | 360,56                         | 24,03        | 2,07            | 2,18             | 66,82        | 37,08            | 27,71             | 59,16                    | 58,37         | 23,78           | 7,32                  | 15,75                 | 48,40                | 17,02 | 6,12 | 8,45  | 3,07   |
| 5       | 20                    | 363,89  | 322,37                         | 23,15        | 2,56            | 2,56             | 56,13        | 33,64            | 22,52             | 41,36                    | 41,07         | 22,09           | 7,18                  | 14,15                 | 41,52                | 15,72 | 6,48 | 8,76  | 2,93   |
| 6       | 13                    | 420,72  | 377,48                         | 30,88        | 2,77            | 1,74             | 61,44        | 34,75            | 24,18             | 41,47                    | 40,31         | 18,66           | 6,15                  | 21,07                 | 43,24                | 13,62 | 6,85 | 9,73  | 2,05   |
| 7       | 13                    | 413,78  | 375,62                         | 22,89        | 1,83            | 1,69             | 60,41        | 34,26            | 24,35             | 40,26                    | 42,26         | 18,09           | 6,82                  | 18,50                 | 38,16                | 18,08 | 6,85 | 10,84 | 2,06   |
| 8       | 13                    | 439,42  | 392,99                         | 33,76        | 2,18            | 1,66             | 55,12        | 32,40            | 22,23             | 35,85                    | 42,04         | 19,28           | 6,29                  | 18,35                 | 46,43                | 13,02 | 7,97 | 9,46  | 2,53   |
| 9       | 13                    | 337,15  | 293,39                         | 29,92        | 2,59            | 1,79             | 53,37        | 30,48            | 21,44             | 35,42                    | 37,22         | 19,50           | 6,40                  | 18,58                 | 43,76                | 11,27 | 6,32 | 7,70  | 2,36   |
| 10      | 13                    | 269,08  | 240,40                         | 22,48        | 1,83            | 2,76             | 56,45        | 29,82            | 23,37             | 34,40                    | 44,59         | 15,82           | 5,29                  | 16,66                 | 28,68                | 11,97 | 4,77 | 9,38  | 1,72   |
| 11      | 13                    | 391,30  | 341,85                         | 36,89        | 2,18            | 1,41             | 54,11        | 32,07            | 21,03             | 35,74                    | 39,58         | 21,98           | 6,57                  | 19,86                 | 49,45                | 10,61 | 7,23 | 7,91  | 2,49   |
| 12      | 13                    | 246,12  | 216,07                         | 21,26        | 1,93            | 1,54             | 50,45        | 28,92            | 20,14             | 35,79                    | 35,74         | 16,04           | 6,61                  | 15,83                 | 30,05                | 11,58 | 4,88 | 8,19  | 1,90   |
| 13      | 10                    | 450,12  | 406,12                         | 31,12        | 2,15            | 2,77             | 60,68        | 33,76            | 24,74             | 42,89                    | 43,21         | 16,26           | 6,46                  | 20,64                 | 44,00                | 14,46 | 7,42 | 10,23 | 2,13   |
| 14      | 10                    | 354,43  | 308,48                         | 26,47        | 2,07            | 1,83             | 54,73        | 30,01            | 22,69             | 34,53                    | 42,29         | 20,12           | 6,55                  | 19,21                 | 45,95                | 13,39 | 6,48 | 7,71  | 2,39   |
| 15      | 10                    | 410,43  | 371,07                         | 25,76        | 2,18            | 2,69             | 62,56        | 33,18            | 26,67             | 49,13                    | 47,54         | 20,85           | 6,07                  | 17,64                 | 39,36                | 15,93 | 6,56 | 10,43 | 2,23   |
| 16      | 10                    | 410,83  | 364,80                         | 29,49        | 2,11            | 1,74             | 55,71        | 30,46            | 22,12             | 40,14                    | 38,32         | 21,68           | 7,74                  | 16,48                 | 46,03                | 13,93 | 7,37 | 8,93  | 2,79   |
| 17      | 10                    | 419,66  | 372,73                         | 35,50        | 2,70            | 2,56             | 56,52        | 31,22            | 22,26             | 41,37                    | 42,26         | 20,85           | 6,48                  | 19,14                 | 46,93                | 11,82 | 7,42 | 8,94  | 2,45   |
| 18      | 10                    | 365,57  | 320,67                         | 25,64        | 1,03            | 2,34             | 54,15        | 29,21            | 22,84             | 37,82                    | 41,51         | 19,47           | 6,15                  | 20,03                 | 44,90                | 14,26 | 6,75 | 8,14  | 2,24   |
| 19      | 10                    | 455,17  | 404,58                         | 32,98        | 2,46            | 2,31             | 63,34        | 34,88            | 27,02             | 38,78                    | 48,24         | 20,99           | 6,82                  | 19,34                 | 50,59                | 13,80 | 7,19 | 9,00  | 2,62   |
| 20      | 10                    | 483,88  | 434,69                         | 33,30        | 1,46            | 2,31             | 60,32        | 33,05            | 24,47             | 53,01                    | 47,26         | 19,87           | 6,76                  | 21,35                 | 49,19                | 14,53 | 8,02 | 9,84  | 2,30   |

Çizelge 4.4. 09-35 izolatına ait dişi bireylerin morfometrik ölçümleri (µm) (n=20)

| Dişi # | Kültürün süresi [gün] | Boy [L] | Ağız-kuyruk arası uzunluk [L] | Genişlik [w] | Stoma genişliği | Stoma yüksekliği | Özafagus [e] | Anterior farinks | Posterior farinks | Anterior boşaltım deliği | Sinir halkası | Vulval genişlik | Anal genişlik [abw] | Kuyruk uzunluğu [tl] | VA [vulva-anüs arası] | a L/w | b L/e | c L/tl | c' tl/abw |
|--------|-----------------------|---------|-------------------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------|-----------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------|--------|-----------|
| 1      | 10                    | 484,22  | 433,44                        | 39,61        | 2,57            | 4,13             | 63,75        | 36,68            | 24,24             | 32,97                    | 50,91         | 33,28           | 16,77               | 50,78                | 187,47                | 12,22 | 7,60  | 9,50   | 3,03      |
| 2      | 10                    | 526,91  | 482,01                        | 37,91        | 3,84            | 4,23             | 66,73        | 35,27            | 27,72             | 34,33                    | 47,09         | 34,70           | 13,78               | 44,90                | 195,66                | 13,90 | 7,90  | 11,74  | 3,26      |
| 3      | 10                    | 537,64  | 486,82                        | 42,97        | 3,73            | 4,38             | 70,41        | 37,84            | 29,09             | 40,00                    | 47,56         | 37,40           | 15,31               | 50,82                | 206,57                | 12,51 | 7,64  | 10,58  | 3,32      |
| 4      | 10                    | 415,84  | 370,20                        | 33,04        | 3,77            | 4,41             | 57,92        | 33,28            | 25,95             | 27,15                    | 44,90         | 37,61           | 14,99               | 45,64                | 169,90                | 12,59 | 7,18  | 9,11   | 3,04      |
| 5      | 10                    | 621,67  | 570,36                        | 48,15        | 3,92            | 4,64             | 73,59        | 38,46            | 29,44             | 35,87                    | 48,45         | 45,49           | 16,48               | 51,31                | 236,75                | 12,91 | 8,45  | 12,12  | 3,11      |
| 6      | 10                    | 591,79  | 545,68                        | 53,17        | 3,72            | 4,89             | 68,59        | 34,76            | 28,98             | 42,11                    | 45,77         | 47,88           | 17,97               | 46,11                | 221,52                | 11,13 | 8,63  | 12,83  | 2,56      |
| 7      | 10                    | 542,30  | 494,29                        | 41,46        | 2,92            | 3,57             | 70,59        | 39,09            | 27,25             | 44,06                    | 49,61         | 37,81           | 13,47               | 48,01                | 199,70                | 13,08 | 7,68  | 11,30  | 3,56      |
| 8      | 10                    | 500,70  | 456,53                        | 42,16        | 3,99            | 4,55             | 65,06        | 36,71            | 27,17             | 33,43                    | 52,36         | 38,75           | 14,72               | 44,17                | 189,04                | 11,88 | 7,60  | 11,34  | 3,00      |
| 9      | 10                    | 523,76  | 486,61                        | 41,35        | 3,64            | 3,81             | 62,67        | 32,14            | 25,55             | 37,90                    | 42,37         | 38,46           | 15,60               | 37,15                | 185,31                | 12,67 | 8,36  | 14,10  | 2,38      |
| 10     | 10                    | 492,35  | 455,12                        | 39,51        | 2,82            | 3,20             | 65,62        | 35,93            | 28,32             | 42,35                    | 52,17         | 38,21           | 12,57               | 37,23                | 188,84                | 12,46 | 7,50  | 13,22  | 2,96      |
| 11     | 5                     | 439,32  | 390,56                        | 27,27        | 3,64            | 3,36             | 69,45        | 42,17            | 24,88             | 51,67                    | 55,40         | 29,92           | 13,35               | 48,76                | 164,09                | 16,11 | 6,33  | 9,01   | 3,65      |
| 12     | 5                     | 496,41  | 451,03                        | 50,74        | 3,17            | 3,10             | 71,81        | 42,87            | 29,17             | 51,23                    | 55,72         | 54,84           | 16,15               | 45,38                | 186,28                | 9,78  | 6,91  | 10,94  | 2,81      |
| 13     | 5                     | 528,36  | 465,39                        | 34,87        | 3,32            | 3,21             | 79,80        | 43,63            | 31,76             | 53,95                    | 54,95         | 33,75           | 14,73               | 62,97                | 192,80                | 15,15 | 6,62  | 8,40   | 4,27      |
| 14     | 5                     | 519,21  | 460,18                        | 37,78        | 3,99            | 3,90             | 73,71        | 39,02            | 30,05             | 49,82                    | 50,05         | 38,14           | 14,58               | 59,03                | 186,57                | 13,74 | 7,04  | 8,80   | 4,05      |
| 15     | 5                     | 597,04  | 534,91                        | 50,23        | 4,13            | 3,04             | 72,96        | 41,50            | 27,54             | 39,27                    | 51,92         | 51,12           | 22,37               | 62,13                | 212,11                | 11,89 | 8,18  | 9,61   | 2,78      |
| 16     | 5                     | 469,52  | 426,47                        | 31,99        | 3,27            | 3,13             | 65,93        | 35,58            | 27,58             | 40,05                    | 53,54         | 32,66           | 13,06               | 43,05                | 172,47                | 14,68 | 7,12  | 10,91  | 3,30      |
| 17     | 5                     | 545,13  | 488,32                        | 40,86        | 3,55            | 3,16             | 82,90        | 39,96            | 37,48             | 49,85                    | 56,42         | 41,12           | 15,39               | 56,81                | 203,33                | 13,34 | 6,58  | 9,60   | 3,69      |
| 18     | 5                     | 573,92  | 514,95                        | 53,09        | 4,01            | 4,03             | 71,28        | 42,72            | 27,21             | 47,69                    | 58,15         | 56,39           | 21,85               | 58,97                | 208,68                | 10,81 | 8,05  | 9,73   | 2,70      |
| 19     | 5                     | 518,25  | 453,82                        | 35,40        | 3,10            | 3,70             | 73,76        | 40,38            | 28,48             | 50,77                    | 51,69         | 34,75           | 14,56               | 64,43                | 186,48                | 14,64 | 7,03  | 8,04   | 4,43      |
| 20     | 5                     | 494,34  | 444,34                        | 38,36        | 4,62            | 4,44             | 72,87        | 38,69            | 28,30             | 45,73                    | 54,72         | 40,56           | 15,45               | 50,00                | 183,26                | 12,89 | 6,78  | 9,89   | 3,24      |



Şekil 4.3. 09-35 izolatına ait bir erkek nematodun genel görünümü (a), baş kısmında yer alan özofagus, stoma, sinir halkası ve boşaltım deliği (b).



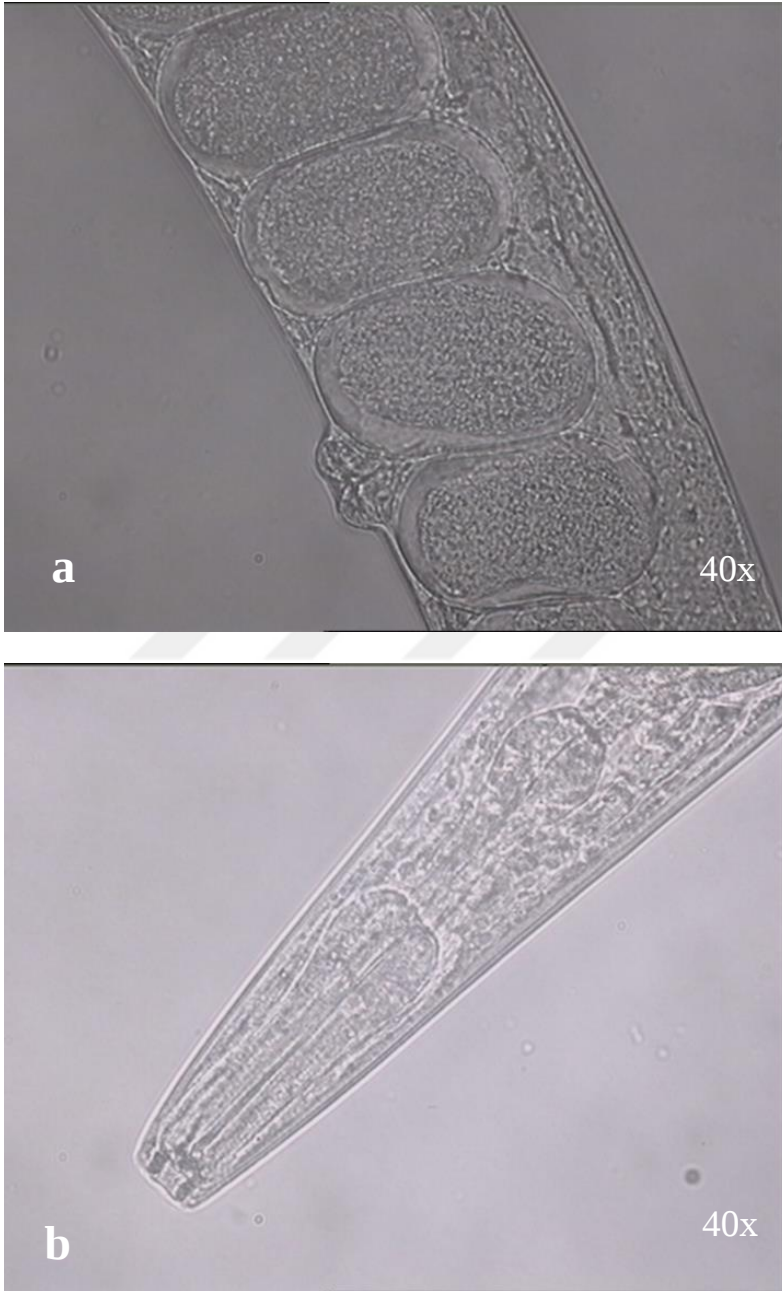
Şekil 4.4. 09-35 izolatına ait bir erkek nematodun kuyruk kısmı ve spikülleri.



Şekil 4.5. 09-35 izolat numaralı dişi nematoda ait genel görünüm (a ve b).



Şekil 4.6. 09-35 izolat numaralı dişi nematoda ait vulva (a) ve kuyruk yapısı (b).



Şekil 4.7. 09-35 izolat numaralı dişi nematoda ait epipyigma ve döllenmiş yumurtalar (a), baş kısmının yapısı (b).

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmayla Halictidae ve Andrenidae familyası arılarda tespit edilen nematodlar, bu familyalara ait farklı türlerle foretik ilişkili bulunmuştur. Çünkü tüm izolatlarda nematodlar yalnız dauer evrede belirlenmiştir. Bir nematodun açlığa, kurumaya ve kimyasallara karşı dirençli, özel bir morfolojiye ve enerji metabolizmasına sahip, beslenmeyen, uzun süre hayatta kalma özellikleriyle donatılmış juvenillerine dauer juvenil denir. Foretik ilişki kuran nematodlar, böcekte yayılımlarını dauer juvenil formunda gerçekleştirir (Poinar, 1983; Giblin, 1987). Mermitidae, Steinernematidae ve Heterorhabditidae gibi parazitik nematodlar ergin evrelerini böcek vücudunda meydana getirir (Kaya ve Gaugler, 1993; Kaya ve Stock, 1997; Hazır, 2002). Fakültatif ya da zorunlu parazitik ilişki kuranlar konakçılarında çeşitli zararlar meydana getirirler. Kısırlık, doğurganlığı azaltma, ömür uzunluğunu azaltma, uçuş kabiliyetini azaltma, gelişmede gerilik ve diğer davranışsal, morfolojik veya fizyolojik anormallikler bunlar arasında sayılabilir (Kaya ve Koppenhöfer, 1999).

Dünyada daha önce yapılan çalışmalarda da Halictidae ve Andrenidae familyası arılarla foretik nematod ilişkisi gösterilmiştir (Giblin vd., 1984; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin-Davis vd., 1990, 2010; Hazır, 2006; Hazır vd., 2007, 2010). Hazır (2006), Türkiye genelinde yürüttüğü çalışmada disekte edilen arıların %2.3'ünden nematod izole etmiştir. Bu çalışmada bu oran daha yüksek (%7.49) tespit edilmiştir.

Şimdiye kadar toprak kazıcı dişi arıların Dufour bezi, zehir kesesi, bursa kopulatriks, ovidukt, ovipozitor kesesi ve abdominal bez (sadece *Andrena* cinsinde) gibi vücut yapılarında foretik nematod varlığı bildirilmiştir (Altenkirch, 1962; Giblin ve Kaya, 1983b; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin vd., 1984; Giblin-Davis vd., 1990; Giblin-Davis vd., 1993; Giblin-Davis vd., 2005, Giblin-Davis vd., 2010; Hazır vd., 2007, Hazır vd., 2010; Kanzaki vd., 2010a, Kanzaki vd., 2010b). Bu tez çalışmasında elde edilen veriler bu bilgilerle örtüşmektedir. Halictidae familyası dişi arının Dufour bezinden; Andrenidae familyası dişi arıların abdominal bezlerinden nematod izole edilmiştir (Çizelge 4.2).

Nematodların canlı kalabilmesinde nem, temel faktördür (Kaya, 1990). Toprak nemi nematod hareketini ve dolayısıyla nematod varlığını etkileyebilen bir faktördür (Koppenhöfer vd., 1995). Bu nedenle nematodların arı vücudunda hareketlerini ve gaz alışverişlerini sağlayacakları sıvı bulunan organları (abdominal bez, Dufour bezi gibi) tercih etmeleri olağan karşılanabilir.

Andrenidae familyası dışı arılarla ilişkili nematodların konaklamak için sadece abdominal bezleri tercih etmesi bu konuda bir özgünlüğün olabileceğini düşündürmektedir. Giblin-Davis ve arkadaşları (1990), abdominal bezlerdeki yapışkan materyalin polen tanelerinin skopaya tutunmasını sağladığını ve böylece nematodların abdominal salgının dışarıya verilmesiyle metatarsideki kıllara tutunarak polen yığınlarıyla birlikte yuvaya aktarıldıklarını öne sürmektedir.

Yapılan bu çalışmada *Andrena* türlerinin abdominal bezlerinde en az 1 en çok 190 adet nematod gözlenmiştir (Çizelge 4.2). Giblin-Davis ve arkadaşları (1990), *Andrena alleghaniensis* dişilerinin abdominal bezlerinde en çok 93 adet nematod belirlerken, Hazır (2006), bir bireyde 600 adet nematod tespit etmiştir. Elde edilen nematod türünün farklı olması, birey sayısını etkilemiş olabilir.

Nematodların özellikle Dufour bezi gibi organlarda tespit edilmeleri tesadüf değildir. Bu bölgeler nematodların dışarıya kolaylıkla çıkışını sağlayacak işlevlere sahiptir. Dişi arı, ovulasyon (yumurta bırakımı), hücre yapımı ve/veya besin depolama esnasında juvenil nematodları topraktaki yuvasına aktarır (Giblin ve Kaya, 1983b; Giblin ve Kaya, 1984a; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin-Davis vd., 1990; Giblin-Davis vd., 1993; Giblin-Davis vd., 2005). Dufour bezindeki nematodlar yuva yapımı için salgılanan trigliserit sekresyonu sırasında arı hücrelerine aktarılır (Hazır, 2006).

İlk kez 1841 yılında Dufour tarafından balarılarında tanımlanan Dufour bezi Hymenoptera ordosu böceklerde iğne yapısına bağlı bir abdominal bezdir (Katzav-Gozansky vd., 2002). İlkbahar geldiğinde kraliçe arı, Dufour bezinde kışlayan dauer formundaki nematodları hücre yapımı sırasında yavru gözeneklerine aktarır. Dauerler, yavru gözenegindeki kontaminant mikroorganizmalar üzerinden beslenerek erginleşir ve üretken faza ulaşır. Daha sonra, arının pupal safhasıyla eş zamanlı olarak dauer juveniller yeniden meydana getirilir. Bu evredeki nematodlar ergin dişi ve erkek arının üreme sistemine göç eder (Giblin ve Kaya, 1984b).

Önceki çalışmalarda erkek arıların kopulasyon organı ve genital kapsüle ait yapılarında foretik nematod gözlenmiştir (Giblin ve Kaya, 1983b; Giblin ve Kaya, 1984b; Giblin ve Kaya, 1984c; Giblin vd., 1984; Giblin-Davis vd., 1990; Giblin-Davis vd., 1993, 2010; Hazır, 2006; Hazır vd., 2010; Kanzaki vd., 2010a, b). Ancak erkek bireylerde foretik nematod görülme sıklığı dişilere oranla daha düşük belirlenmiştir. Hazır (2006) yürüttüğü çalışmada 169 dişi arıda foretik nematod belirlerken bu sayı erkek arılarda 22 olmuştur. Nematodların en çok dişi arılarla foretik ilişki kurmaları yaşam döngülerini tamamlayacak imkana sahip olmaları açısından oldukça normal kabul edilebilir. Ancak kendisini bir erkek bireyin vücudunda taşıtmayı tercih eden bir nematodla ilgili akla gelen ilk soru yaşam döngüsünü nasıl tamamlayacaktır. Nematod bulunduran erkek arıların bu ilişkideki rolü henüz açığa kavuşmamıştır. Foretik konakları arasında nematodların veneral (çiftleşme esnasında) bulaşımı olabileceği düşünülmüş ancak deneysel olarak gösterilememiştir (Giblin vd., 1981; Giblin, 1985). Erkekte taşınan nematodlar çiftleşme sırasında dişi bireye aktarılabilirse nematodun hayatta kalması garantilenir. Aksi takdirde, erkek bireyler nematodun hayatının sonlandığı bir konak olacağı belirtilmiştir (Hazır, 2006).

Hazır ve arkadaşları (2015) tarafından daha önce Türkiye’de yürütülen bir çalışmada *Andrena optata* türüne ait dişi bir arının abdominal bezlerinden nematod izole edilip yapay ortamda üretilmiş ve yapılan ileri moleküler analizler ile morfometrik ölçümler sonucu bu nematodların *Pristionchus maupasi* türüne ait oldukları belirlenmiştir. Bu nematod türü daha önce Avrupada sadece Coleoptera takımına ait *Melolontha melolontha* (L.), *M. hippocastani* Fabricius veya *Cetonia aurata* (L.) türü böceklerle ilişkili olarak bilenen bir nematod türü olarak kabul edilmekteydi (Herrmann vd. 2006; Mayer vd. 2007). Ancak Hazır vd. (2015) ve bizim bu çalışma kapsamında elde ettiğimiz bulgular *P. maupasi* türü nematodların sadece Coleoptera takımındaki böceklerle değil aynı zamanda toprak ortamında bulunan farklı gruptan böceklerle de ilişkili olabileceklerini göstermiştir. Ancak *Andrena* cinsi arılarda tespit edilme oranlarının çok düşük olması bu nematodlar için Andrenidlerin öncelikli konukçu olmadığını göstermektedir.

Bu tez çalışması kapsamında kültürasyonu yapılamayan ya da sekans analizinin çıkartılması başarısız olan çok sayıda nematod izolatu bulunmaktadır. Muhtemelen bunların içerisinde de çok sayıda farklı türler mevcuttur. Araştırma

sonucunda Halictidae ve Andrenidae familyası arılarla ilişkili olan çok sayıda farklı nematod olduğu ve bunların tanımlama için çok az morfolojik özellik gösteren dauer juvenil evresinde bulundukları, ayrıca *in vitro* kültürlerinin hiç kolay olmağı belirlenmiştir. Bu yüzden ancak moleküler yöntemler nematod çeşitliliğinin ortaya çıkarılmasına olanak sağlamıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu nematodların kültür ortamına özgü fungus, farklı nematodlar veya besin olarak diğer organizmalar konularak beslenme şekilleri belirlenebilir ve *in vitro* kültürleri de yapılabilir.



## KAYNAKLAR

- Altenkirch, G. 1962. Untersuchungen über die Morphologie der abdominalen Hautdrüsen einheimischer Apiden (Insecta, Hymenoptera). **Zool. Beitr.**, 7: 161-238.
- Batra, S.W.T. 1980. Ecology, behavior, pheromones, parasites and management of the sympatric vernal bees *Colletes inaequalis*, *C. thoracicus*, and *C. validus*. **J. Kansas Entomol. Soc.**, 53(3): 509-538.
- Burgermeister, W., Metge, K., Braasch, H., 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., 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.
- Danforth, B.N., Cardinal, S., Praz, C., Almeida, E.A.B., Michez, D. 2013. The impact of molecular data on our understanding of bee phylogeny and evolution. **Annu. Rev. Entomol.**, 58:57-78.
- Demirayak, F. 2002. Biyolojik Çeşitlilik-Doğa Koruma ve Sürdürülebilir Kalkınma. TÜBİTAK VİZYON 2023 Projesi. Biyolojik Çeşitlilik ve Sürdürülebilir Kalkınma raporu, p 30, Ankara.
- Demirsoy, A. 2002. Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası. Hayvan Coğrafyası. Meteksan A.Ş, 1007 p, Ankara.
- Dikmen, F., Çağatay, N. 2007. Ankara'daki Tozlaştırıcı Arılardan Halictidae (Apiformes: Apoidea: Hymenoptera) Familyası Üzerine Faunistik Çalışmalar. **Uludağ Arıcılık Dergisi**, Ağustos: 94-101.
- Dillman, A.R., Chaston, J.M., Adams, B.J., Ciche, T.A., Goodrich-Blair, H., Stock, S.P., Sternberg, P.W. 2012. An Entomopathogenic Nematode by Any Other Name. **PLoS Pathogens**, 8(3): e1002527. doi:10.1371/journal.ppat.1002527.

- Engel, M.S. 2001. A Monograph of The Baltic Amber Bees and Evolution of The Apoidea (Hymenoptera). **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 259: 1-192.
- Gadagkar, R. 2004. Sex Only if Really Necessary in a Feminine Monarchy. **Science**. 306: 1694-1695.
- Giblin, R.M. 1985. Association of *Bursaphelenchus* sp. (Nematoda: Aphelenchoididae) with nitidulid beetles (Coleoptera: Nitidulidae). **Revue de Nématologie**, 8(4): 369-375.
- Giblin, R. M. 1987. Culture of Nematodes Associates and Parasites of Insects. In: Vistas on Nematology, Chapter 54 (Veech, J.A. and Dickson, D.W., Eds) Society of Nematologists, pp 408-413, Hyattsville, USA.
- Giblin, R.M., Kaya, H.K., Brooks, R.W. 1981. Occurrence of *Huntaphelenchoides* sp. (Ashelenchoididae) and *Acrostichus* sp. (Diplogasteridae) in the reproductive tracts of soil nesting bees (Phoresis) (Hymenoptera: Apoidea). **Nematologica**, 27(1): 20-27.
- Giblin, R.M., Kaya, H.K. 1983a. *Bursaphelenchus seani* n. sp.(Nematoda: Aphelenchoididae), a phoretic associate of *Anthophora bomboidea stanfordiana* Cockerell, 1904 (Hymenoptera:Anthophoridae). **Revue de Nématologie**, 6(1): 39-50.
- Giblin, R.M., Kaya, H.K. 1983b. Field observations on the association of *Anthophora bomboidea stanfordiana* (Hymenoptera: Anthophoridae) with the nematode *Bursaphelenchus seani* (Aphelenchida: Aphelenchoididae). **Annals of the Entomological Society of America**, 76(2): 228-231.
- Giblin, R.M., Kaya, H.K. 1984a. *Aduncospiculum halicti* n. gen. n. sp. (Diplogasterida : Diplogasteroididae), an associate of bees in the genus *Halictus* (Hymenoptera : Halictidae). **Revue de Nématologie**, 7(2): 189-197.
- Giblin, R.M., Kaya, H.K. 1984b. Associations of Halictid bees with nematodes, *Aduncospiculum halicti* (Diplogasterida: Diplogasteroididae) and *Bursaphelenchus kevinii* (Aphelenchida: Aphelenchoididae). **Journal of The Kansas Entomological Society**, 57(1): 92-99.

- Giblin, R.M., Kaya, H.K. 1984c. Host, temperature and media additive effects on the growth of *Bursaphelenchus seani*. **Revue de Nématologie**, 7(1): 13-17.
- Giblin, R.M., Swan, J.L., Kaya, H.K. 1984. *Bursaphelenchus kevinii* n. sp. (Aphelenchida: Aphelenchoididae), an associate of bees in the genus *Halictus* (Hymenoptera: Halictidae). **Revue de Nématologie**, 7(2): 177-187.
- Giblin-Davis, R.M., Norden, B.B., Batra, S.W.T., Eickwort, G.C. 1990. Commensal Nematodes in the Glands, Genitalia, and Brood Cells of Bees (Apoidea). **Journal of Nematology**, 22(2): 150-161.
- Giblin-Davis, R.M., Mundo-Ocampo, M., Baldwin, J.G., Norden, B.B., Batra, S.W.T. 1993. Description of *Bursaphelenchus abruptus* n. sp. (Nemata:Aphelenchoididae), an associate of digger bee. **Journal of Nematology**, 25(2): 161-172.
- Giblin-Davis, R.M., Davies, K.A., Morris, K. and Thomas, W.K. 2003. Evolution of Parasitism in Insect-Transmitted Plant Nematodes. **Journal of Nematology**, 35(2): 133-141.
- Giblin-Davis, R.M., Hazir, S., Center, J.B., Ye, W., Keskin, N., Thorp, R.W., Thomas, W.K. 2005. *Bursaphelenchus anatolius* n. sp. (Nematoda: Parasitaphelenchidae), an associate of bees in the genus *Halictus*. **Journal of Nematology**, 37(3): 336-342.
- Giblin-Davis, R.M., Erteld, C., Kanzaki, N., Ye, W., Zeng, Y., Center, B.J. 2010. *Ditylenchus halictus* n. sp. (Nematoda: Anguinidae), an associate of the sweat bee *Halictus sexcinctus* (Halictidae) from Germany. **Nematology**, 12, 891-904.
- Giblin-Davis, R.M., Kanzaki, N., Davies, K.A. 2013. Nematodes that Ride Insects: Unforeseen Consequences of Arriving Species. **Florida Entomologist**, 96: 770-780.
- Hazır, C. 2006. Türkiye'deki Toprak Kazıcı Arılarla (Colletidae, Andrenidae, Halictidae ve Anthophorini) İlişkili Nematodların Tespiti. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Ankara.

- Hazır, C. 2010. *Andrena* Fabricius, 1775 (Hymenoptera: Andrenidae) Cinsi Arıların Türkiye'deki Biyolojik Çeşitliliğinin ve Yayılışının Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), Ankara.
- Hazır, C. 2013. Nematodlar ile Böcekler Arasındaki İlişki Tipleri. **Türkiye Entomoloji Bülteni**, 3(4): 183-188.
- Hazır, C., Giblin-Davis, R.M., Keskin, N., Ye, W., Kanzaki, N., Center, B., Hazır, S., Kaya, H.K., Thomas, W.K. 2007. *Bursaphelenchus debrae* n. sp. (Nematoda: Parasitaphelenchidae), an Associate of The Bee *Halictus brunnescens* in Turkey. **Nematology**, 9 (6): 777-789.
- Hazır, C., Giblin-Davis, R.M., Keskin, N., Ye, W., Hazır, S., Scheuchl, E., Thomas, W.K. 2010. Diversity and Distribution of Nematodes Associated with Wild Bees in Turkey. **Nematology**, 12 (1): 65-80.
- Hazır, C., Kanzaki, N., Gulcu, B., Hazır, S., Giblin-Davis, R.M. 2015. Reverse Taxonomy Reveals *Pristionchus maupasi* Association with Soil-Dwelling Bee *Andrena optata* from Turkey. **Florida Entomologist**, 98 (1): 364-367.
- Hazır, S. 2002. Türkiye'deki Entomopatojenik Nematodlar (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Üzerine Faunistik Çalışmalar. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), Ankara.
- Herrmann, M., Mayer, W.E., Sommer, R.J. 2006. Nematodes of the genus *Pristionchus* are closely associated with scarab beetles and the Colorado potato beetle in Western Europe. **Zoology**, 109: 96-108.
- Kanzaki, N. 2006. Description of *Aphelenchoides xylocopae* n.sp. (Nematoda: Aphelenchoididae), the first observed association between nematodes and carpenter bees. **Nematology**, 8: 555-562.
- Kanzaki, N., Futai, K. 2002. A PCR primer set for determination of phylogenetic relationships of *Bursaphelenchus* species within *xylophilus* group. **Nematology**, 4: 35-41.
- Kanzaki, N., Giblin-Davis, R.M., Zeng, Y., Ye, W., Center, B.J., Thomas, W.K. 2010a. *Acrostichus puri* n. sp. (Nematoda: Diplogastridae), a phoretic associate of *Augochlora pura mosieri* Cockerell (Hymenoptera: Halictidae). **Nematology**, 12: 49-64.

- Kanzaki, N., Giblin-Davis, R.M., Wcislo, W.T., Zeng, Y., Ye, W., Center, B.J., Esquivel, A., Thomas, W.K. 2010b. *Acrostichus megaloptae* n. sp. (Nematoda: Diplogastridae), a phoretic associate of *Megalopta* spp. (Hymenoptera: Halictidae) in Central America. **Nematology**, 12 (3): 453-468.
- Kanzaki, N., Giblin-Davis, R.M., Ragsdale E.J. 2015. *Allodiplogaster josephi* n. sp. and *A. seani* n. sp. (Nematoda: Diplogastridae), associates of soil-dwelling bees in the eastern USA. **Nematology**, 17 (7): 831-863.
- Katzav-Gozasky, T., Soroker, V., Hefetz, A. 2002. Honeybees Dufour's gland-idiosyncrasy of a new queen signal. **Apidologie**, 33: 525-537.
- Kaya, H.K. 1990. Soil ecology. In: Entomopathogenic nematodes in biological control (Gaugler, R. and Kaya, H.K. Eds), pp. 93-115, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kaya, H.K., 1993. Nematodes, nematomorphs, and platyhelminthes. In: Insect Pathology (Kaya, H. K. Ed), pp. 459-483, USA.
- Kaya, H.K., Gaugler, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. **Annual Review of Entomology**. 38: 181-206.
- Kaya, H.K., Koppenhöfer, A.M. 1999. Biology and Ecology of Insecticidal nematodes. In Workshop Proceedings of the **Optimal Use of Insecticidal Nematodes in Pest Management** (Polavarapu, S. Ed), pp. 1-8. Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, USA.
- Kaya, H.K., Stock, S.P. 1997. Techniques in Insect Nematology. In: Manual of Techniques in Insect Pathology ( L. Lacey, Ed) Academic Pres, pp. 281-324, San Diego, CA.
- Kence, A. 1988. Biyolojik zenginlikler ve kalkınma. Çevre Sorunları Vakfı Yayınları, pp. 16-30, Ankara.
- Koppenhöfer, A.M., Kaya, H.K., Taormino, S. 1995. Infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) at different soil depths and moistures. **Journal of Invertebrate Pathology**, 65: 193-199.

- Mayer, W.E., Herrmann, M., Sommer, R.J. 2007. Phylogeny of the nematode genus *Pristionchus* and implications for biodiversity, biogeography and the evolution of hermaphroditism. **BMC Evolutionary Biology**, 7: 104.
- McGavin, G.C. 2001. Essential Entomology. An Order-by-Order Introduction. Oxford University Press, 310 p, New York, USA.
- McFrederick, Q.S., Taylor, D.R. 2013. Evolutionary history of nematodes associated with sweatbees. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 66: 847-856.
- Michener, C.D. 1944. Comparative External Morphology, Phylogeny, and A Classification of The Bees (Hymenoptera). **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 82: 151-326.
- Michener C.D. 2007. The Bees of The World. 2nd edition. Johns Hopkins University Press, 953 p, Baltimore & London, UK.
- Neher, D.A., Powers, T.O. 2005. Nematodes. In: Encyclopedia of Soils in the Environment, Vol. 3 (Hillel, D., Rosenzweig, C., Powlson, D., Scow, K., Singer, M., Sparks, D. Eds) Academic Press, pp. 1-6, New York.
- Okumura, E., オクムラ,エツコ., 奥村悦子, 2013. Studies on the species-specific and female-biased phoretic behavior of the nematode *Caenorhabditis japonica* to its host insect *Parastrachia japonensis*. Kagoshima University, 83 p., Japan.
- Osyshnjuk, A.Z., Romasenko, L., Banaszak, J., Cierzniak, T. 2005. Andreninae of the Central and Eastern Palaearctic Part 1. Polish Entomological Monographs, Vol. 2, Polish Entomological Society, 235 p, Poznań, Bydgoszcz.
- Özbek, H. 1979. Doğu Anadolu Bölgesi Halictidae (Hymenoptera, Apoidea) Faunası ve Bunların Ekolojisi. **Ziraat Derg.**, 10 (3/4): 27-41.
- Özbek, H. 2002. Arılar ve Doğa. **Uludağ Arıcılık Dergisi**, Ağustos: 22-25.
- Pechenik, J.A. 2013. Biology of The Invertebrates/Omurgasızlar Biyolojisi. Çeviri Editörleri Sözen, M., Kandemir., İ., Hasbenli, A., Matur, F. 6. Basımdan çeviri. Bölüm 16, Yuvarlaksolucanlar, pp 431-449.

- Pesenko Yu. A., Banaszak J., Radchenko V. G., Cierzniak T. 2000. Bees of the family Halictidae (excluding Sphecodes) of Poland: taxonomy, ecology, bionomics. Bydgoszcz Press, Bydgoszczy, 348 p, Poland.
- Poinar, G.O. Jr. 1983. The Natural History of Nematodes. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 323 p, New Jersey.
- Silveira, F.A., Pinheiro-Machado, C., Alves dos Santos, I., Kleinert A.M.P., Imperatriz-Fonseca, V.L. 2002. Taxonomic Constraints for the Conservation and Sustainable Use of Wild Pollinators. In: The Brazilian Wild Bees, Pollinating Bees -The Conservation Link Between Agriculture and Nature (Kevan P. and Imperatriz Fonseca V.L., Eds) Ministry of Environment, pp. 41-50, Brasília.
- Viglierchio, D.R. 1991. The World of Nematodes. University of California, Davis, Sacramento, 266 p, USA.
- Ye, W., Giblin-Davis, R.M., Braasch, H., Morris, K., Thomas, W.K. 2007. Phylogenetic relationships among *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) inferred from nuclear ribosomal and mitochondrial DNA sequence data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 43: 1185-1197.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Seçil KAYA

Doğum yeri ve Tarihi : Aydın, 17.01.1990

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat  
Fakültesi Biyoloji Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat  
Fakültesi Biyoloji Bölümü

Yabancı Diller : İngilizce

### İLETİŞİM

E-Posta Adresi : secilozmen8@gmail.com

Tarih : 28/06/2016