

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**VAN İLİNDEKİ *COLPODA* (PROTISTA, CILIOPHORA) TÜRLERİ
ÜZERİNDE MOLEKÜLER FİLOGENETİK ARAŞTIRMALAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Pelin ERİŞEN
DANIŞMAN: Doç. Dr. İsmail YILDIZ

VAN-2019

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**VAN İLİNDEKİ *COLPODA* (PROTISTA, CILIOPHORA) TÜRLERİ
ÜZERİNDE MOLEKÜLER FİLOGENETİK ARAŞTIRMALAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Pelin ERİŞEN

VAN-2019

KABUL ve ONAY SAYFASI

Biyoloji Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. İsmail YILDIZ danışmanlığında, Pelin ERİŞEN tarafından sunulan “**Van ilindeki Colpoda (Protista, Ciliophora) türleri üzerinde morfolojik ve filogenetik araştırmalar**” isimli bu alışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 16/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. İsmail YILDIZ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Sibel KIZILDAĞ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Emrah ÇELİK

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 19/07/2019 tarih ve 2019/39-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Pelin ERİŞEN



ÖZET

VAN İLİNDEKİ *COLPODA* (PROTISTA, CILIOPHORA) TÜRLERİ ÜZERİNDE MOLEKÜLER FİLOGENETİK ARAŞTIRMALAR

ERİŞEN, Pelin

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Doç. Dr. İsmail YILDIZ

Temmuz 2019, 79 sayfa

Bu çalışmada Van ilindeki topraklarda yaşayan *Colpoda* cinsine ait siliyatların izolasyonu, morfolojik ve morfometrik karakterizasyonu ile moleküler filogenetik özellikleri araştırıldı. Hazırlanan toprak kültürlerinden *C. lucida*, *C. maupasi*, *C. magna* ve *Colpoda* sp. olmak üzere 4 popülasyon tespit edildi. Bu popülasyonların morfolojik özellikleri canlı ve çeşitli gümüş boyama teknikleri kullanılarak ortaya çıkarıldı. Bu çalışma ile izole edilen ve daha önce tanımlanan diğer *Colpoda* türlerinin hiçbirine dahil edilemeyen bir popülasyon *Colpoda* sp. olarak verildi. Elde edilen siliyatların 18S rDNA gen bölgeleri çoğaltılarak dizileri ortaya çıkarıldı. *Colpoda* cinsinin filogenisi Bayesian çıkarsaması ve maksimum olabilirlik yaklaşımı kullanılarak belirlendi.

Bu çalışmada belirlenen kolpodid siliyatlar genel morfolojik karakterler bakımından literatür verileri ile uyum içerisindedir. Bununla birlikte *C. magna*'nın hücre büyüklüğü önceki çalışmalar ile kıyaslandığında daha geniş bir değişim aralığına sahip olduğu, *C. lucida* popülasyonunun daha küçük boyutlu bireylerden oluştuğu görüldü.

Bu çalışma ülkemizde *Colpoda* cinsi üyelerinin 18S rDNA gen dizileri ile yapılan ilk moleküler araştırmadır. Moleküler filogenetik ağaçlar incelendiğinde *Colpoda* cinsinin monofiletik bir takson olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen popülasyonların filogenetik ağaçlar üzerinde aynı türe ait diğer popülasyonlar ile birlikte kümelenme göstermesine karşın, onlardan genetik olarak uzaklaşma eğiliminde oldukları görüldü. Bu durum farklı ekolojik koşullarda organizmaların farklı mutasyonlar biriktirmiş olması ve henüz tür düzeyinde bir farklılaşmanın olmamasından kaynaklanabilir.

Anahtar kelimeler: 18S rDNA, *Colpoda*, Moleküler filogeni, Morfoloji, Türkiye, Van.

ABSTRACT

MOLECULAR PHYLOGENETIC INVESTIGATIONS ON *COLPODA* (PROTISTA CILIOPHORA) SPECIES FROM VAN PROVINCE

ERİŞEN, Pelin

MSc. Thesis, Biology

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. İsmail YILDIZ

July 2019, 79 pages

In this study, isolation, morphological and morphometric characterization and molecular phylogenetic characteristics of ciliates belonging to genus *Colpoda* living in Van province were investigated. Four populations belonging to genus *Colpoda* including *C. lucida*, *C. maupasi*, *C. magna* and *Colpoda* sp. were isolated from soil cultures. Morphological characteristics of these populations were determined by using live and various silver impregnation techniques. A *Colpoda* population isolated in this investigation could not be included in any species previously described, and were given as *Colpoda* sp. The 18S rDNA gene regions of the ciliates were amplified and sequenced. The phylogeny of the *Colpoda* genus was determined using Bayesian inference and maximum likelihood approach.

Colpodid ciliates identified in this study are in agreement with the literature data in terms of general morphological characteristics. However, the cell size of the *C. magna* was found to have a wider range of variations compared to previous studies, and *C. lucida* population was composed of smaller size individuals.

This study is the first molecular investigation with 18S rDNA gene sequences of members of the genus *Colpoda* in Turkey. When the molecular phylogenetic trees were examined, it was observed that the *Colpoda* genus was a monophylic taxa. Although the populations obtained in this study showed clustering on phylogenetic trees together with other populations of the same species, it was found that they tend to genetically separate away from them. It was concluded that this situation may be variations in different ecological conditions. This may be due to the fact that organisms have accumulated different mutations under different ecological conditions and that there is no difference at the species level yet.

Keywords: 18S rDNA, *Colpoda*, Molecular phylogeny, Morphology, Turkey, Van.



ÖN SÖZ

Ülkemiz biyolojik zenginlikler açısından dünyadaki en zengin ülkelerden biridir. Bu biyolojik zenginliği açığa çıkarmak için değişik ekosistemlerde çok hücreli canlılar ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Ancak gerek uzman eksikliği gerekse zor kültüre edilmeleri gibi nedenlerde dolayı tek hücreli canlılar ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı çok azdır. Gerçekleştirilecek bu çalışma ile, çalışma sahalarında tespit edilen *Colpoda* cinsi üyelerinin 18S rDNA gen bölgesinin dizileri belirlenerek, bu organizmaların filogenetik pozisyonları ortaya çıkarılmaya çalışılacaktır. Ayrıca bu çalışma sonucunda elde edilecek bilgiler ile *Colpoda* cinsi için küresel anlamda yeni veri sağlamayı, daha önce hiçbir moleküler bilgisi bulunmayan ülkemiz *Colpoda* cinsi üyeleri için 18s rDNA dizi bilgilerini sunmayı amaçlamaktadır.

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. İsmail YILDIZ'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca Tez çalışmalarım sırasında bana rehberlik eden, pratik ve teorik olarak tüm bilgi birikimini aktaran ve gösterdiği özel katkılarından dolayı Sayın hocam Dr. Öğr. Ü. Sibel KIZILDAĞ' a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında maddi manevi desteklerini esirgemeyen Aynur AKAY'a ve aileme teşekkür ederim.

2019

Pelin ERİŞEN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Örneklerin toplanması ve saklanması	21
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Morfolojik yöntemler	22
3.2.1.1. Canlı incelemeler	22
3.2.1.2. Postfiksasyon incelemeler	23
3.2.1.3. Siliyatların teşhisi ve terminolojisi	23
3.2.1.5. Fotomikrograflar ve diyagramlar	24
3.2.2. Moleküler Yöntemler	24
3.2.2.1. DNA izolasyonu	24
3.2.2.2. Nükleer 18S rDNA'nın çoğaltılması	25
3.2.2.3. DNA dizi analizi	27
3.2.2.4. Dizilerin okunması	27
3.2.2.5. Dizilerin hizalanması ve veri setlerinin oluşturulması	28
3.2.2.6. Filogenetik analizler	29
4. BULGULAR	31
4.1. Morfolojik Bulgular	31
4.1.1. <i>Colpoda lucida</i> Greeff, 1888	31
4.1.2. <i>Colpoda maupasi</i> Enriques, 1908	36
4.1.3. <i>Colpoda magna</i> (Gruber, 1879) Lynn, 1978	40

	Sayfa
4.1.4. <i>Colpoda</i> sp.	46
4.2. Moleküler Bulgular	50
4.2.1. PZR sonuçları.....	50
4.2.2. 18S rDNA dizilerinin belirlenmesi ve hizalanması	52
4.2.3. Filogenetik analiz sonuçları	55
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	61
5.1. Morfolojik Veriler	61
5.2. Moleküler Veriler.....	64
KAYNAKLAR	69
ÖZ GEÇMİŞ	79

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. PZR’nda kullanılan malzemeler ve miktarları.....	26
Çizelge 3.2. 18S rDNA bölgesinin çoğaltılması için PZR koşulları.....	26
Çizelge 3.3. Filogenetik değerlendirmelerde kullanılan <i>Colpoda</i> türleri gen bankası kabul numaraları.....	29
Çizelge 4.1. <i>Colpoda lucida</i> ’nın morfometrik karakterizasyonu.....	35
Çizelge 4.2. <i>Colpoda maupasi</i> ’nin morfometrik karakterizasyonu.....	39
Çizelge 4.3. <i>Colpoda magna</i> ’nin morfometrik karakterizasyonu.....	45
Çizelge 4.4. <i>Colpoda</i> sp.’nin morfometrik karakterizasyonu.....	50
Çizelge 4.5. <i>Colpoda</i> popülasyonlarında kullanılan primerlerin 18S rDNA bölgesine bağlanma durumları.....	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4. 1. <i>Colpoda lucida</i> popülasyonlarının canlı fotomikrografları	31
Şekil 4. 2 <i>Colpoda lucida</i> 'nin genel morfolojisi ve infrasiliyatür diyagramları	32
Şekil 4.3. <i>Colpoda lucida</i> 'nin infrasiliyatür fotomikrografları	34
Şekil 4.4. <i>Colpoda maupasi</i> 'nin genel morfolojisi ve infrasiliyatürü	37
Şekil 4.5. <i>Colpoda maupasi</i> 'nin infrasiliyatür fotomikrografları	38
Şekil 4.6. <i>Colpoda magna</i> 'nin canlı fotomikrografları	41
Şekil 4.7. <i>Colpoda magna</i> 'nin genel morfoloji ve infrasiliyatür diyagramları	43
Şekil 4.8. <i>Colpoda magna</i> 'da infrasiliyatür ve nükleer aparey.	44
Şekil 4.9. <i>Colpoda magna</i> 'nin infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistemi	45
Şekil 4.10. <i>Colpoda</i> sp. popülasyonlarının canlı fotomikrografları	46
Şekil 4.11. <i>Colpoda</i> sp. nin genel morfolojisi ve infrasiliyatürü	48
Şekil 4.12. <i>Colpoda</i> sp.'nin infrasiliyatür fotomikrografları	49
Şekil 4.13. PZR ürünlerinin agaroz jel elektroforezi görüntüleri.	51
Şekil 4.14. <i>Colpoda</i> popülasyonlarının hizalanmış (align) 18S rDNA dizileri	53
Şekil 4.15. Intramacronucleata şubesine ait 18S rDNA dizilerine dayalı Bayesian yaklaşımı (BI) ile yapılandırılan filogenetik ağacı	56
Şekil 4. 16. Intramacronucleata şubesine ait 18S rDNA dizilerine dayalı maksimum olabilirlik (ML) çıkarsaması ile yapılandırılan filogenetik ağacı	57



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μm	Mikrometre
μL	Mikrolitre
\bar{x}	Aritmetik ortalama
$^{\circ}$	Derece

Kısaltmalar	Açıklama
BI	Bayesian yaklaşımı
EukA	18S rDNA ileri yönlü evrensel primeri
EukB	18S rDNA geri yönlü evrensel primeri
LSU rDNA	Büyük alt birim ribozomal DNA
M	Meydan
Max	En büyük değer
Min	En küçük değer
ML	Maksimum olabilirlik çıkarsaması
PZR	Polimeraz zincir reaksiyonu
SH	Standart hata
SR7R	18S rDNA iç bölge ileri yönlü primeri
SS	Standart sapma
SSU rDNA	Küçük alt birim ribozomal DNA
VK	Varyasyon katsayısı



1. GİRİŞ

Protozoonlar tek hücreli ökaryotik heterotrof mikroorganizmalardır. Bazı türlerin koloni oluşturdukları bilinmektedir. Ancak doku oluşumu kesinlikle gözlenmez. Protozoonlar iki alemlı sınıflandırma modelinde hayvanlar aleminde bir alt alem olarak ele alınmış, beş alemlı sınıflandırma modelininin kullanılmaya başlaması ile birlikte Protista aleminde heterojen bir grup olarak sınıflandırılmıştır. Son yıllarda moleküler karakterlerin de kullanılmaya başlandığı üç Domain'li sınıflandırma modelinde Eukarya domaini içerisinde ele alınmaktadır. Protozoonlar bu Domain içerisinde homojen bir grup oluşturmayıp, çeşitli şubeler içerisinde üyeleri bulunmaktadır. Protozoa terimi iki alemlı sınıflandırma modelinde tek hücreli hayvanları ifade etmek için kullanılmış, güncel sınıflandırma modellerinde taksonomik bir anlam ifade etmemesine karşın hayvan benzeri beslenme stratejisine sahip tek hücreli organizmaları ifade etmek için kullanılmaya devam edilmektedir (Levine ve ark., 1980; Sleight, 1989; Adl ve ark., 2005; Lukashenko, 2008).

Protista aleminde bitki hayvan ve mantar grubu içerisinde girmeyen, algleri (mavi yeşil algler hariç), cıvık mantarları ve protozoonları içeren heterojen bir gruptur ve polifiletiktir. Tek hücreli olmaları ya da koloniler oluşturmalarına karşın doku organizasyonu göstermemeleri dışında başka ortak özellikler içermezler. Beslenmeleri ototrofik, heterotrofik ya da misotrofik (ototrof ve heterotrof) olabilmektedir. Fotosentetik protistler, bitkiler aleminde yer alan organizmalardan farklı yapıda kloroplast içermektedir ve bunların klorofil pigmentleri de bitkilerinkinden farklıdır. Heterotrofik formlar ise saprofitik (çözünmüş besinleri difüzyon ve pinositoz yolu ile alan) holozoik (besinlerini fagositoz yolla alan) ve simbiyotik (birlikte yaşam) beslenme tarzlarına sahiptirler. Çoğalmalarını eşeyli ya da eşeysiz üreme yaparak gerçekleştirmektedirler. Alem içerisinde yer alan bazı canlılarda sil, kamçı ve yalancı ayak gibi hareket organelleri yer almasına karşın hareketsiz formları da bulunmaktadır (Sleight, 1989; Adl ve ark., 2005).

Hayvan benzeri protistler olarak bilinen protozoonların koloni oluşturan üyeleri bulunmakla birlikte genellikle soliter (ayrı bireyler halinde) olup heterotrofik organizmalardır. Bu organizmalar ortak bir ataya sahip organizmalar olmayıp farklı

kökenlerden türemiş pek çok canlı grubunu içermektedir (Lukashenko, 2008). Boyları 1 µm ile birkaç milimetre arasında değişmektedir. Günümüze yarıdan fazlası fosil ve yaklaşık 10.000 kadarı da parazit olmak üzere 65.000'in üzerinde protozoon türü saptanmıştır. Günümüzde yaşayan türler arasında, yaklaşık 250 parazitik ve 11.300 serbest yaşayan kök bacaklı (amipsiler) (bunların 4,600'ü Foraminiferida'dır); yaklaşık 1.800 parazitik ve 5,100 serbest yaşayan kamçılı; yaklaşık 5,600 parazitik "Sporozoa" (Apicomplexa, Microspora, Myxospora ve Ascetospora dahil) ve yaklaşık 2,500 parazitik ve 4.700 serbest yaşayan siliyat bildirilmiştir (Levine ve ark., 1980; Göçmen, 2014). Bu sayılara her geçen zaman yenileri eklenmekte ve sayıları artarak devam etmektedir (Chen ve ark., 2015; Nam ve ark., 2015; Dong ve ark., 2016; Kuhner ve ark., 2016; Liu ve ark., 2016; Bardele ve ark., 2017; Fan ve ark., 2017; Qu ve ark., 2017; Shao ve ark., 2017; Tang ve ark., 2017; Wang ve ark., 2017a; Wu ve ark., 2017b; Lynn ve ark., 2018; Smith ve ark., 2018).

Protozoonlar ile ilgili ilk sınıflandırmada sistemleri az sayıda morfolojik karaktere dayandırılmıştır. Bunlar genel hatlarıyla hareket organelleri ve vücut organizasyonu gibi karakterlerdir. Bu karakterler göz önüne alındığında Protozoonlar, Mastigophora, Sarcodina, Ciliophora ve Sporozoa olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Elektron mikroskopunun keşfi ve gümüş boyama yöntemlerinin geliştirilmesi ile birlikte bu organizmaların taksonomisinde pek çok morfolojik karakterler kullanılmaya başlamış, sınıflandırma sistemlerinde pek çok revizyon gerçekleştirilmiştir (Corliss, 1979; Levine ve ark., 1980; Small ve Lynn, 1981; Lynn ve ark., 1999; Lynn ve Small, 2000; Adl ve ark., 2005; Lynn, 2008). Yapılan diğer bir sınıflandırmada Protozoa, Protista alemi içerisinde bir alt alem olarak alınmış ve 7 sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; Sarcomastigophora, Labyrinthomorpha, Apicomplexa, Microspora, Ascetophora, Myxospora, ve Ciliophora'dır (Levine ve ark., 1980).

Protozoonlar ile taksonomik ve filogenetik çalışmalar uzun yıllar morfolojik karakterlere dayandırılmıştır. Fakat boyutlarının küçük olması, morfolojik varyasyonların sınırlı olması nedeniyle mikroorganizmaların taksonomisinde morfolojik karakterler belirlemek oldukça güç ve sınırlıdır. Buna karşın siliyatlar diğer protozoon grupları ile kıyaslandığında daha zengin karakterlere sahip olduğu görülür. Uzun yıllar bu morfolojik karakterlere dayanarak siliyat protistlerin sistematik pozisyonları ve filogenileri ile ilgili çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Levine ve ark., 1980; Small ve Lynn, 1981; Lynn

ve Small, 2000; Adl ve ark., 2005; Lynn, 2008). Günümüzde moleküler çalışmaların da bu alana katılmasıyla siliyat protistlerin filogenisi yeniden inşa edilmeye çalışılmaktadır (Lynn, 2003; Xu ve ark., 2013; Gao ve ark., 2016; Wang ve ark., 2017c; Wu ve ark., 2017a; Gomez ve ark., 2018; Lyu ve ark., 2018; Zhuang ve ark., 2018).

Protozoonlar, aktif popülasyonlar şeklinde bütün nemli ortamlarda (kutuplarda, ekvatorunda, derin deniz sistemlerinde ve yüksek dağlar vb.), kist halinde ise biyosferin hemen hemen her katmanında yer alırlar. Kist halleri uygun koşullarda çoğalarak yeni bireyler oluşturmaya hazırdır (Sleigh, 1989; Anderson ve Druger, 1997; Lopez-Garcia ve ark., 2001; Robinson ve ark., 2002; Mayzlish ve Steinberger, 2004; Bamforth ve ark., 2005; Xu ve ark., 2016).

Protozoonların büyük çoğunluğunu sucul ve karasal habitatlarda serbest yaşayan formlar oluşturmakla birlikte, çok sayıda türü de bitkiler, omurgasız ve omurgalı hayvanlarda kommensal ve parazit şeklinde yaşayan simbiyontlardır (Göçmen, 2014). Simbiyont yaşayan siliyatlardan bazıları omurgalı veya omurgasız canlıların sindirim sisteminde yer alıp, salgıladıkları çeşitli karbohidraz ve proteolitik enzimler sayesinde selüloz dahil olmak üzere karbonhidrat ve proteinin sindirimine katkıda bulunurlar (Göçmen, 1993; Göçmen ve Öktem, 1999). Örneğin atlarda çekum ve kolondaki protozoonlar bitkilerde bulunan selülozu, hemiselülozu, lignini, pektini ve erimeyen nişastayı sindirir (Gürelli, 2010).

Serbest protozoonlar çok geniş yayılış alanına sahip olması ve tüm sucul ve karasal ortamlarda rastlamak mümkün olmasına rağmen, genellikle, gözle görülemeyen canlılar olması, preparasyonlarının zor olması ve uzman eksikliği gibi nedenlerden dolayı uzun yıllar boyunca protozoolojik çalışmalarda göz ardı edilmiştir. Deniz biyologları ve daha sonra da tatlısu limnologlarının protozoanın pelajik besin zincirindeki önemini kabul etmelerinden sonra, bu durum hızlı bir şekilde değişmiştir (Foissner, 1999b; Şenler ve Yıldız, 2010).

Önceleri toprakta aktif olarak yaşayan protozoon türü bulunmadığı düşünülmüştür. Ancak yüzyılın başında, toprak zerreciklerinin etrafındaki su filminde aktif olarak yaşayan, bol bir protozoon faunasının olduğu saptanmıştır (Petz ve ark., 1985; Foissner, 1987b; Bamforth, 1988; Sleigh, 1989). Protozoonların toprak verimliliğinin artmasında önemli role sahip olduğu çeşitli çalışmalar ile saptanmıştır (Bamforth, 1988; Anderson, 2000). Örneğin yapılan bir çalışmada, protozoonların

topraktaki hayvansal solunumun ortalama % 70'inden, karbon minerilizasyonunun % 14–66'sından ve azot minerilizasyonunun % 20 - 40'dan sorumlu olduğunu saptanmış olup eğer topraktaki hayvansal organizmalar ayrıştırma döngüsünün dışında bırakılırsa, ayrıştırmanın en azından % 33–39 oranında azaldığını ve yaklaşık olarak 8–18 ay geciktiği rapor edilmiştir (Foissner, 1999a).

Protozoonların kozmopolit dağılımları, mineral geri dönüşümünde önemli ekolojik rol almaları ve besin ağlarının düşük trofik seviyeleri boyunca karbon akışının artırmaları ve çeşitli ortamlarda hayatta kalmayı artırmak için dikkat çekici hücresel adaptasyonlara sahip olmaları onları biyolojik araştırmalar için önemli organizmalar haline getirmektedir (Anderson, 1988).

Siliyat protozoonlar ökaryotik tek hücreli organizmalar içerisinde en çok göze çarpan büyük gruplardan biridir. Özellikle büyüklükleri ve çok sayıda bulunmaları ile protozoon biyomasında baskın bir rol oynamaktadırlar ve protozoon biyomasının yaklaşık yarısını oluştururlar (Biyu, 2000).

Siliyatlar, oldukça kompleks yapıda tek hücreli canlılardır. Bazı türleri gözle görülebilecek kadar büyüklüğe ulaşabilirler. Vücut yüzeyleri tamamen veya kısmen siller ile örtülüdür. Nüklear dualizim göstermeleri (makronükleus ve mikronükleus olmak üzere iki tip çekirdeğe sahip olmaları), hareket ve beslenme için sil veya bileşik sil (sir, membranel vs.) taşınmaları, eşeysiz olarak enine bölünmeleri ve eşeyli olarak konjugasyon ile üremeleri ayırt edici özellikleridir. Bir çoğu kompleks ağız siliyatürüne sahiptir (Sleigh, 1989; Çapar, 2007)

Colpodea sınıfı içerisinde sınıflandırılan kolpodit siliyatlar, protistlerin karmaşık bir grubunu oluştururlar. Bu sınıfın üyeleri karasal ve yarı karasal habitatların yaygın organizmalarıdır (Bamforth, 1988; Foissner, 1993; Foissner ve ark., 2002; Verhoeven, 2002; Díaz ve ark., 2003). Kolpodit siliyatları genellikle bütün vücut yüzeyleri somatik siller ile örtülü olup holotrich siliyatlar olarak değerlendirilirler. Oral apareyin konumu ve biçimi oldukça değişkenlik göstermesine karşın, vestibulum olarak isimlendirilen bir çöküntünün içinde konumlanmıştır. Vestibulum duvarı üzerinde, biri sağda ve diğeri solda olmak üzere iki oral sil sahası yer alır. Kolpoditlerin korteksi gümüş boyalar ile boyandığında ağsı çizgilenmeler gösterir (silverline system=gümüş çizgiler sistemi). Bütün kolpoditler somatik stomatogenezise sahiptir; yani bölünme sırasında, atasal oral yapılar yeni ağız oluşumuna katılmaz.

Kolpoditler genel olarak toprak ve yarı karasal biyotoplarda yaşar. Bununla birlikte az sayıda türü de akarsu, göl ve deniz gibi sucul ortamlarda yaşar (Foissner, 1993). Foissner (1993) *Colpoda cavicola* türünü sadece ağaç oyuklarında tespit etmiştir. Ancak, Çınar (2011) yaptığı çalışmada ceviz ağacı kabuklarında *C. steini*, *C. inflata* *C. cucullus* ve *C. maupasi* türlerini tespit etmiştir. Ayrıca Foissner (1993), bazı tipik toprak siliyatlarının su taşkınlarından sonra oluşan çamurda bulunabildiğini göstermiş, bunun kıyından sürüklenen topraktan kaynaklandığını ifade etmiştir. Özellikle *Colpoda* cinsi olmak üzere, kolpoditlerin düzenli ve bol olarak karasal biyotoplarda bulunmasından dolayı Foissner (1987b), toprak siliyat komünitesini “Colpodea” olarak tanımlamıştır (Foissner, 1993; Foissner ve Berger, 1996).

Colpodea sınıfına dahil birçok cinsi ve türü yaygın dağılış göstermekle birlikte, birkaçı sadece belli coğrafik bölgelerle sınırlı, endemik dağılış gösterirler (Foissner, 1993; 2008; Foissner ve ark., 2008). Kolpoditlerin yüksek üreme kapasitesi ve değişen çevre faktörlerine toleranslı olmaları, boyutlarının küçük olması, düşük rekabet yeteneğine sahip olmaları özel biyotoplarda başarılı bir şekilde uyum sağlamalarına neden olur. Kist oluşturarak topraktaki düzensiz nem koşullarına, kuruma ve çeşitli fiziksel ve kimyasal etkilere yüksek derecede direnç gösterirler (Bamforth, 1988; Foissner, 1993; Bamforth, 2001).

Karasal habitatlarda siliyat çeşitliliği yüksektir (Foissner ve ark., 2005). Toprak siliyat faunasını ortaya çıkarmak amacıyla dünyanın değişik bölgelerinde faunistik çalışmalar gerçekleştirilmekte ve çeşitliliği etkileyen faktörler ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır (Foissner, 1987b; Bamforth, 1988; Blatterer ve Foissner, 1988).

Foissner (1993) *Colpoda* cinsinin 30 tür ile temsil edildiğini, Colpoda alt sınıfı ve Colpodida takımı içerisinde yer aldığını belirtmiştir. *Colpoda* türleri genel olarak elipsoit görünümünde olup, lateral olarak yassılaştırmıştır. Boyutlarına göre 7 grup altında toplanmıştır: çok küçük türler (10–30 µm), küçük türler (30–60 µm), kısmen küçük türler (60–90 µm), orta büyük türler (90–150 µm), büyüktürler (150–300 µm), kısmen büyük türler (300–500 µm) ve çok büyük türler (>500 µm). Elipsoit biçim, çeşitli şekillerde değişiklik göstererek dört tip vücut şeklinin ortaya çıkmasına neden olmuştur: *aspera*-tip, *cucullus*-tip, *magna*-tip ve *bresslau*-tip. Bununla birlikte ilk üç tipte kademeli olarak farklılaşma meydana geldiği için cins ayırımı için yeterli değildir (Foissner, 1993).

Oral aparey hücrenin subapikalinde, genellikle vestibulum adı verilen belirgin bir çöküntünün kaidesinde yerleşmiştir. Foissner (1993), huni şeklindeki vestibulum büyüklüğünün çoğunlukla vücudun büyüklüğü ile orantılı olduğunu ve bundan dolayı tür teşhisinde önemli olmadığını vurgulamıştır. Vestibulum kaidesinde yer alan sol oral polikinetid düzenli sil sıralarından oluşur. Kısa, az veya daha çok sil sıralarından oluşan sağ oral polikinetid ise vestibulumun dorsal ve sağ duvarı üzerinde yer alır. Sol oral polikinetid hücrenin uzun eksenine ya 90°'lik açı oluşturur ya da paralel uzanır. Sağ ve sol oral polikinetid bazı türlerde birbirlerine paralel olarak düzenlenirken, bazılarında biri diğerine 90°'lik açı yapar. Sol oral polikinetid bazı türlerde vestibulumdan dışarıya uzanırken, sağ oral polikinetid daima vestibulumun içerisindedir. Foissner (1993) sağ polikinetidin biçim ve düzenlenmesinin oldukça benzer olduğundan taksonomik değerinin az olduğunu, küçük türlerde sol polikinetidlerin yapısı büyük ölçüde farklılık gösterdiği için tür teşhisinde birinci derecede öneme sahip olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte daha büyük türlerde dereceli bir şekilde farklılaşmalar oluştuğu için, sol polikinetid biçiminin taksonomik değeri daha azdır.

Bilinen bütün kolpoditler, şekli küresel ile elipsoit arasında değişen bir makronükleusa sahiptir. Makronükleusun sayısı ve şekli aynı türün bireyleri arasında sabit olduğundan tür teşhisinde kullanılabilir. Bunun yanında hücre içerisindeki konumu popülasyonu oluşturan bireyler arasında değişkenlik gösterdiği için taksonomik önemi azdır. Önemli bir karakter olduğu düşünülen nükleolar materyal üç farklı düzenlenme göstermektedir. Bunlar: *steinii*-tip (nükleolus, makronükleusun merkezinde tek ve büyüktür), *elliotti*-tip (makronükleus birbirleri ile bağlantısı olmayan, birkaç tane küçük nükleolus içerir) ve *cucullus*-tip (makronükleusta nükleolar materyal düzensiz, ağısı şekilde) olmak üzere gruplandırılmaktadır (Foissner, 1993).

Mikronükleus, sayısı çeşitlilik göstermektedir. Bazı türlerde bir ya da birden fazla sayıda mikronükleus görülmektedir. Ancak nadiren de olsa mikronükleusu olmayan popülasyonlar da mevcut olduğu bildirilmiştir (Foissner, 1993; Foissner ve ark., 2002). Mikronükleus daima makronükleus ile ilişkilidir. Foissner (1993), nüklear apareyin tür teşhisinde dikkate değer bir öneme sahip olduğunu belirtmiştir.

Bilinen tüm *Colpoda* türleri tek olan kontraktıl vakuole sahiptir, genellikle hücrenin 1/3 posteriyöründe, bazen terminal olarak konumlanmıştır. Bu sebepten dolayı tür ayırımında kontraktıl vakuolun konumundan ziyade yapısı daha önem arz eden bir

karakterdir (Foissner, 1993). Kontraktıl vakuol basıt, küresel bir kabarcık şeklinde (*steinii*-tip) olabildiği gibi, bu kabarcığa ilaveten toplama keseleri (*cucullus*-tip) ya da uzun toplama kanalları da (*manga*-tip) bulunabilir.

Somatik infrasiliyatür dikinetid olarak düzenlenmiş kinetilerden (sil sırası) oluşmakta olup, bu dikinetidlerin her birinden sil çıkar. Sil sıraları genellikle “S” şeklinde spirial olarak düzenlenmiştir. Somatik siliyatür birbirlerinden farklı şekilde organize olmuş sol lateral, sağ lateral, ventral ve postoral sil sıraları olmak üzere dört farklı organizasyon gösterir. Bazı türlerde, postoral sil sıralarının posteriyöre yakın olanları uzayarak sağ vestibulum duvarının iç tarafında, vestibüler sil sıralarını oluştururlar (Foissner, 1993).

Gümüş hatlar sistemi (silverline sistem) vücut boyunca kare veya dikdörtgen şekilli olarak düzenlenmiştir. Dikinetidler genellikle eliptik veya dairesele yakın argiofilik (gümüş seven) bir halka ile çevrenir. Bunun yanı sıra ekstruzomlarla ilişkili argiofilik granül ve halkalar içerir. Temelde ağsı olan gümüş hatlar sistemi ekstruzomlara göre değişik düzenlenmeler gösterirler (*aspera*-tip, *cucullus*-tip ve *tripartita*-tip). Ekstruzomlar tanecikli küresel (*steinii*-tip), küçük kum tanesi (*maupasi*-tip), inci (*tripartita*-tip), parlak çubuk (*cucullus*-tip), vesiküler (*lucida*-tip) şeklinde olabilir (Foissner, 1993).

Kolpodid siliyatlar içerisinde en fazla tür çeşitliliğine sahip olan *Colpoda* cinsi ile ilgili az sayıda moleküler taksonomik ve filogenetik çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bazılarında 18s rDNA bölgelerinin dizi analizleri bildirilmiş, bazılarında ise filogenetik durumlarına değinilmiştir (Greenwood ve ark., 1991; Dunthorn ve ark., 2008; Dunthorn ve ark., 2009; Foissner ve Stoeck, 2009; Bourland ve ark., 2011; Quintela-Alonso ve ark., 2011; Bourland ve ark., 2012; Bourland ve ark., 2014; Nadhanan ve Thomas, 2014)

Morfolojik veriler ile oluşturulan soy ağaçların moleküler veriler ile oluşturulan ağaçlar arasında genel anlamda, özellikle yukarı taksonlarda uyum olduğu görülmüştür (Baroin ve ark., 1988). Ancak daha alt taksonomik kategorilerde uyumsuzluklar olduğu gözlenmiştir. Bu durum morfolojik yöntemler ile oluşturulan filogenetik ağaçların yeniden gözden geçirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte makroskobik organizmalar üzerinde çok sayıda veri bulunmasına karşın protistler, özellikle serbest yaşayan protozoonlar ile ilgili verinin çok az ve yetersiz olması bu organizmaların moleküler filogenisinin ortaya çıkarılmasında önemli bir engeldir (Baroin-Tourancheau

ve ark., 1992; Gao ve ark., 2016). Araştırcılar siliyatların moleküler taksonomisi ve filogenisinin ortaya çıkarılmasında en önemli engelin farklı coğrafyalardan türetilmiş güvenilir verilerin eksikliği olduğunu belirtmektedirler (Foissner, 1995; Fenchel ve ark., 1997; Foissner, 1997a; Finlay, 2002; Foissner ve ark., 2014; Vdacny ve ark., 2014).

Son yıllarda moleküler tekniklerin gelişmesiyle bu grubun moleküler karakterizasyonu çıkarılmaya başlanmıştır (Bernhard ve Schlegel, 1998; Lifang ve ark., 2015; Zhao ve ark., 2016). Özellikle 18S rDNA dizileri elde edilmiş olup, bu verilerle elde edilen filogenetik ağaçlar bu canlıların soyhatları ve türleşme modelleri hakkında tartışma yaratmaktadır (Lynn, 2003). Bunun yanında morfolojiye dayalı sistematik bilgiler ile 18S rRNA geni dizileriyle elde edilen filogeni tahminleri uyumsuzluk göstermesi nedeniyle morfolojik karakterlerin filogeniyi temsil etmediği de ortaya çıkmıştır (Nesselquist ve Katz, 2001; Foissner, 2010; Dunthorn ve ark., 2014; Gao ve ark., 2016; Rossi ve ark., 2016). Başka bir olasılık olarak siliyatlarla ilgili birçok araştırıcı farklı DNA barkodları da (mtDNA, nITS bölgeleri, histon proteinleri) kullanarak bu canlıların filogenetik pozisyonu hakkında araştırmalar yapmaktadırlar (Bernhard ve Schlegel, 1998; Struder-Kypke ve Lynn, 2010; Dunthorn ve ark., 2011; Lifang ve ark., 2015; Zhao ve ark., 2016).

Son yıllarda siliyat protozoonların filogenetik pozisyonlarının doğru bir şekilde ortaya çıkarılması için morfolojik karakterler ile birlikte moleküler belirteçlerin kullanıldığı çalışmalar artarak devam etmektedir (Bourland ve ark., 2014; Foissner ve ark., 2014; Jung ve ark., 2017; Li ve ark., 2017; Wang ve ark., 2017b; Wang ve ark., 2017c; Gomez ve ark., 2018; Jung ve ark., 2018; Liao ve ark., 2018; Lynn ve ark., 2018; Lyu ve ark., 2018; Qu ve ark., 2018; Kızıldağ ve Yıldız, 2019). Bu çalışmaların bazılarında taksonomide kullanılan morfolojik karakterler moleküler çalışmalar ile test edilmekte, bazılarında ise moleküler verilerin kullanıldığı yeni filogenetik soy ağaçları tesis edilmektedir. Fakat, filogenetik soy ağaçlarının sağlıklı bir şekilde tesis edilebilmesi için farklı coğrafik bölgelerden, farklı habitallardan elde edilmiş, doğru tanımlanmış çok sayıda siliyata ait morfolojik ve moleküler veriye ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir (Vdacny ve ark., 2014; Jang ve ark., 2017; Huang ve ark., 2018)

Ülkemiz kolpodid siliyatlarına ilişkin Van ilinde gerçekleştirilmiş iki morfolojik çalışma bulunmasına karşın, bu siliyatlar ile ilgili moleküler çalışma bulunmamaktadır. Tamamlanan bu çalışma ülkemiz kolpodid siliyat çeşitliliği, bunların morfolojik ve

moleküler karakterlerine ilişkin veri sağlayacağı gibi, küresel ölçekte kolpodid siliyatların filogenetik pozisyonlarına da ışık tutacağı umulmaktadır.





2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Foissner (1985), bazı kolpodit siliyatların morfolojisi ve infrasiliyatürlerini tanımlayarak, Colpodea sınıfının taksonomisini ve filogenisini incelemiş, iki yeni alt sınıf oluşturmuştur. Araştırmacı, “kreyellid” gümüş hatlar sistemi ve hafif spiral sil sıralarına sahip olan taksonları Bryometopia alt sınıfına; “platyophryid” veya “colpodid” gümüş hatlar sistemi ve genellikle, daha fazla spiral yapıda sil sıralarına sahip olanları ise Colpodia alt sınıfına yerleştirmiştir. Morfolojik ve moleküler biyolojik araştırmalar yapılarak bu grubun sistematik pozisyonuna açıklık getirilmektedir. Ancak oral yapılar ve gümüş hatlar sistemindeki şaşırtıcı çeşitlilik bu grubu giderek karmaşık bir duruma sokmaktadır.

Foissner (1987a), dünyanın çeşitli bölgelerinden topladığı toprak örneklerinde, 3’ü *Colpoda* cinsine ait olmak üzere, 30 yeni ve az bilinen hypotrich ve kolpodit siliyat türünü gümüş impregnasyon ve biyometri gibi modern tekniklerle inceleyerek, iki kolpodit cinsini (*Hausmaniella*, *Kalometopia*) yeni bir familya (Hausmanniellidae) içerisinde birleştirmiştir. Araştırmacı bu çalışmasında 8 yeni cins oluşturmuş, 17 yeni türün deskripsiyonunu vererek, 2 yeni kombinasyon yapmıştır.

Toprak siliyat çeşitliliği ve ekolojisi ile ilgili derleme türü bir çalışmada Foissner (1987b), 300 türün listesini yaparak, toprak siliyat komünitesinin tatlı su ve diğer siliyat topluluklarından farklı olduğunu rapor etmiştir. O zamandan beri birçok yeni tür ve yeni kayıtlarla bu sayı hızla artmaktadır (Foissner, 1998; 1999a; Foissner ve ark., 2002) ve daha da artacağı düşünülmektedir. Çünkü araştırılmamış pek çok coğrafik bölge var ve toprak siliyatlarının çoğunluğu hala tanımlanmayı beklemektedir.

Avustralya’da 21 toprak ve yosun örneği ile gerçekleştirilen diğer bir çalışmada Blatterer ve Foissner (1988), 10’u *Colpoda* cinsine ait olmak üzere, 139 siliyat türü tespit etmişler ve üç tür dışında (*Eupletes labiatus*, *Cinetochium margaritaceum*, *Halteria grandinella*), bütün türlerin Avustralya faunası için yeni kayıt olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 24 yeni ve az bilinen türün ayrıntılı tanımlarını vermişlerdir.

Tropikal protozoon çeşitliliği ile ilgili çalışmada Foissner (1995), orman toprağında 6’sı *Colpoda* cinsine ait olmak üzere, 80 siliyat türü tespit etmiş, 4 yeni cins oluşturarak, 7 yeni türün tanımını vermiştir. Orta Amerika, Kosta Rika’nın kurak tropikal ormanından bir toprak örneğinde 80 siliyat türü bulunmuştur. Araştırmacı bu habitatın iddia

edildiği gibi 200-300 tür içermediğini, bunun hayali bir rakam olduğunu ifade ederek, özellikle tropikal bölgelerde, yağmur ormanları gibi biyotopların taksonomistler tarafından tahrip edilmesinden dolayı, muhtemelen hiçbir zaman gerçek protozoon çeşitliliğinin bilinemeyeceğini belirtmiştir.

Petz ve Foissner (1997), Doğu Antartika topraklarında, aktif mikrofauna ekolojisi üzerine gerçekleştirdikleri bir çalışmada, 26 siliyat türü tespit etmişlerdir. Bu bölgede 2 *Colpoda* türünü (*C. inflata* ve *C. maupasi*) aktif olarak bulan araştırmacılar, Smith'in "karasal Antartika'da *Colpoda* cinsi yoktur" hipotezini reddetmiştir.

Avustralya, Güney Amerika ve Kosta Rika'da bulunan herdem yeşil yağmur ormanlarındaki toprak siliyatlarının çeşitliliği hakkında detaylı bilgiler veren Foissner (1997b), 33 toprak örneğini incelemiş ve 175 siliyat türü tespit etmiştir. Bunlardan 12'si *Colpoda* cinsine ait, 34'ü ise yeni türdür.

Tanımlanmamış türler de göz önüne alındığında, toprak siliyatlarının büyük bir kısmının hypotrich (% 39), gymnostomatid (% 26) ve kolpoditler (% 13) olmak üzere üç sistematik gruptan oluştuğu bildirilmektedir. Bu siliyatların çoğunluğu bakterilerle beslenir (% 39), bir kısmı predatör (% 34) ve bir kısmı da omnivordur (% 20). Bazıları güçlü bir şekilde mikofajdır ve bunlar karasal habitatlar için oldukça karakteristiktir; birkaçı da anaerobiktir. Aynı çalışmada kendi topladığı toprak örneklerinde 500 yeni türün olduğunu belirten Foissner, bunların birkaçının deskripsiyonunu yapmıştır. Bu nedenle, araştırılmamış pek çok coğrafik bölge dikkate alındığında, dünyada toprak siliyat çeşitliliğinin en az 1330–2000 türden oluştuğu ve bunların henüz % 70-80'inin tanımlanmadığı düşünülmektedir (Foissner, 1998; 1999a).

Foissner (1999a), Kenya'da (Ekvatorial Afrika) koruma altına alınmış Shimba tepelerinde 9 toprak örneği incelemiş ve çok farklı bir siliyat komünitesi bulmuştur. Bu bölgede toplam 125 tür tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada toprak örneği sayısı az olmasına rağmen, dünyanın diğer bölgelerinde aynı yöntemle (non-flooded Petri dish yöntemi) bulunan tür sayısına göre oldukça fazla miktara ulaştığı gözlenmiştir. Bulunan 125 türün 10'u yeni tür veya alt tür olarak tanımlanmış, 34'ü bu bölge için yeni kayıt, 8'i ise *Colpoda* cinsine aittir. %10 kadarı da yoğunluğu az olduğu için araştırmacılar tarafından teşhis edilememiştir.

Foissner (2000), yerel ve genel biyoçeşitliliğin değişik coğrafik bölge ya da habitatlardan dikkatli bir şekilde hazırlanmış tür listelerinden elde edilen verilere

dayandığını işaret ederek, dünya üzerinde bilinen 643 siliyat türünün hemen hemen yarısının Almanya’da bulunduğunu, bu bölgenin iyi araştırılan bir bölge olduğunu ve birçok siliyatın hala tanımlanmadığını ifade etmiştir.

Díaz ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada *Colpoda minima* türünün morfolojik özellikleri yanında kist oluşum sürecini ve eşeysiz bölünme sürecinin morfolojik özelliklerini de ortaya koymuştur.

Foissner ve Rasheid (2007), Hollanda’daki Hoge Veluwe Ulusal Parkı’ndan iki toprak örneğinde üç yeni türün de bulunduğu elli altı siliyat taksonu buldu. Çalışmada üç yeni türden ikisi ayrıntılı olarak tanımladılar. Örnekleme, örnek işleme ve taksonomik yöntemler Foissner (1991) ve Foissner ve ark. (2002)’dan takip edildi. Bu çalışmada *Keronopsis schminkei* nov. spec. ve *Apobryophyllum schmidingeri* nov. spec. morfolojik karakterleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. *Enchelys polinucleata*’nın ise taramalı elektron mikrografları ve protargol preparatlarında, oral somatik monokinetidlerin oluşumu ve sirkumoral kinetinin yokluğu ile ilgili bilgiler sunmuşlardır.

Kim ve Min (2015), Kore’den tanımladıkları *Colpoda henneguyi*, *C. lucida* ve *Bursaria truncatella* popülasyonları ile Asya popülasyonunu rapor etmişlerdir.

Daw (2018), Tunus’ta bulunan sığırların işkembe siliyat faunasını araştırmış ve sonuç olarak, *Isotricha*, *Dasytricha*, *Entodinium*, *Epidinium*, *Polyplastron*, *Enoploplastron*, *Ophryoscolex*, *Diplodinium* ve *Hsiungia* cinslerine ait 17 tür ve 10 morfolojik tespit etmiştir.

Türkiye topraklarında kaydedilen ilk siliyatlara ait bilgiler Foissner ve arkadaşları tarafından toplanmıştır. Foissner (1993), Türkiye’den aldığı toprak örneklerinde üç kolpodit (*Colpoda orientalis*, *C. steinii* ve *Trihymena terricola*) türünü teşhis etmiştir. Ayrıca 2002 yılında Foissner ve arkadaşları tarafından Türkiye topraklarında yapılan diğer bir çalışmada bir hypotrich türü (*Anatoliocirrus capari*) tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarda teşhis edilen *Colpoda orientalis* ve *Anatoliocirrus capari* Türkiye için ilk kayıt örnekleri olmuştur.

Ülkemizde serbest yaşayan siliyat protozoonlar ile ilgili çalışmalar 1990’lı yıllarda başlamış ve sınırlı coğrafik bölgeleri kapsamaktadır (Şenler ve Yıldız, 2003; Şenler ve Yıldız, 2004; Çapar, 2007; 2008; Şenler ve Yıldız, 2009; Arslanargun, 2011; Çınar, 2011; Gökçen, 2013; Yıldız ve Şenler, 2013; Yıldız, 2018; Kızıldağ ve Yıldız, 2019).

Kaya (2005), Van İl Merkezi, Edremit ilçesi ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs alanından alınan toprak örneklerinde bulunan *Colpoda* cinsine ait kolpodit siliyat türleri üzerinde morfolojik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışma sonucunda toprak örneklerinde toplam 8 *Colpoda* türünü (*Colpoda cucullus*, *C. steinii*, *C. inflata*, *C. maupasi*, *C. aspera*, *C. tripartita*, *C. eliotti*, *C. orientalis*) tespit etmiştir.

Çapar (2007), Türkiye iç sularında yaşayan Siliyat türleri (Protozoa, Ciliophora) için kontrol listesi hazırlamıştır. Bu çalışmada lokal siliyat çalışmalarını bir araya getirmiş, sonuç olarak, 2 suphylum ve 10 sınıfa ait toplam 164 takson listelemiştir. Bu çalışma Lynn (2003)'e göre revize edilmiş olan ve yüksek taksonlardaki değişimleri kapsayan Türkiye'deki ilk listedir.

Çapar (2008), farklı derecelerde ve sürekli olarak sucul ve karasal koşulların birbiri ile yer değişmesinin etkisi altında kalan taşkın zonlarda bulunan siliyatlar için bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma kapsamında, farklı habitatlarda yapılmış olan araştırmalar ele alınarak taşkın zonda yaşayan siliyat türlerini, morfolojik özellikleri açısından değerlendirmiştir. Türlerin tespitine yönelik olarak kültür ve izolasyon için petri kabı yöntemini kullanılmış; morfolojisi canlı inceleme ve protargol boyama metodu ile DIC ataşmanlı ışık mikroskobu kullanılarak çalışmıştır. Canlı çizimler, inceleme esnasında ve kayıt görüntüler yardımıyla, fotoğraf ve ölçümler ise dijital kamera kullanılarak, IM50 görüntü analiz sistemi ve Q-win ölçüm programıyla yapmıştır. Çalışma sonucunda üç farklı alanlardan toplam 94 tür tanımlanmış olup bu türlerin 43 tanesi tatlı su (göl), 51 tanesi iki farklı taşkın zonuna aittir. Teşhisi yapılan türler Litostomatea, Spirotrichea, Oligohymenophorea, Prostomatea, Karyorelictea, Colpodea, Phyllophoryngea ve Heterotrichea sınıflarına aittir.

Şenler ve Yıldız (2009), ülkemiz alkali topraklarında yaptıkları çalışmada çeşitli yöntem ve teknikleri (canlı gözlem, gümüş impregnasyon teknikleri ve morfometrik özellikler) kullanarak, 4 haptorid siliyat protozoon türü (*Pseudoholophrya terricola*, *Paraenchelys wenzeli*, *Armatoenchelys geleii* ve *Enchelyodon nodosus*) ile ilgili ayrıntılı tanımlamalarını yapmışlar ve *E. nodosus*'un ontogenezi hakkında bilgiler sunmuşlardır.

Gürelli (2010), tarafından yapılan araştırma sonucunda, 30 ata Paraisotrichidae, Buetschliidae, Blepharocorythidae, Spirodiniidae, Cycloposthiidae, Allantosomatidae ailelerine ait 24 cins tespit edilmiştir. Söz konusu tür ve formaların tümü *B. curvigula* hariç Türkiye'deki atlardan ilk kez rapor edilmiştir.

Çınar (2011), 2008-2011 yıllarında Van merkez ve çevresindeki ceviz ağacı kabuklarında bulunan kolpodit siliyat türleri üzerine yaptığı çalışmada dört *Colpoda* türü (*Colpoda steinii* Maupas, 1883; *Colpoda inflata* (Stokes, 1884) Kahl, 1931; *Colpoda cucullus* (Müler, 1773) Gmelin, 1790; *Colpoda maupasi* Enriques, 1908) belirlendi. Tüm siliyat türleri dünyanın her tarafında, toprak ve ağaç kabuklarında yaygın olarak bulunan türlerdir bununla birlikte türler ülkemizde ceviz ağaçları için ilk kayıttır.

Arslanargun (2011), Van Kalesi sulak alan topraklarındaki bazı spathid siliyatlar (protista, ciliophora, haptoria) üzerinde yaptığı morfolojik ve taksonomik araştırmalar sonucu Van Kalesi sulak alanlarındaki toprak örneklerinde Arcuospathidiidae ve Spathidiidae familyalarına ait iki siliyat türünü (*Arcuospathidium muscorum muscorum* ve *Spathidium spathula*) tespit etti.

Alpdağtaş (2012), Van ilindeki bazı sucul habitatlarda bulunan *Pleuronema coronatum* türüne ait iki popülasyon üzerinde yaptığı çalışmalar sonucu siliyatın morfolojik ve morfometrik özelliklerini tespit etmiştir.

Gökçen (2013), tarafından yapılan çalışmada *Frontonia* Ehrenberg, 1838 (Protista, Ciliophora) türleri üzerinde yaptığı morfolojik ve taksonomik araştırmalar sonucunda *Frontonia angusta angusta* Kahl 1931, *F. elliptica* Beardsley 1902 ve *F. leucas* Ehrenberg 1838 olmak üzere üç farklı *Frontonia* popülasyonu belirlenmiştir.

Son yıllarda moleküler tekniklerin siliyat sistematigi ve filogenisinde kullanılmaya başlamasıyla birlikte morfolojik veriler ile birlikte moleküler karakterizasyonlar yapılmaya başlanmış ve bu organizmaların soy hatları belirlenmeye çalışılmaktadır.

Greenwood ve ark. (1991), *Blepharisma americanum* ve *Colpoda inflata* türlerindeki SSU rDNA çalışmalarında elde ettiği filogenetik ağaçta *C. inflata* nın Colpodea sınıfındaki bireylerle uyumlu olarak konumlandığını ancak *Blepharisma americanum* türünün hipotrich siliyatlar içinde gruplanmayıp ayrı bit kladda yer aldığını belirtmişlerdir.

Lynn ve ark. (1999), Colpodea sınıfına ait *Bresslaua vorax*, *Pseudoplatyophrya nana*, *Platyophrya vorax* ve *Bryometopus sphagni* türlerinin SSU rRNA sekanslarını izole ederek ve gen bankasından elde ettikleri diğer Colpodea sınıfına ait türler ile yapılan filogenetik ağaçta *Bryometopus* ve kardeş taksonu *Bursaria*'yı içeren kılavuz asla bazal olmadığından, kreyellid silver-line sistemi daha sonra colpodean filogenisi içinde

geliştiği ve bryometopidler diğer tım kladlardan ayırmadığını; *Platyophrya* her zaman diğer beş cins için kardeş olduğundan, makro-mikronükleer kompleksin temel filogenetik için önemi olduğu ve Kolpodiler, *Colpoda*, *Bresslaua* ve *Pseudoplatyophrya* her zaman bir grupta gruplandığı için merotelokintal stomatogenez türetilmiş bir karakter durumu gibi görünmektedir.

Bowers ve ark. (1998), yaptıkları bir çalışmada, çeşitli coğrafyalardan topladığı 3 *Colpoda* türüne ait 114 canlının LSU rDNA bölgelerini izole edip çoğaltmıştır. Bu DNA'ları çeşitli restriksiyon enzimleri kesip agaroz jelde yürütmüştür. Ortaya çıkan DNA parmak izlerinden yararlanarak türler arasındaki genetik uzaklıkları hesaplamıştır. DNA fragmentleri üzerinde yaptıkları değerlendirmelerde bu türlerin farklı coğrafik bölgeler arasında farklı fragmentler içermediğini, diğer bir ifade ile aynı DNA parçacıkları ürettiklerini belirttiler.

Stechmann ve ark. (1998), dört siliyat sınıfı (Prostomatea, Colpodea, Nassophorea ve Litostomatea) arasındaki filogenetik ilişkileri çözebilmek için SSU rDNA bölgelerini incelediler. Çalışmada Prostomlardan , *Prorodon teres* ve *Coleps hirtus*'un ve Colpodea sınıfından, *Bursaria truncatella*'nın tam kodlama bölgelerini belirlediler ve veritabanı ve literatürle karşılaştırdılar. Çalışma sonucunda prostomlar ve kolpodidler monofilik gruplar olarak güçlü bir şekilde desteklendiğini tespit ettiler . Prostomlar ve kolpodidler arasında kardeş-grup ilişkisi, parsimony analizi ile ve mesafe matriks analizleri ile orta derecede desteklendiğini saptadılar. Ayrıca kolpodidler ve nassophoreanlar arasında veya kolpodidler ve litostomlar arasında yakın bir ilişki için destek olmadığını belirttiler.

Nesselquist ve Katz (2001), *Sorogena stoianovitchue* üzerinde yaptığı morfolojik ve moleküler çalışmalarda canlının morfolojik verileri ile yapılan sınıflandırmanın moleküler veriler ile yapılanla uyuşmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca yine bu çalışmada colpodea sınıfının monofiletik bir grup olmadığını ortaya koymuşlardır.

Zettler ve ark. (2005), tırtıl bağırsak faunasını çalışarak bir siliyat (*Colpoda* sp.) ve bir flagellat (*Heteromita* sp.) türlerinin morfolojik, morfometrik ve moleküler karakterizasyonunu belirtmişlerdir. İzole ettikleri siliyatın canlı morfoloji ve protargol boyama ile ortaya çıkan özelliklerini belirtmişlerdir ve canlının kolpoda cinsinin üyelerinin morfolojik açıklamasına uyduğunu tespit etmişlerdir. Moleküler çalışmada

SSU rDNA analizlerinde elde edilen ağaçta canlının diğer colpodid siliyatlar içinde yer aldığını belirtmişlerdir.

Dunthorn ve ark. (2008), Colpodea sınıfına ait 22 türün SSU rDNA bölgeleri ile çalışarak oluşturdukları ağaçlarda Bursariomorpha, Grossglockneriida ve Sorogenida takımlarının monofiletik, Bryometopida, Colpodida, Cyrtolophosidida takımlarının ve *Colpoda* cinsinin polifiletik olduğunu saptamıştır.

Foissner ve ark. (2011), Colpodea sınıfından 9 yeni siliyat türü üzerinde yaptıkları morfolojik ve moleküler çalışmalarında elde edilen ağaçta en karmaşık klada sahip grubun kolpoditler olduğunu belirtmişlerdir. Bir seneryo ile moleküler ve morfolojik verileri bağlamışlardır. Bu senaryoya göre kolpodların *Bardeliella* benzeri bir atadan evrimleştiği ve *Colpoda* cinsinin üç ana klada (Colpodina kladı, Grossglockneriina kladı ve Bryophryina kladı) ayrılmasına neden olan yoğun bir uyarlamalı radyasyona maruz kaldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ayrıca 3 yeni takson kurulduğu belirtilmiş olup, Colpodea sınıfına ait taksonların evrimi ve sınıflamasının anlaşılabilmesi için daha çok DNA veriye ihtiyaç olduğunu belirttiler.

Foissner ve Stoeck (2011), yaptıkları bir çalışmada, Meksika'da tank bromelidlerinde yaşayan bir siliyatı *Cotterillia bromelicola* olarak isimlendirip morfolojik ve moleküler karakterizasyonunu belirlemişlerdir.

Foissner (2010), Orta ve Güney Amerika'daki tank bromelidlerinde bulunan *Bromeliothrix metopoides* üzerinde yaptığı çalışma sonucunda morfolojik ve moleküler verilerin uyumsuz olduğu bu yüzden morfolojik ve moleküler evrimin ayrı incelenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Vdacny ve ark. (2014), yaptıkları bir diğer çalışmada, morfolojik verilerle yapılan filogenetik ağaçlar ile moleküler teknikleri kullanarak yapılan ağaçların arasında uyumsuzluk olduğuna vurgu yapmışlar. Bu çalışmada, sekiz yeni haptorian türünün 18S rRNA gen sekansı da dahil olmak üzere litostomatların filogenetik ağacını oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda şu verileri elde etmişlerdir: (1) çok güçlü bir şekilde desteklenen tek-değerli litoforel soylar vardır - Rhynchostomatia, Trichostomatia, Haptorida, Lacrymariida, Pleurostomatida ve Didiniida; (2) Rhynchostomatia, bir bazal litostomatean grubu için en iyi adaylardır; (3) Trichostomatia ve Haptoria'nın kardeş ilişkileri, büyük olasılıkla geleneksel morfoloji tabanlı sınıflamaları desteklemektedir; (4) Spathidiida takımının moleküler filogenisi, bir veya birkaç hızlı radyasyon olayına bağlı

olarak ya da rRNA loküsünde eksik soy sıralamadan dolayı çok kötü bir şekilde çözülmüştür; ve (5) moleküler ağaçlar ve filogenetik ağlarda *Chaenea* ve *Trachelotractus* cinslerinin bazal pozisyonu, büyük olasılıkla sınıf III' ün uzun dallanma etkilerinin bir sonucu olduğunu bildirdiler.

Dunthorn ve ark. (2014), ökaryotik mikroorganizmaların filogenisi üzerinde gerçekleştirdikleri bir araştırmada, SSU-rDNA bölgesinin V4, V9 olarak isimlendirdikleri ve diğer organizmaların dizileri ile hizalanması zor bölgeler olduğundan pek çok araştırmacı tarafından filogenetik çalışmalarda göz ardı edilen bu bölgelerin ekolojik ve evrimsel filogenetik açıdan önemli ve güvenilir bölgeler olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar bahsi geçen bu bölgelerin DNA dizisini kullanarak gerçekleştirdikleri filogenetik ağaçlarda genel anlamda Colpodea sınıfının diğer siliyatlardan bağımsız monofiletik bir grup oluşturduğunu, buna karşın sınıfın içerisinde *Colpoda* cinsinin polifiletik taksonlar şeklinde dağılmış olduğunu göstermişlerdir.

Bourland ve ark. (2014), yaptıkları morfolojik ve moleküler çalışmalarında yeni bir kolpodid siliyat (*Bryophryoides ocellatus*) tanımladılar. Bu yeni türün 18S rDNA sekanslarının % 2 oranında colpoda türlerinden farklı olduğunu ve topoloji hipotez testi ile de Colpodidae ailesi üyesi olduğunu saptamışlardır. Yapılan bu çalışmalar sonunda yeni türü *Bryophryoide* cinsine dahil etmişlerdir.

Shi ve ark. (2014), inceledikleri tavşan dışkılarında kolpodit siliyatların bulunduğunu görmüşlerdir. Yaptıkları kültürlerden elde ettikleri siliyatlar üzerinde detaylı morfolojik ve moleküler çalışmalar gerçekleştirdiler, dışkı örneklerinde bulunan türün *Colpoda aspera* olduğu saptadılar.

Foissner ve ark. (2014), nadir görülen 11 kolpodit siliyat ile ilgili yapmış oldukları morfolojik ve moleküler çalışmalarda, kolpodit siliyatların genel anlamda monofiletik bir takson olduğunu, fakat kolpoditler içerisinde yer alan alt grupların polifiletik olduklarını gösterdiler. Ayrıca araştırmacılar bu çalışmalarından elde ettikleri morfolojik ve moleküler veriler ışığında daha önce *Crytolophosis minor* olarak Vuxaovichi tarafından 1963 yılında tanımlanan türü yeni tesis etmiş oldukları *Apocrytolophosis* cinsine transfer ettiler.

Rossi ve ark. (2016), tatlı su biyotoplarında gizli biyoçeşitlilik üzerinde yürüttükleri çalışmalarında geleneksel morfolojik veriler ile moleküler dizi analizlerini karşılaştırmış ve aralarında önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar

morfolojik tanımlamaların büyük miktarda biyo-çeşitliliğin ortaya çıkmasına engel olabileceğini, gerçek biyoçeşitliliğin belirlenmesinde morfolojik veriler ile birlikte ayrıntılı moleküler verilerin de kullanılması gerekliliğini vurguladılar.

Gao ve ark. (2016), siliyat protistlerin evrimsel hipotezini test etmek amacıyla moleküler verileri kullanarak bir çalışma yürüttüler. Araştırmacılar çalışmalarında geleneksel filogenetik çalışmalar ile uyuşmayan farklı kladların olduğunu belirterek yeni taksonomik kategoriler teklif ettiler, daha önce aynı klad içerisinde yer alan grupların farklılıklarını ortaya çıkararak alt gruplara böldüler. Gerçekleştirdikleri bu çalışmada Colpodea sınıfının siliyat protistler içerisinde ayrı bir monofiletik klad olarak korunduğunu, colpodea içerisinde yer alan cins ve türlerin geleneksel sınıflandırma sistemlerinden farklı olarak polifiletik gruplar oluşturduğunu göstermişlerdir.

Kızıldağ ve Yıldız (2019), yaptıkları çalışmada, Van ili sucul habitatlarındaki *Frontonia* türlerinin izolasyonu, morfolojik ve morfometrik karakterizasyonu ile moleküler filogeni tahminlemesini yaptı. Çalışma sahasındaki 4 farklı istasyondan *F. leucas*, *F. acuminata*, *F. angusta angusta* ve *F. anatolica* türlerine ait 6 popülasyon ile çalıştı. Bu popülasyonların morfolojik ve morfometrik karakterleri canlı gözlemler ve gümüş impregnasyon yöntemleri ile belirlendi. İzole edilen popülasyonların 18S rDNA nükleotid dizileri elde edildi. *Frontonia* cinsinin filogeni tahmini Bayesiyen yaklaşımı ve maksimum olabilirlik çıkarsaması yöntemleri kullanılarak yapıldı. Çalışmanın sonucunda edilen popülasyonlar morfolojik ve morfometrik karakterler bakımından literatür bilgileri ile uyumlu olduğunu ve çalışmada izole edilen *F. acuminata* Türkiye siliyat faunası için ilk olduğunu belirtti. Ayrıca 18S rDNA nükleotid dizileri küresel anlamda ilk kez bu çalışma ile ortaya çıkarıldığını belirterek, moleküler filogenetik ağaçlar incelendiğinde *Frontonia* cinsinin monofiletik bir takson olmadığı, iki farklı soy hattını izlediği sonucunu ortaya koydu.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmanın materyalini Van İli, Tuşba, İpekyolu ve Edremit ilçelerinden alınan toprak örneklerinde bulunan *Colpoda* (Eucaryota, Ciliophora) cinsine ait kolpodit siliyat türleri oluşturmaktadır.

3.1.1. Örneklerin toplanması ve saklanması

Toprak örnekleme Van ili, Tuşba, İpekyolu ve Edremit ilçelerinde bulunan nemli ve organik maddece zengin topraklardan yapıldı. Örnekleme alanlarının seçiminde daha yoğun kolpodit siliyat elde edebilmek için toprağın nemli kalma periyodu uzun alanlar ile bitkisel organik materyal döküntülerince (çürümekte olan yaprak, ot vs.) zengin alanlar tercih edildi (Foissner, 1993; Foissner ve ark., 2002).

Nemli topraklarda yaşayan siliyatların (*Colpoda*) örnekleme ise sahadan toprak örneklerinin alınması şeklinde yapıldı. Bu amaç için nemli yapısını koruyan alanlardan yüzey toprakları temiz naylon paketlere alındı. Daha sonra laboratuvar ortamında direkt güneş ışığına maruz bırakılmaksızın kurutularak paketlenildi. Oda sıcaklığında kurutulan topraklar, siliyat kültürü hazırlamak için büyük gözenekli elekten elenerek büyük ve katı partiküller uzaklaştırıldı. Hazırlanan topraklarla, non-flooded petri kabı yöntemi (Foissner, 1997a; Foissner ve ark., 1999; Foissner ve ark., 2002) kullanıldı. Bu amaç için 100 mm çapında petri kapları kullanıldı. Siliyatların üremesini uyarmak için kültürler karbonhidrat kaynağı olarak irmik, kırılmış pirinç ve buğday ilave edildi. Petri kaplarına doluncaya kadar konulan kurutulmuş toprak örnekleri saf su ile doyuruldu. Fazla su petri eğilerek dene edildi. Suyu doyurulmuş toprak kültürlerinin kurumasını önlemek için kapakları kapatıldı. Toprak siliyatlarının gelişmesi için oksijene ihtiyaç duyarlar. Bu sebepten dolayı petri kaplarının atmosferik hava ile temasının kesilmemesi için petri kaplarının kenarına plastik bir malzeme sıkıştırılarak kapaklarının sürekli olarak açık kalmaları sağlandı. Bu şekilde hazırlanan kültürlerde siliyatların çoğalması için 5-7 gün

kadar beklendi (Foissner, 1993; Foissner ve ark., 2002; Foissner ve Xu, 2007; V'dacny ve Foissner, 2012).

3.2. Yöntem

3.2.1. Morfolojik yöntemler

3.2.1.1. Canlı incelemeler

Siliyatlarda taksonomik açıdan ayırt edici karakterlerin ortaya çıkarılması için canlı incelemeler oldukça belirleyicidir (Foissner, 1991). Bu sebepten dolayı canlı incelemeler yapmak için Petri kaplarında hazırlanan toprak kültürlerinin üzerlerine bir fiske yardımıyla saf su püskürtüldü. Bu şekilde topraklar aşırı su ile doymuş hale getirildi. Petri kapları 45-60° eğilen petri kaplarından direne olan su Pasteur pipeti yardımıyla 2-3 mL alınarak saat camlarına aktarıldı. İçerisinde yoğun siliyat bulunan kültür sıvısı stereo mikroskop altında (10-80X büyütme) incelendi. Tespit edilen Colpodid siliyatların genel görünüşleri, yüzme ve beslenme davranışları gözlemlendi. Canlı hücre karakterlerinin daha ayrıntılı ortaya çıkarılması için daha yüksek büyütme (100-1000X) mikroskoplar kullanıldı. Bu amaç için *Colpoda* örnekleri pastör pipeti ile hazırlanan kılcal pipetler yardımıyla seçilerek lam lamel arasına alındı. Yüksek büyütme mikroskopların faz kontrast ve differensial interferens kontrast özellikleri kullanılarak hücrelerin hücrenin şekli ve boyutu, hücre sitoplazmasının yapısı ve rengi besin vakuollerinin şekli, büyüklüğü, içeriği ve hücre içerisindeki dağılımı, boyutu ve konumu; nükleer apareyin şekli ve hücre içerisindeki konumu; oral apareyin şekli ve konumu; kontraktıl vakuolun yapısı ve konumu gibi özellikleri canlı olarak incelendi (Foissner, 1991; 1993; Foissner ve ark., 1999; Foissner ve Xu, 2007; V'dacny ve Foissner, 2012). Canlı incelemeleri yapılan kolpodid siliyatların morfometrik ölçümleri yapıldı ve fotomikrografları çekilerek kaydedildi.

3.2.1.2. Postfiksasyon incelemeler

Sunulan bu çalışmada, kolpodid örneklerinin oral ve somatik siliyatürü, sitoplazma içerisindeki yapıları, nükleer aygıtın özellikleri ve kontraktıl vakuol açıklığı konumu gibi karakterlerin ortaya çıkarılması için postfiksasyon incelemeler yapıldı. Bu çalışmada toplanan siliyat örnekleri % 4'lük formaldehit ve Champy fiksatifleri kullanılarak fiksasyon işlemi gerçekleştirildi. Ayrıca siliyat teşhisinde infrasiliyatür ve gümüş hatlar sistemi taksonomik açıdan önemli karakterlerdir. Bu karakterlerin belirlenmesinde Fernandez-Galiano'nun gümüş karbonat boyama tekniği ve Chatton-Lwoff'un gümüş nitrat boyama tekniği kullanıldı (Foissner, 1991; Foissner ve ark., 1999; Foissner ve ark., 2002; Foissner ve Xu, 2007; V'dacny ve Foissner, 2012). Tespitli hücrelerin morfolojik karakterlerine ilişkin çeşitli sayım ve ölçümler alınarak, bu hücrelerin fotomikrografları çekildi ve kaydedildi (Foissner, 1991; Foissner ve ark., 1999; Foissner ve ark., 2002).

3.2.1.3. Siliyatların teşhisi ve terminolojisi

Siliyatların teşhisi, terminolojisi ve sistematığı Foissner (1993), Foissner ve ark. (1991), Adl ve ark. (2005), Adl ve ark. (2012) ve (Foissner ve ark., 2002)'e göre bildirilmiştir.

Sunulan bu çalışmada elde edilen canlı ve tespitli hücrelerin çeşitli vücut karakterlerine ilişkin ölçümler oküler mikrometre ile doğrudan mikroskop altında veya fotomikrograflar üzerinden bilgisayar ortamında gerçekleştirildi. Preparasyonlar üzerinden mikroskop altında yapılan doğrudan ölçümler her objektif büyütmesi için ayrı ayrı kalibre edilmiş Nikon marka oküler mikrometre ile gerçekleştirildi. Elde edilen değerler her objektif büyütmesi için belirlenen kalibrasyon kat sayıları ile çarpıldıktan sonra sonuçlar mikrometre olarak verildi. Fotomikrograflar üzerinden yapılan ölçümler, Adobe Photoshop CS5 paket programında ölçüm araçları kullanılarak yapıldı.

Siliyatların çeşitli vücut karakterlerinin ölçümü ve sayımından elde edilen sayısal değerlerin Minitab 16.0 paket istatistik programı kullanılarak popülasyonların tanımlayıcı

istatistiksel analizleri yapıldı. Elde edilen sonuçlar çizelgeler halinde özetlendi (Özdamar, 1999a; b).

3.2.1.5. Fotomikrograflar ve diyagramlar

Canlı ve gümüşle boyanmış siliyat örneklerine ilişkin fotomikrograflar Zeiss Axio Imager A2 araştırma mikroskobu ile AxioCam HRc görüntüleme sistemi ile alındı. Elde edilen fotomikrograflarda büyütme oranlarını belirlemek için bu görüntüleme sisteminin yazılımı olan Axio Vision SE64 Rel. 4.8 programı ile objektif mikrometre fotoğraflarından yararlandı. Çizimler ve diyagramlar, canlı görüntüler, fotomikrograflar ve kaba el çizimleri üzerinden bilgisayar ortamında, Photoshop CS5 paket programı ve “uc-logic lapazz 19” çizim tableti kullanılarak gerçekleştirildi. Fotomikrograflar ve diyagramların sunulmasında hücrenin anteriyoru sayfanın üst kısmına bakacak şekilde konumlandırıldı.

3.2.2. Moleküler Yöntemler

3.2.2.1. DNA izolasyonu

Bu çalışmanın konusunu oluşturan kolpodid siliyatlar genellikle bakteriovor olmasına karşın, fırsatçı olarak diğer ökaryotik canlıları da besin olarak alabilirler. Bu nedenle DNA çalışmalarında hedef canlının DNA'sı yerine, besin vakuolündeki diğer ökaryotik canlının DNA'sının elde edilmesi olasıdır. Bu durumu önlemek için DNA izolasyonu yapılmadan önce hücreler diğer bütün organizmalardan arındırılmış, filtre edilmiş (0,45 µm por çapına sahip filtre ile süzölmüş) ortam suyunda 3-4 saat boyunca aç bırakıldı. Küçük büyötmeli stereo mikroskop altında sitoplazmasının içeriği kontrol edildi. Sitoplazmalarındaki besin vakuolleri tamamen sindirilmiş hücreler kılcal pipetler yardımı ile toplandı, stereo mikroskop altında 3 kez steril saf sudan geçirildikten sonra 0,5-1 µL kadar su ile 200 µL'lik PZR tüplerine alındı. Genomik DNA izolasyonunda optimizasyonu sağlamak için her bir PZR tüpüne 1, 2, 3 ve 5 hücre alındı. farklı sayılarda hücre içeren PZR tüpleri daha sonraki DNA izolasyonu süreçlerinde kullanılmak üzere -54°C'de 2-6 ay kadar saklandı.

Colpoda türleri kalın pelikül yapısına sahiptir. Bu sebepten dolayı rutin DNA ekstraksiyon çözeltileri ile bu peliküllerin parçalanması zor, hatta çoğu kez imkansızdır. Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla DNA ekstraksiyonuna başlamadan önce hücreler -54 °C’de dondurulduktan sonra oda sıcaklığında 10 dakika çözülmeye bırakıldı. Bu dondurup çözme işlemi 10 kez tekrarlandı. DNA izolasyonu için REDEExtract-N-Amp™ Tissue PCR kiti (Sigma) kullanıldı. İzolasyon karışımı üretici firmanın bildirmiş olduğu protokol değerleri ile daha önce siliyat çalışmalarında önerilen 1/10 oranında kit hacmi değerlerine göre hazırlandı (Gong ve ark., 2007).

Colpoda türlerine ait örneklerin kit ile uygulanan DNA izolasyonu işlem basamakları aşağıdaki gibidir:

1. Dondurulmuş olan materyal oda sıcaklığında çözüldükten sonra REDEExtract-N-Amp™ Tissue PCR kitinden 10 µL Extraction Solüsyonu ve 2,5 µL Tissue Preparation solüsyonu eklendi. Daha sonra vorteks ve kısa spin santrifüj yapıldı.
2. 10 dakika oda sıcaklığında inkübe edilerek her 2-3 dakikada bir vorteks ve kısa spin santrifüj yapıldı.
3. 10 dakika 55 °C de inkübe edildi. Daha sonra vorteks ve kısa spin santrifüj yapıldı.
4. Bu aşamadan sonra örnekler 95 °C de 3 dak inkübe edildi.
5. 10 µL Neutralization Solüsyonu B eklenerek tekrar vorteks ve kısa spin santrifüj yapıldı.
6. DNA izolasyonu gerçekleşen örnekler PZR aşaması için 4 °C sıcaklıkta saklandı.

3.2.2.2. Nükleer 18S rDNA’nın çoğaltılması

Bu çalışmada elde edilen siliyat örneklerinden izole edilen total genomik DNA’dan 18S rDNA gen bölgesi çoğaltıldı. Bu bölgeyi çoğaltmak için sırasıyla forward EukA 5' -AAC CTG GTT GAT CCT GCC AGT-3' ve reverse EukB 5'-TGA TCC TTC TGC AGG TTC ACC TAC-3' ökaryotik evrensel primer çiftleri kullanıldı (Medlin ve ark., 1988).

PZR karışımı kullanılan solüsyonun üretici firmanın belirtmiş olduğu hacimlere göre hazırlandı. Bu hacimler Çizelge 3.1’de verimiştir.

Çizelge 3.1 PZR’nda kullanılan malzemeler ve miktarları

Kullanılan malzeme	Miktar
Steril saf su	4 µL
REDExtract-N-Amp PCR Reaction Mix	10 µL
Forward primer (5 pmol)	1 µL
Reverse primer (5 pmol)	1 µL
DNA izolatu	4 µL
Toplam hacim	20 µL

Kar buz ortamına yerleştirilen PZR tüpleri içerisine 16µL PZR solüsyonu ve 4 µL daha önce ekstrakte edilmiş DNA konulduktan sonra vortex ve kısa spin yapıldı. Daha sonra Çizelge 3.2’de belirtilen PZR koşullarında hedef bölgenin (18S rDNA gen bölgesi) çoğaltma işlemi gerçekleştirildi.

Çizelge 3.2. 18S rDNA bölgesinin çoğaltılması için PZR koşulları

PZR süreçleri	Sıcaklık(°C)	Süre	Döngü
Ön Denatürasyon	94	2 dak	1 döngü
Denatürasyon	95	45 sn	40 döngü
Bağlanma	60	1 dak	
Uzama	72	3 dak	
Son Uzama	72	8 dak	1 döngü

Hedef bölge DNA’sının çoğaltılıp çoğaltılmadığını kontrol etmek amacıyla PZR ürünü, agaroz jel elektroforezinde DNA belirteci eşliğinde koşuruldu. Bu işlem için 1XTAE tamponu içerisinde %1’lik agaroz jel hazırlandı. Agaroz jel mikro dalga fırında yaklaşık 100°C üzerinde kaynatılarak çözünmesi sağlandı. Agaroz jel karışımı yaklaşık 60°C’ye kadar soğutulduktan sonra 40 ml hazırlanan jel içerisine DNA boyası olarak 1µL GelRed ilave edildi. Daha önceden tarakları ayarlanmış olan agaroz, jel tablasına döküldü. Agaroz jelin katılaşması için yaklaşık 30 dakika beklendi ve katılaştıran agaroz jel 1X TAE tamponuyla doldurulmuş olan elektroforez tankına yerleştirildi. Her kuyucuğa PZR ürünlerinden ve DNA büyüklük belirtecinden (marker) 4’er µL yüklenerek elektroforezde 100 V’luk elektriksel alanda yaklaşık 30 dakika yürütüldü. Yürütme işlemi tamamlandıktan sonra agaroz jelde PZR ürünlerinin görüntülenmesi için UV trans ilüminatör kullanıldı. PZR ürünlerinin yürüdüğü mesafe DNA belirtecindeki parçacıklar

ile kıyaslanarak doğru bölgenin çoğaltıldığı doğrulandı. Jel üzerindeki DNA parçacıklarını gösteren fotoğraflar çekildi.

3.2.2.3. DNA dizi analizi

Agaroz jel görüntülerinde yeterli miktarda ve kalitede DNA çoğaltılması sağlanmış tüpler dizi analizi yapmak üzere seçildi. Seçim işleminde agaroz jelde parlak görüntü veren, bantları geniş alana yayılmamış olan PZR ürünleri tercih edildi. Ayrıca bu ürünler arasında bir hücreden izolasyonu gerçekleştirilmiş PZR ürünlerinin seçilmiş olmasına dikkat edildi. Seçilen PZR ürünleri saflaştırma ve dizi analizi yapılmak üzere MacroGen (Amsterdam, Hollanda) firmasına gönderildi. Her bir popülasyon için 2 farklı DNA örneği dizilendi. Dizileme işleminde kullanılmak üzere ökaryotik ileri yönlü (forward) ve geri yönlü (reverse) evrensel primerleri yanında, ileri yönlü bir iç primer (internal forward) (SR7R= 5'- AGT TAA AAA GCT CGT AGT GT- 3') gönderildi. Bu iç primer daha önceden gen bankasında kayıtlı olan bütün *Colpoda* türlerine ait 18S rDNA gen dizisi içerisinde yeri kontrol edilerek seçilmiştir.

3.2.2.4. Dizilerin okunması

MacroGen firmasından dizileri elde edilen sonuçlar tarafımıza online olarak Ab1 ve text dosyaları şeklinde iletildi. Ab1 dosyaları CodonCode v. 4.1.1 paket programında açıldı ve her bir dizinin kalitesi kromatogramlar üzerinden kontrol edildi. CodoneCode v. 4.1.1 programı yardımıyla kromatogramların görüntülenmesi sonucunda, her bir dizinin düşük kalitede (yeşil işaretli alanlar) okunmuş başlangıç ve son kısımları belirlenerek uzaklaştırıldı. Her bir popülasyon için 18S rDNA gen dizisini ortaya çıkarmak için 2 adet ileri yönlü (forward), iki adet geri yönlü (reverse) ve iki adet iç bölgeden ileri yönlü (internal forward) olarak okunmuş Ab1 formatındaki diziler CodonCode v. 4.1.1 paket programında açıldı. Bu diziler program yardımıyla üst üste karşılaştırıldı (hizalandı). Hizalanmış diziler kromatogram pikleri de kontrol edilerek doğru hizalanıp hizalanmadıkları manuel olarak kontrol edildi. Hatalı hizalanmış olarak görülen kısımları düzeltildi. Toplam 6 DNA parçacığından oluşan bu diziler tek bir diziyeye (konsensüs disizi) dönüştürülerek FASTA formatına kaydedildi. Elde edilen konsensüs dizisi NCBI (National Center for Biotechnology Information) gen bankasındaki verilerle

karşılaştırılarak, dizisi elde edilen gen bölgesi doğrulandı. Bu işlemler bu çalışmada elde edilen bütün popülasyonlar için ayrı ayrı gerçekleştirildi.

3.2.2.5. Dizilerin hizalanması ve veri setlerinin oluşturulması

Colpoda türlerinin 18S rDNA bölgesine dayanan filogenetik pozisyonunun belirlenebilmesi için, yapılacak filogenetik analizlerde kullanılmak üzere *Colpoda* cinsine ait 19 popülasyon ile bu cinse en yakın *Cyrtolophosis*, *Pseudocyrtolophosis*, *Microdiaphanosoma* ve *Aristerostoma* cinslerine ait 6 tür dış grup olarak seçildi. Bu çalışmada izole edilen *Colpoda* popülasyonlarına ait FASTA formatındaki konsensüs DNA dizileri ile bu cinse ait gen bankasında kayıtlı 19 popülasyonun ilgili DNA dizileri MEGA 7.0 programı kullanılarak çağırıldı ve kaydedildi. SSU rDNA dizisi özellikle tür ayırımında kullanılan moleküler belirteç olmasından dolayı elde edilen gen dizileri diğer türlerin dizileri ile karşılaştırılarak farklı bölgeler yeniden gözden geçirildi. Bu yüzden dört türe ait (*Colpoda maupasi*, *C. magna*, *C. lucida*, *Colpoda* sp.) konsensüs diziler ile gen bankasından indirdiğimiz bu cinse ait tüm diziler ayrı ayrı MEGA 7.0 programında açılarak nükleotid değişimleri ve insersiyonlar/delesyonlar kontrol edildi. Filogenetik analizler için gen bankasından çağırılan diziler kabul numaralarıyla birlikte Çizelge 3.3'te verildi.

MEGA 7.0 programı ile alt alta açılan 29 DNA dizisi Clustal W ikili ve çoklu hizalama modeli kullanılarak bu dizilerin hizalanması yapıldı. Hizalama işlemi tamamlandıktan sonra gen bankasından alınan dizilerin bu çalışmadan elde edilen dizilerden daha uzun olan baş ve son kısımları kesilerek uzaklaştırıldı. Bu çalışmada elde edilen dizilerden daha uzun olan bölgelerin bizim diziler ile karşılaştırma imkanı olmadığından kesme işlemi gerçekleştirilmiştir (Tamura ve ark., 2013). Hizalanmış gen dizileri daha sonra yapılacak olan filogenetik analizlerde kullanılmak üzere FASTA formatında kaydedildi.

Çoklu hizalanmış hedef dizilerdeki ileri derecede değişken bölgeler ve yüksek oranda delesyon ve insersiyon içeren bölgeler filogenetik analizlerde en büyük hata kaynağını oluşturduklarından dolayı söz konusu bölgeler Gblocks v.0.91b programı ile belirlenerek hizalanmış dizilerden uzaklaştırıldı (Castresana, 2000; Talavera ve Castresana, 2007).

Çizelge 3.3. Filogenetik değerlendirmelerde kullanılan *Colpoda* türleri gen bankası kabul numaraları

Tür Adı	Kabul Numarası
<i>Colpoda aspera</i>	EU039892
<i>Colpoda aspera</i>	KF111344
<i>Colpoda cucullus</i>	EU039893
<i>Colpoda ecaudata</i>	KJ873046
<i>Colpoda elliotti</i>	KJ873047
<i>Colpoda henneguyi</i>	EU039894
<i>Colpoda inflata</i>	KJ607918
<i>Colpoda inflata</i>	M97908
<i>Colpoda inflata</i>	KJ607917
<i>Colpoda lucida</i>	EU039895
<i>Colpoda lucida</i>	KJ873048
<i>Colpoda magna</i>	EU039896
<i>Colpoda maupasi</i>	JF747215
<i>Colpoda minima</i>	EU039897
<i>Colpoda sp.</i>	JF747216
<i>Colpoda sp.</i>	AY905498
<i>Colpoda steinii</i>	KF732885
<i>Colpoda steinii</i>	DQ388599
<i>Colpoda steinii</i>	KJ607916
<i>Aristerostoma marinum</i>	EU264562
<i>Aristerostoma sp.</i>	EU264563
<i>Crytolophosis minor</i>	JQ723962
<i>Crytolophosis mucicola</i>	EU039898
<i>Microdiaphanosoma arcuatum</i>	GU997633
<i>Pseudocrytolophosis alpesiris</i>	EU264564

Doğruluğu ve güvenilirliği teyit edilmiş çoklu hizalanmış FASTA formatındaki veri seti, Bayesian çıkarsaması (BI) filogenetik analizlerinde kullanılmak amacıyla ALTER (Alignment Transformation Environment) online dosya dönüştürücü programı kullanılarak Nexus dosya formatlarına dönüştürüldü.

3.2.2.6. Filogenetik analizler

Colpoda türlerinin filogenetik analizleri, son yıllarda yaygın olarak kullanılan Bayesian çıkarsaması (BI) ve maksimum olabilirlik (ML) yaklaşımı ile gerçekleştirilmektedir. Sunulan çalışmada da çoklu hizalanmış veri seti kullanılarak bu grubun filogenetik pozisyonu BI ve ML algoritmaları kullanılarak yapıldı.

Maksimum olabilirlik analizi için gen dizileri hizalanmış FASTA formatındaki veri seti kullanılarak IQ-TREE programı ile gerçekleştirilmiştir (Nguyen ve ark., 2014). ML yaklaşımı için en uygun baz değişim modellerini belirlemek amacıyla AIC (Akaike

Informatın Criterion) parametresi kullanıldı. Bu parametreye göre en uygun nükleotid değişim modeli olarak GTR+F+I+G4 seçildi (Kalyaanamoorthy ve ark., 2017). ML filogenetik ağaç yapılandırması bootstrap istatistikî hesaplama yöntemi ile 1000 tekrarlı ağaç yapılandırılması gerçekleştirildi. Elde edilen konsensüs ağacı sonucu FigTree v1.4.2 ağaç programında açılarak bootstrap destek değerleri incelendi (Rambaut, 2016).

Bayesian çıkarsaması (BI) veri setinin oluşturulması için en uygun nükleotid değişim modeli seçimi Jmodeltest 2.1.7 programı ile AIC (Akaike Information Criterion), parametresi kullanılarak yapıldı (Posada, 2008). Bu parametrelere göre en uygun nükleotid değişim modeli GTR+I+G olarak saptandı. ALTER programında dönüştürülen Nexus dosyası Notepad⁺⁺ programında açıldı ve uygun mutasyon modeline göre veri seti komutları oluşturuldu. BI ağacı, Bayesiyen önermesi ve Markov Chain Monte Carlo (MCMC) örnekleme algoritması kullanılarak MrBayes 3.2.6 programı ile yapıldı (Ronquist ve Huelsenbeck, 2003; Ronquist ve ark., 2012). Analiz sürecinde efektif örnekleme büyüklüğü (ESS), diğer parametrelerin doğru PP (posterior probability) değeri ve örnekleme sayısının doğunluğa ulaşıp ulaşmadığı Tracer programıyla kontrol edildi (Rambaut ve ark., 2018). Program tamamlandıktan sonra elde edilen konsensüs BI ağacı FigTree v1.4.2 programı ile açılıp incelendi.

Yapılandırılan BI ve ML ağaçları PDF formatında kaydedildikten sonra Adobe Illustrator ve Photoshop programları aracılığıyla tez formatına uygun hale getirildi.

Bu çalışmada *Colpoda* cinsine ait dört türün Türkiye popülasyonlarına ait ilk kez elde edilen 18S rDNA dizileri en yakın pozisyonlu olduğu popülasyonlarla Kimura2 parametre modeli MEGA programında kullanılarak genetik uzaklıkları hesaplandı. Kimura2 parametre modeli, dört nükleotid frekansının aynı olduğunu ve yer değiştirme oranlarının bölgeler arasında değişmediğini dikkate alarak, transisyon ve transversiyon nükleotid değişimleri oranlarını dikkate alarak çoklu dizilerin genetik uzaklıkları hesaplandı (Kimura, 1980).

4. BULGULAR

4.1. Morfolojik Bulgular

4.1.1. *Colpoda lucida* Greeff, 1888

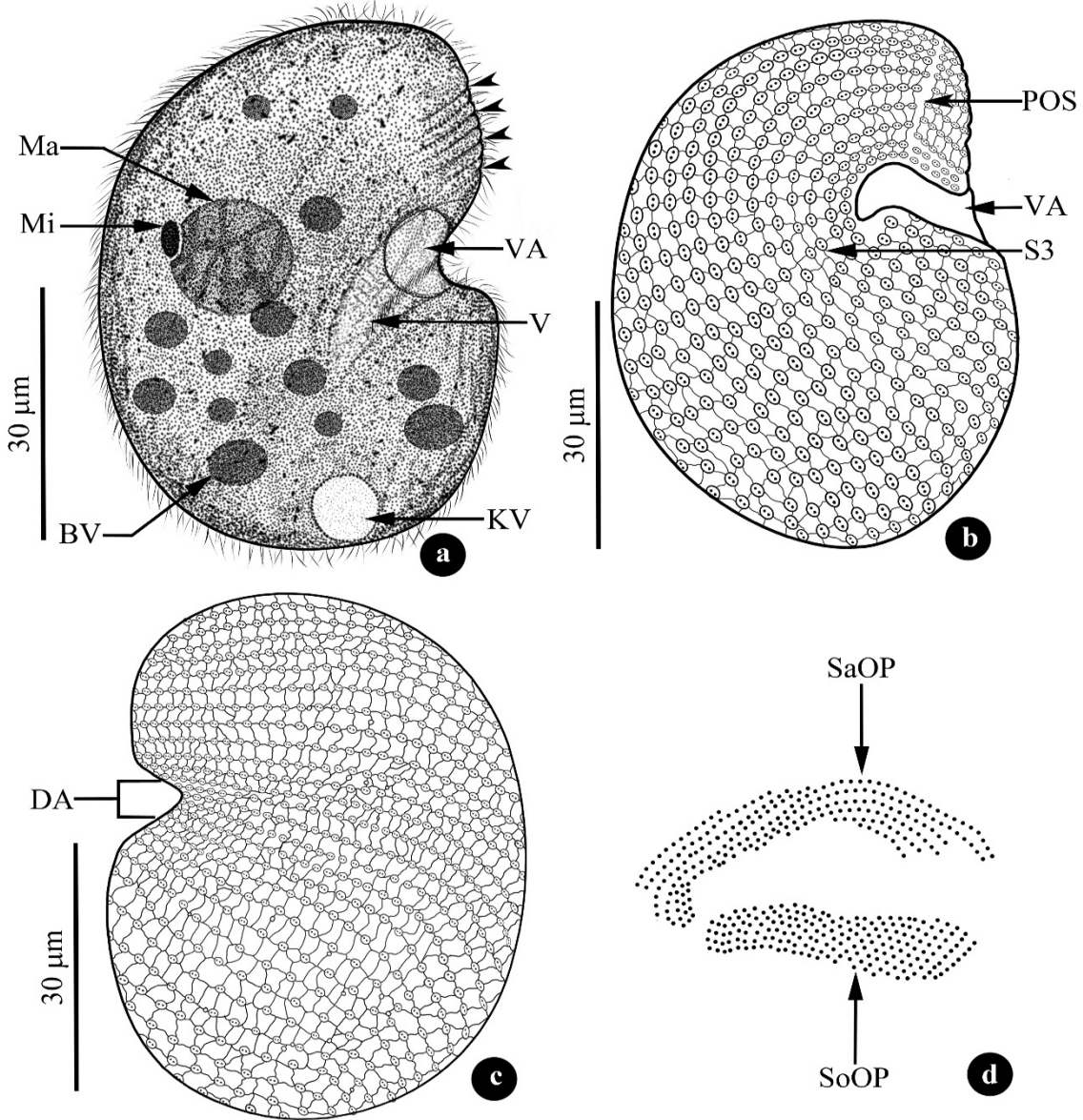
Hücre canlı olarak ortalama 64 μm (52–78) μm uzunluğunda ve 50 μm (38–60) genişliğinde olup küçük ile kısmen küçük türler kategorisine girmektedir. Canlı bireylerde hücre genişliği uzunluğunun %77'si olarak hesaplandı. Gümüş nitrat ile impregne edilmiş örneklerde hücre uzunluğu 65 μm (45–95), genişliği ise 47 μm (30–63) olarak belirlendi.



Şekil 4. 1. *Colpoda lucida* popülasyonlarının canlı fotomikroagrafları. **a, b, c.** Işık mikroskobu görüntüleri. Ma= Makronukleus; KV= kontraktıl vakuol; Oklar = Vestibular açıklık.

Sağ ya da sol lateralden bakıldığında hücre böbrek ya da fasulye biçimlidir. Hücrenin postoral kısmı preoral kısmından hafifçe daha geniştir (Şekil 4.1a–c). Preoral kısım ventralde yivli görünüme (omurga) sahiptir (Şekil 4.2a). Omurga 7–8 çıkıntı biçimli yapıdan oluşur. Sol lateral hemen hemen düz veya hafifçe konveks, sağ lateral ise konveks yapıdadır. Hücre lateral olarak 1:3–1:4 oranında yassılaştırmıştır. Çok derin olmayan diyagonal arka sahiptir (Şekil 4.2c, Şekil 4.3b, e). Diyagonal ark, oral açıklığın sol kenarından başlar, sol latarelda posteriyor dorsale yönelir, posteriyor yarımın orta kısımlarında sonlanır. Sitoplazma renksizdir. Sitoplazmada, büyüklükleri 2–10 μm

çapında besin vakuolleri bulunur (Şekil 4.2a). Besin vakuolleri hücrenin tamamında bulunmakla birlikte posteriyor yarıda daha yoğun oldukları görüldü. Hücrenin posteriyoründe terminal olarak konumlanmış tek kontraktıl vakuole sahiptir (Şekil 4.1a, Şekil 4.2a). Kontraktıl vakuol veziküler yapıdadır.

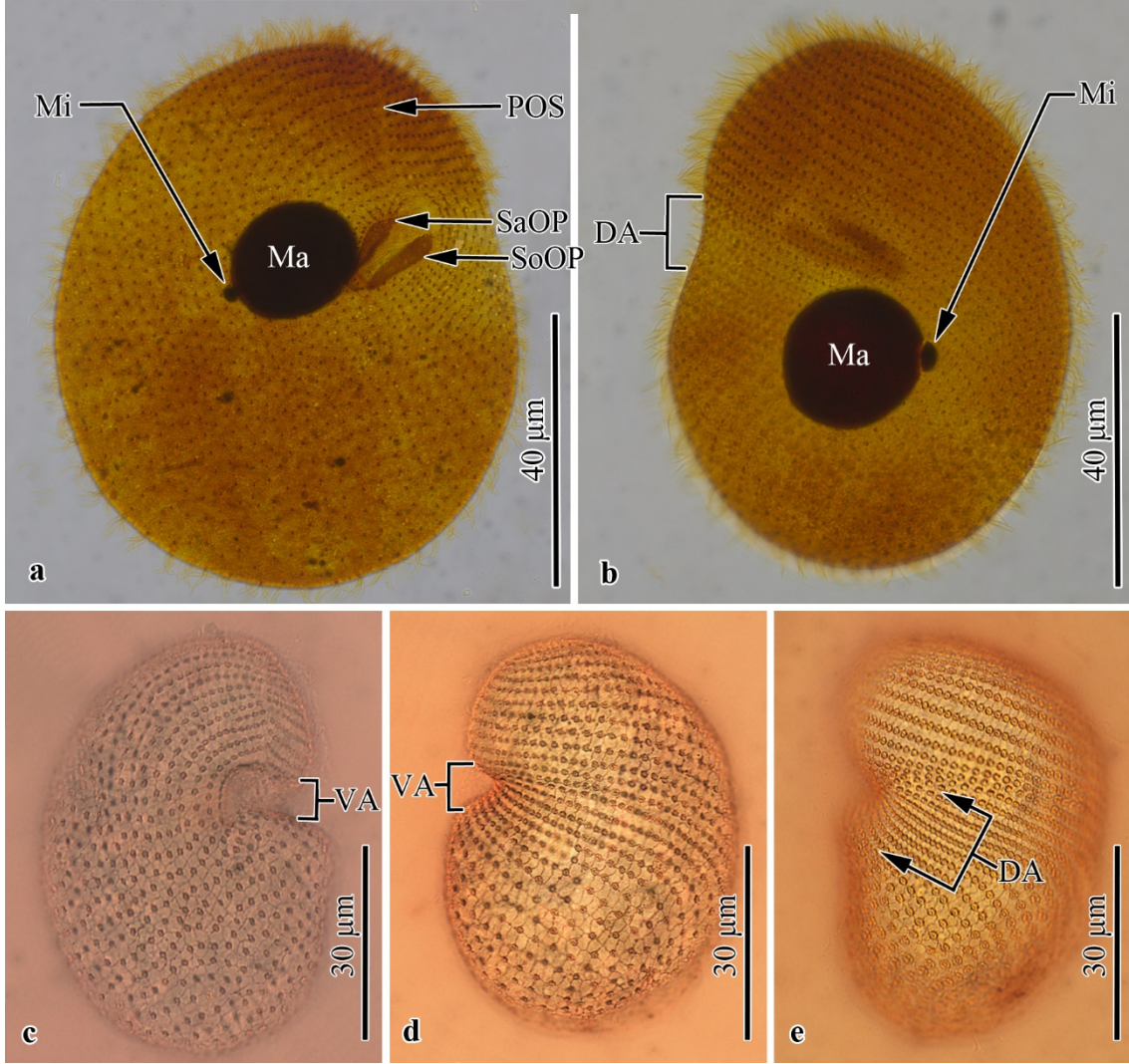


Şekil 4. 2 *Colpoda lucida*'nın genel morfolojisi ve infrasiliyatür diyagramları. **a.** *in vivo* diyagram (ok başları= omurga çıkıntıları); **b** sağ ventral infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistem diyagramı; **c.** sol taraf infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistem diyagramı. **d.** Oral polikinetid diyagramı; BV= besin vakuolu; DA= diyagonal ark; KV= kontraktıl vakuol; Ma= makronükleus; Mi= mikronükleus; POS= preoral sütür; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; S3= 3. somatik sil sırası; V= Vestibular kese; VA= vestibüler açıklık; Ok başları = omuga çıkıntıları.

Oral aparey ekvatorial düzlemin hafifçe anteriyöründe konumlanmıştır. Oral açıklığın anteriyöre olan uzaklığı ortalama hücre uzunluğunun %41'i olarak hesaplandı (Çizelge 4.1). Ventralde yer alan vestibular açıklığın uzunluğu (anteriyör–posteriyör istikametteki uzunluk) ortalama 11 µm olarak hesaplandı. Bu uzunluk hücrenin yaklaşık 1:6 sı kadar olup canlı ve postfiksasyon incelemelerinde oldukça göze çarpıcı bir yapı oluşturur (Şekil 4.1a—c, Şekil 4.2a, b, Şekil 4.3c, d). Vestibuular açıklığın içerisi sağ ve sol olmak üzere iki oral polikinetid grubu ile döşenmiştir (Şekil 4.2d, Şekil 4.3a). Su sirkülasyonu sağlayarak besinleri vestibulum boyunca sitostoma iletmekle görevli olan bu polikinetidler şekil ve düzenlenme bakımından birbirlerinden farklıdırlar. Her iki oral polikinetid de hemen hemen birbirlerine paralel, ana vücut eksenine ile yaklaşık 45° açı yapacak şekilde konumlanmıştır. Sağ oral polikinetid düzensiz veya az düzenli kinetozom sıralarından meydana gelmiştir. Sağ oral polikinetid, kendi eksenine az çok paralel olarak düzenlenmiş, 4–6 kinetozom sırasından oluşur ve uzunluğu ortalama 14 µm kadardır. Sağ oral polikinetidin distal kısmı geriye doğru hafifçe kıvrılmıştır ve kanca şeklinde bir yapı oluşturur. Sol oral polikinetid distal ucu daralmış, apikal ucu hafifçe geniş uzunca bir raket biçimlidir. Kendi eksenine ile 45° açı yapacak şekilde düzenlenmiş 24 kadar kinetozom sırasından meydana gelmiştir. Uzunluğu ortalama 13 µm kadardır.

Nüklear aparey 1 makronükleus ve 1 mikronükleustan meydana gelmiştir. Genellikle hücrenin orta kısmında oral apareyin dorsalinde konumlanmıştır (Şekil 4.1a-c, Şekil 4.2a, Şekil 4.3a, b). Bazen hücrenin anteriyör ya da posteriyör yarımına daha yakındır. Nükleolar materyal ağsı görünümüne sahiptir (Şekil 4.2a). Makronükleus oval ya da küresel biçimlidir ve makronükleusun büyüklüğü 13 × 11 µm kadardır. Mikronükleus oval ya da eliptik biçimlidir. Makronükleusa çok yakın, ya da onun hafif bir girintisi içerisinde konumlanmıştır. Makronükleus ile çok yakın ilişkili olduğu için preparasyonlarda fark edilmeleri güçtür.

Sıvı fazda saat yönünün aksi yönde uzun eksenleri etrafında dönerek orta derecede hızlı olarak anteriyör yönde ilerleyerek yüzerler. Zeminde, toprak partiküllerinin arasında sağ laterelleri üzerinde sürünerek hareket ederler. Zeminde, toprak partikülleri üzerinde, saat yönünün tersinde dönerek hareket ettikleri gözlemlendi.



Şekil 4.3. *Colpoda lucida*'nın infrasiliyatür fotomikrografları. **a.** sağ ventral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); **b.** sol ventral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); **c.** sağ infrasiliyatür (gümüş nitrat impregnasyonu); **d, e.** sol infrasiliyatür (gümüş nitrat impregnasyonu); DA= Diyagonal ark; Ma= makronükleus , Mi= mikronükleus; POS= preoral suture; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; VA= vestibüler açıklık

Somatik silleri canlı hücrelerde 6–7 µm uzunluğundadır. Somatik siliyatür dikinetid olarak düzenlenmiş sil sıralarından oluşur. Her bir kinetozomdan bir sil orijinlenir. Kinetileri oluşturan dikinetidler arasındaki mesafe posteriyordan anteriora gittikçe azalır (daha sık konumlanır) (Şekil 4.2b, c, Şekil 4.3a-e). Sağ ve sol lateraldeki somatik kineti sayıları hemen hemen birbirine eşit (18–19) olup, her iki yüzeydeki kineti sayısı ortalama 37 kadardır (Çizelge 4.1). Sağ lateralde vestibular açıklığın gerisinde yer alan 3. somatik kinetideki kinetozom sayısı ortalama 22 olarak hesaplandı. Sağ ve sol

lateraldeki sil sıraları preoral bölgede karşı karşıya gelerek sütür oluştururlar (preoral sütür) (Şekil 4.2b, Şekil 4.3a). Somatik kinetiler her iki yüzde de (sağ ve sol lateralde) “S” şeklinde kıvrılmış olarak düzenlenirler. 8–10 karar postoral sil sırası mevcuttur. Vestibular açıklığın sol kenarından başlayan 4–5 kineti post oral sil sıraları ile birlikte diyagonal arka doğru yönelirler. Vestibüler açıklıkta derin olarak başlayan diyagonal ark hücrenin son çeyreğine doğru giderek sığlaşır ve kaybolur.

Gümüş çizgiler sistemi cucullus tiptedir: granül ve halkalardan oluşur, dikdörtgen biçimli ve ağsıdır (Şekil 4.2b, c, Şekil 4.3c-e).

Çizelge 4.1. *Colpoda lucida*'nın morfometrik karakterizasyonu

Karakterler	\bar{x}	Max	Min	M	SH	SS	VK	N
Hücre uzunluğu,* μm	63.55	78.75	52.50	64.16	0.78	6.16	9.70	62
Hücre genişliği,* μm	48.91	61.25	37.91	49.58	0.74	5.79	11.85	61
Hücre genişliği/Hücre uzunluğu,* (%)	77.06	94.73	66.66	77.27	0.63	4.90	6.36	61
Vestibüler açıklık uzunluğu, μm	11.06	21.00	6.00	11.00	0.34	2.57	23.19	58
Vestibüler açıklığın apeksten uzaklığı, μm (VAU)	27.33	43.00	16.00	27.00	0.61	4.71	17.23	60
Vestibüler açıklığın posteriyor uçtan uzaklığı, μm (VPU)	28.37	57.00	14.00	27.00	1.21	9.19	32.40	58
VAU/Hücre uzunluğu, (%)	41.45	61.43	25.60	40.67	0.88	6.85	16.52	60
VPU/Hücre uzunluğu, (%)	41.86	60.00	20.00	41.80	1.19	9.06	21.63	58
Makronükleus uzunluğu, μm	13.57	18.00	9.00	14.00	0.33	2.21	16.27	46
Makronükleus genişliği, μm	11.30	16.00	8.00	11.00	0.25	1.69	14.90	46
Makronükleus uzunluğu /makronükleus genişliği	1.21	1.63	1.00	1.17	0.03	0.17	14.07	46
Makronükleus uzunluğu/Hücre uzunluğu, (%)	20.76	29.57	14.19	20.35	0.56	3.81	18.39	46
Makronükleusun apeksten uzaklığı, μm (MAU)	21.59	34.00	12.00	21.50	0.65	4.40	20.38	46
MAU/Hücre uzunluğu, (%)	33.08	48.57	19.35	33.60	1.08	7.31	22.08	46
ÇMakronükleusun ventralden uzaklığı, μm	16.89	28.00	7.00	17.00	0.59	4.00	23.66	46
Mikronükleus uzunluğu, μm	2.63	4.00	2.00	3.00	0.11	0.61	23.20	32
Mikronükleus genişliği, μm	1.81	3.00	1.00	2.00	0.09	0.53	29.52	32
Sağ lateral somatik kineti sayısı	18.86	24.00	13.00	19.00	0.67	3.14	16.63	22
Sol lateral somatik kineti sayısı	19.15	23.00	14.00	20.00	0.78	2.79	14.59	13
3. somatik kinetideki dikinetid sayısı	22.07	30.00	17.00	21.50	1.04	3.89	17.63	14
Sağ oral polikinetid uzunluğu	14.11	20.00	11.00	12.00	1.07	3.22	22.81	9
Sağ oral polikinetid genişliği	2.68	3.00	2.00	3.00	0.17	0.50	18.75	9
Sağ oral polikinetidin apeksen uzaklığı	15.56	20.00	12.00	15.00	1.03	3.09	19.84	9
Sol oral polikinetid uzunluğu	13.00	17.00	10.00	13.00	0.79	2.49	19.19	10
Sol oral polikinetid genişliği	3.80	5.00	3.00	4.00	0.20	0.63	16.64	10
Sol oral polikinetidin apeksten uzaklığı	19.40	20.00	17.00	20.00	0.69	2.17	11.19	10
Sol oral polikinetideki sil sırası sayısı	24.36	31.00	18.00	24.00	0.96	3.59	14.72	14

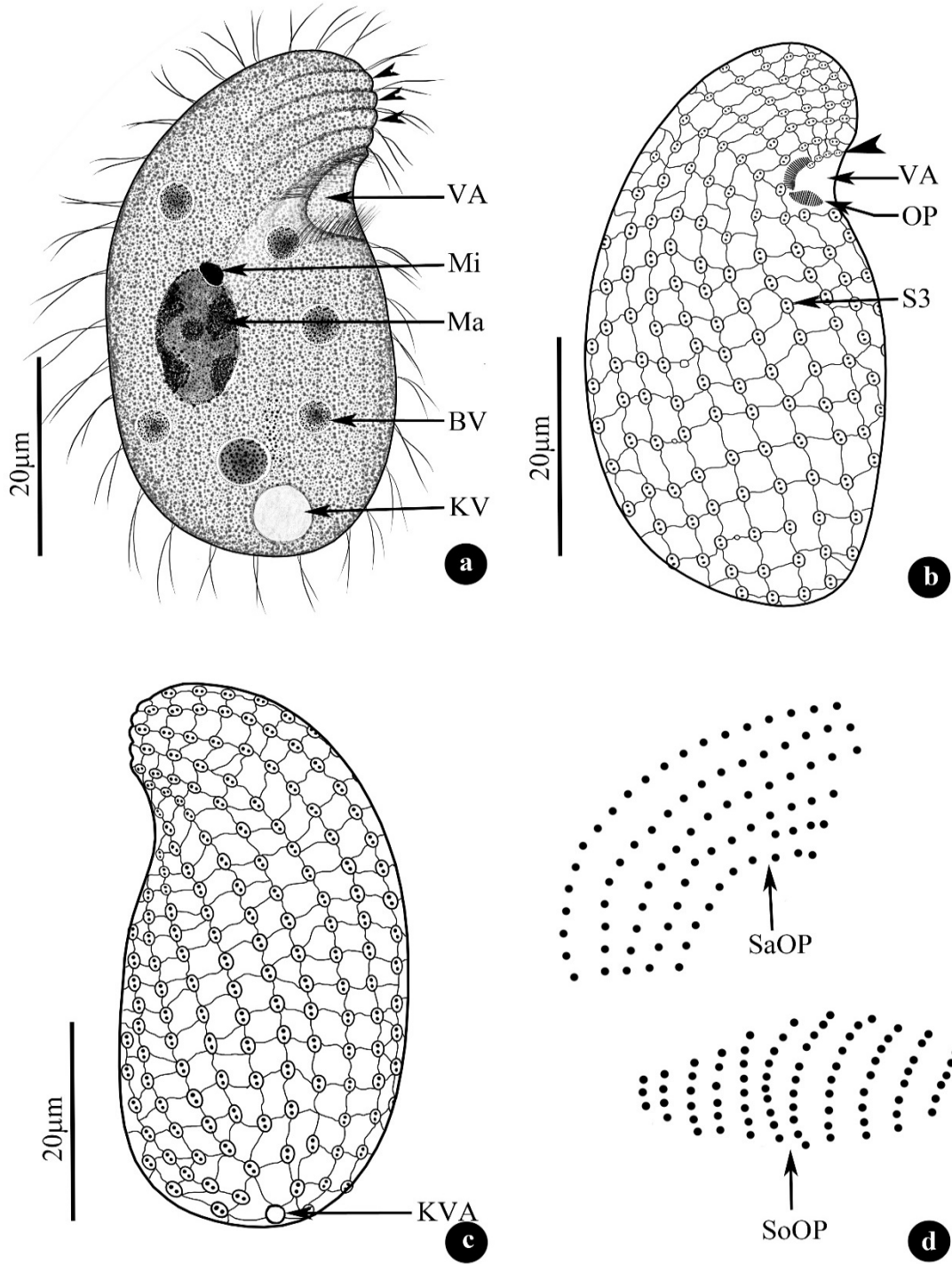
* Üst satırdaki veriler canlı örneklerden, alt satırdaki veriler gümüş nitrat impregnasyonu preparasyonlarından elde edilmiştir.

4.1.2. *Colpoda maupasi* Enriques, 1908

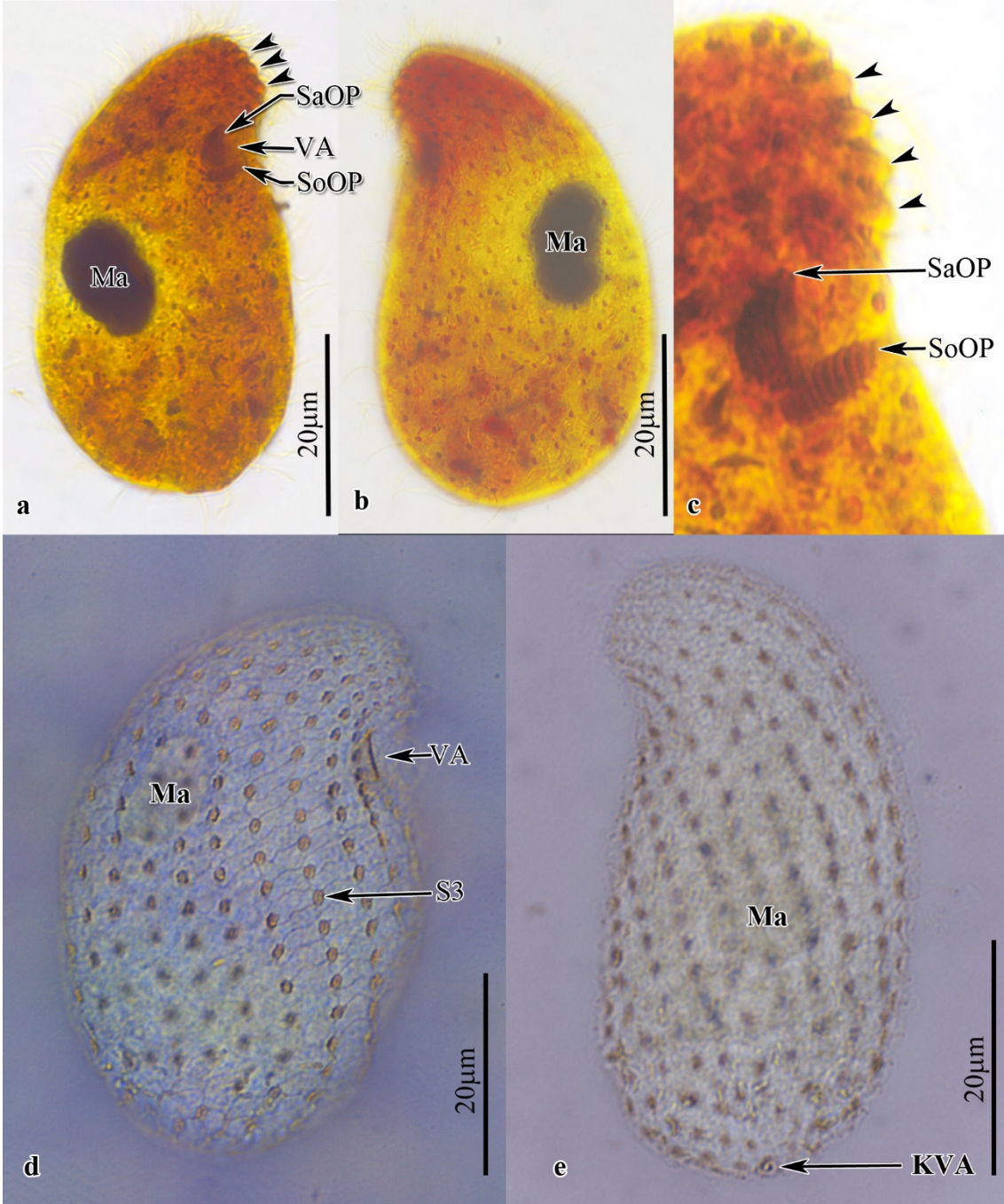
Hücre boyutları tespitli hücrelerde ortalama $52\mu\text{m}$ (35–64) uzunluğunda ve $28\mu\text{m}$ (27–38) genişliğinde ölçüldü (Çizelge 4. 2). Bu değerlere bakıldığında küçük ile kısmen küçük tür kategorisinde yer almaktadır. Hücre genişliği uzunluğunun %53' ü kadardır.

Siliyatın vücut şekli fasülye şeklinde olup anterior uç hafif sivrilmiş şekilde görüldü (Şekil 4.4a-c, Şekil 4.5a,b, d, e). Preoral kısım çok kısa olup , vücut uzunluğunun yaklaşık dörtte biri kadardır. Dorsal tarafı hafif konveks, ventral taraf ise preoral kısım hafif konkav yada düzdür. Postoral kısım ise konvektir. Canlı lateral olarak yassılaştırmıştır. Hücrenin en geniş yeri ekvatoriyal bölgesidir. Preoral kısımda genellikle 4 – 6 çıkıntıya sahiptir (omurga) (Şekil 4.4a, Şekil 4.5a, c). Stoplazma renksizdir. Stoplazmada özellikle kontraktıl vakoul etrafında çubuk şekilli sarımsı kristaller içerir. Besin vakuolleri az sayıda ve küresel şekillidir. Genellikle hücrenin orta kısmında veya posteriorunda bulunurlar. Canlı küçük büyütmelede şeffaf olarak görünmektedir. Kontraktıl vakuol tek olup, posterior uçta yer almaktadır. Veziküler yapıda olan kontraktıl vakuol kasıldığında ana vakuolun etrafından küçük toplama keselerinin oluştuğu gözlemlendi. Konraktıl vakuol posteriyor kutupta terminal olarak tek açıklıkla dışarı açılır (Şekil 4.4 a, c; Şekil 4.5e).

Vestibular açıklık ventralde ekvatorial düzlemin anteriorunda konumlanmıştır (Şekil 4.4a, b; Şekil 4.5a, b). Vestibular açıklığın anteriore uzaklığının vücut uzunluğuna oranı yaklaşık %26 kadardır. Vestibular açıklığın uzunluğu vücut uzunluğuna göre oldukça küçük olup yaklaşık vücut uzunluğunun %14'ü kadar hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Oral polikinetidler vestibulumdan dışarı doğru uzanır. Sağ oral polikinetid, sol oral polikinetid ile 60° lik açı yapacak şekilde konumlanmıştır (Şekil 4.4a, d; Şekil 4.a, c). Sol oral polikinetid eliptik olmakla birlikte distal kısmı sivrileşmiştir ve vücut eksenine göre yatay olarak konumlanmıştır. Ortalama $4\mu\text{m}$ uzunluğunda $2\mu\text{m}$ genişliğinde olup 9 (7–12) düzenli sil sırası içermektedir (Şekil 4.4d). Genellikle yarım ay şekline sahip olan sağ oral polikinetid düzensiz sil sıraları içermektedir.



Şekil 4.4. *Colpoda maupasi*'nin genel morfolojisi ve infrasiliyatürü. **a.** *in vivo* diyagram (ok başları= omurga çıkıntıları); **b** sağ ventral infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistem diyagramı; **c.** sol taraf infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistem diyagramı. **d.** Oral polikinetid diyagramı; BV= besin vakuolu; DA= diyagonal ark; KV= kontraktıl vakuol; Ma= makronükleus; Mi= mikronükleus; OP= oral polikinetidler; POS= preoral sütün; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; S3= 3. somatik sil sırası; V= Vestibular kese; VA= vestibüler açıklık; Ok başları = omuga çıkıntıları.



Şekil 4.5. *Colpoda maupasii* 'nin infrasiliyatür fotomikrografları. **a.** sağ ventral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); **b.** sol ventral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); **c.** oral polikinetidler ve omuğa çıkıntılı (gümüş karbonat impregnasyonu); **d.** sağ infrasiliyatür (gümüş nitrat impregnasyonu); **e.** sol infrasiliyatür (gümüş nitrat impregnasyonu). Ma= makronükleus , Mi= mikronükleus SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; VA= vestibüler açıklık; KVA= kontraktıl vakuol açıklığı; Ok başları= omuğa çıkıntılıları.

Nükleer aparey 1 makronukleus ve 1 mikronukleustan oluşmaktadır. Gümüş karbonat preparatlarında küresele yakın hafif oval bir makronukleus genellikle hücrenin merkezinde yer almaktadır (Şekil 4.4a; Şekil 4.5a-b). Makronukleusun anteriyore olan uzaklığının hücre uzunluğuna oranı yaklaşık % 45 olarak hesaplandı (Çizelge 4.2). Gümüş nitrat preparatlarında makronukleus ortalama 10 µm uzunluğunda ve 8 µm genişliğinde ölçülmüştür. Mikronukleus genellikle oval biçimli ve makronukleus ile ilişkilidir (Şekil 4.4a). Nükleer materyal çok çeşitli olmakla birlikte genellikle kaba taneli parçalı formda görülmektedir.

Çizelge 4.2. *Colpoda maupasi*' nin morfometrik karakterizasyonu

Karakterler	\bar{x}	Max	Min	M	SH	SS	VK	N
Hücre uzunluğu, µm	51.59	64.00	35.00	51.00	0.99	7.09	13.75	51
Hücre genişliği, µm	27.10	38.00	16.00	27.00	0.72	5.13	18.94	51
Hücre genişliği/Hücre uzunluğu, %	52.57	69.56	33.33	52.00	0.99	7.03	13.38	51
Vestibüler açıklık uzunluğu, µm	7.13	12.00	4.00	7.00	0.29	1.70	25.17	39
Vestibüler açıklığın apeksten uzaklığı, µm (VAU)	13.37	22.00	8.00	13.00	0.39	2.39	17.86	38
Vestibüler açıklığın posteriyor uçtan uzaklığı, µm (VPU)	27.68	49.00	22.00	37.00	1.01	6.22	1650	38
VAU/Hücre uzunluğu, %	26.37	40.00	18.97	26.09	0.70	4.32	16.39	38
VPU/Hücre uzunluğu, %	73.63	81.03	60.00	73.91	0.70	4.32	5.87	38
Makronukleus uzunluğu, µm	10.35	16.00	7.00	10.00	0.25	1.74	16.80	49
Makronukleus genişliği, µm	7.65	12.00	4.00	8.00	0.23	1.58	20.73	48
Makronukleus uzunluğu /makronukleus genişliği	1.39	2.60	1.00	1.32	0.05	0.33	23.36	48
Makronukleus uzunluğu/Hücre uzunluğu, %	20.19	28.89	14.29	20.00	0.52	3.61	17.86	48
Makronukleusun apeksten uzaklığı, µm (MAU)	22.87	33.00	12.00	23.00	0.67	4.57	19.99	47
MAU/Hücre uzunluğu, %	44.69	59.52	25.81	44.83	1.21	8.27	18.49	47
Makronukleuzun ventralden uzaklığı, µm	11.89	20.00	4.00	12.00	0.59	4.05	34.01	47
Mikronukleus uzunluğu, µm	2.00	3.00	1.00	2.00	0.17	0.50	25.00	9
Mikronukleus genişliği, µm	1.17	2.00	1.00	1.00	0.12	0.35	30.30	9
Sağ lateral somatik kineti sayısı	8.73	11.00	7.00	9.00	0.27	1.03	11.83	15
Sol lateral somatik kineti sayısı	8.88	10.00	8.00	9.00	0.23	0.64	7.22	8
3. somatik kinetideki dikinetid sayısı	15.89	20.00	13.00	16.00	0.43	1.81	11.40	18
Sağ oral polikinetid uzunluğu	5.30	7.00	4.00	5.00	0.26	0.82	15.53	10
Sağ oral polikinetid genişliği	2.33	3.00	2.00	2.00	0.17	0.50	21.43	9
Sağ oral polikinetidin apeksen uzaklığı	10.44	12.00	9.00	10.00	0.38	1.13	10.82	9
Sol oral polikinetid uzunluğu	4.44	5.00	4.00	4.00	0.18	0.53	11.86	9
Sol oral polikinetid genişliği	2.33	3.00	2.00	2.00	0.17	0.50	21.43	9
Sol oral polikinetidin apeksten uzaklığı	13.44	15.00	11.00	14.00	0.44	1.33	9.92	9
Sol oral polikinetideki sil sırası sayısı	8.86	11.00	7.00	9.00	0.51	1.35	15.19	7

Sıvı fazda saat yönünün tersi yönünde orta hızda hareket eder. Yaygın olarak toprak partikülleri arasında sürünerek hareket ettiği gözlemlendi. Zaman zaman besin almak için hareketsiz kaldığı görüldü.

Canlı hücrelerde sil uzunlukları ortalama $7\mu\text{m}$ olarak ölçüldü. Canlıda somatik infrasiliyatür dikinetid olarak düzenlenmiş sil sıralarında oluşmaktadır. Dikinetidler preoral kısımda daha yakın postoral kısımda daha uzak konumlanmıştır (Şekil 4.4b, c; Şekil 4.5a, b, d, e). Somatik sil sırası sayıları sağ lateralde ve sol lateralde yaklaşık eşit olup toplam 18 dikinetid içerir. Sağ lateralde vestibular açıklığın gerisinde yer alan 3. somatik kinetideki kinetozom sayısı ortalama 16 olarak hesaplandı. Her iki tarafta bulunan sil sıraları preoral kısımdan başlayarak spiral şekilde düzenlenip canlının posteriyöründe sonlanır (Şekil 4.4b, c; Şekil 4.5a, b, d, e). Vestibulumun sol tarafında bulunan postoral kinteti ortalama 3–4 kinetozomdan oluşur. Sağ lateraldeki ilk sil sırası 3–4 dikinetidten oluşup, vestibular açıklığın üzerinde son bulur (vestibular kineti).

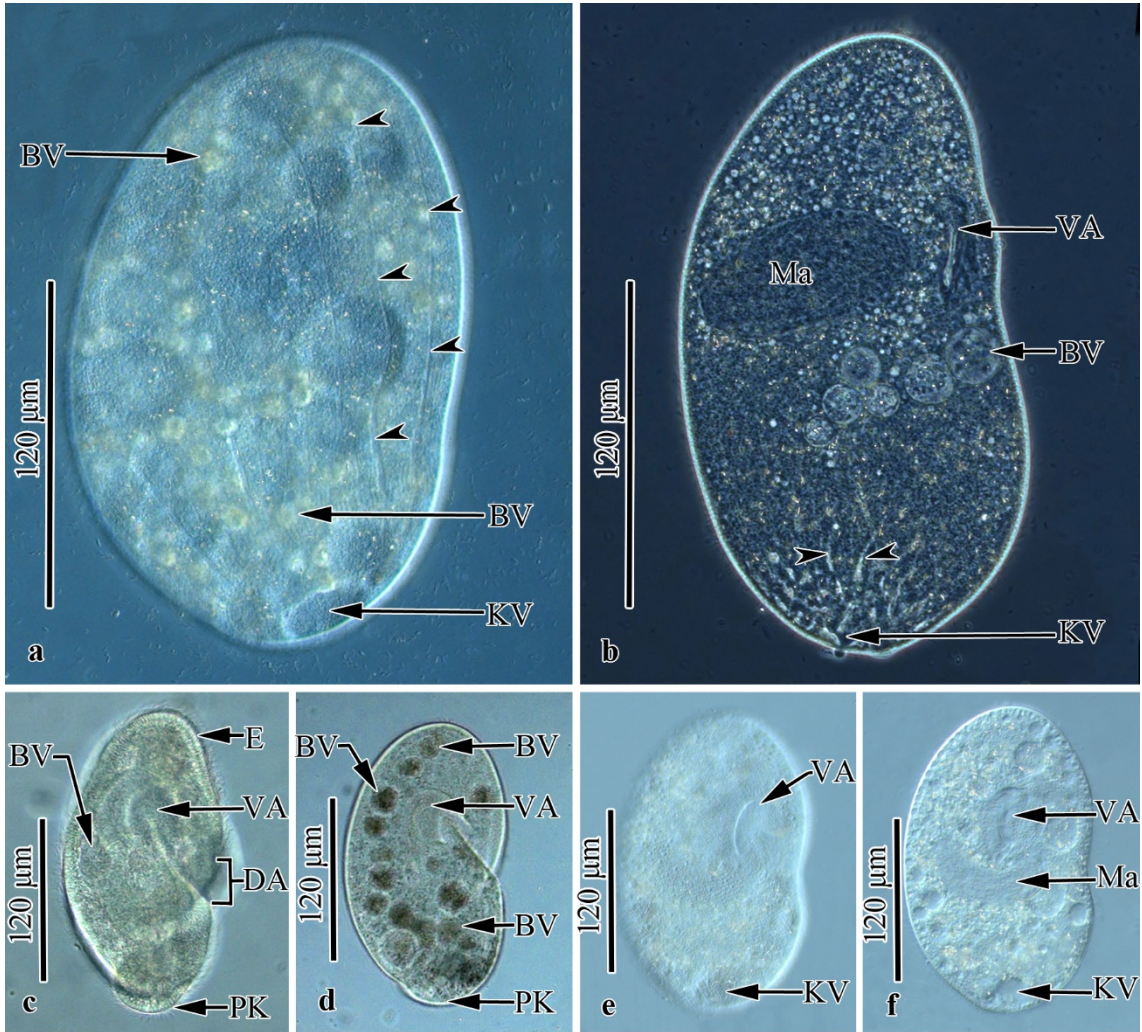
Gümüş hatlar sistemi (Silverline sistem) dikdörtgen şekillidir. Birkaç granül ve halka içerir (aspera tip) (Şekil 4.4b, c; Şekil 4.5d).

4.1.3. *Colpoda magna* (Gruber, 1879) Lynn, 1978

Hücre boyutları canlı hücrelerde ortalama $225\mu\text{m}$ ($117\text{--}301$) uzunluğunda ve $131\mu\text{m}$ ($67\text{--}199$) genişliğinde ölçüldü. Hücre genişliği hücre uzunluğunun yaklaşık %58' i kadardır (Çizelge 4.3).

Hücre her iki latreralden bakıldığında genel olarak böbrek biçimlidir (Şekil 4.6a-f; Şekil 4.7a, b; Şekil 4.8a, b). Canlının ventral tarafı hafif konkav ve dorsal taraf ise genel olarak hafif koveks şeklindedir. Ancak canlının postoral kese taşımasından dolayı dorsal taraf çentikli görülmektedir (Şekil 4.6c, d; Şekil 4.7a, b; Şekil 4.8b). Canlı 1:4 oranında lateral olarak yassılaşmıştır. Sağ tarafı neredeyse düzleşmiş olup sol taraftan canlıya bakıldığında derinlikten dolayı canlı üç parça görünmektedir. Diyagonal ark derin olup spirial şeklindedir (Şekil 4.6c; Şekil 4.7a, b; Şekil 4.8b). Vestibulumun sol tarafından başlayarak vücudu bir turdan fazla dolanarak postoral kesede sonlanır. Postoral kese kontraktıl vakuol ile ilişkilidir. Stoplazma renksizdir ancak özellikle kontraktıl vakuol yakınlarında az miktarda yağ damlacıkları ve kristaller içerdiğinden dolayı küçük büyütmelerde koyu kahve renginde görünür.. Sitoplazmada çok sayıda küresel ve

kompakt besin vakuolleri bulunur (Şekil 4.6a-d; Şekil 4.7a). Canlı çoğunlukla bakteriler ile beslenir, ancak bazen yeşil alg, kamçılı ya da silli canlılar ile beslendiği görülmüştür. Kontraktıl vakuol canlının posterioründe, postoral kesenin içerisinde yer alır. Yaklaşık 10–15 toplama kanalına sahiptir. Kanalların anterior uca kadar uzandığı görüldü (Şekil 4.6a, b; Şekil 4.7b, c). Boşaltım açıklığı tek olup hücrenin posteriyöründe terminal olarak yerleşmiştir.



Şekil 4.6. Colpoda magna'nın farklı morfolojik karakterlerine ilişkin canlı fotomikrografları. **a, e, f.** diferansiyel interferens-kontrast (DIC) görüntüleri; **b.** faz-kontrast görüntüleri; **c, d.** ışık mikroskobu görüntüsü. BV= besin vakuölü; E= ekstruzom; KV= kontraktıl vakuol; Ma= makronükleus; PK= postoral kese; VA=vestibular açıklık; ok başları= toplama kanalları.

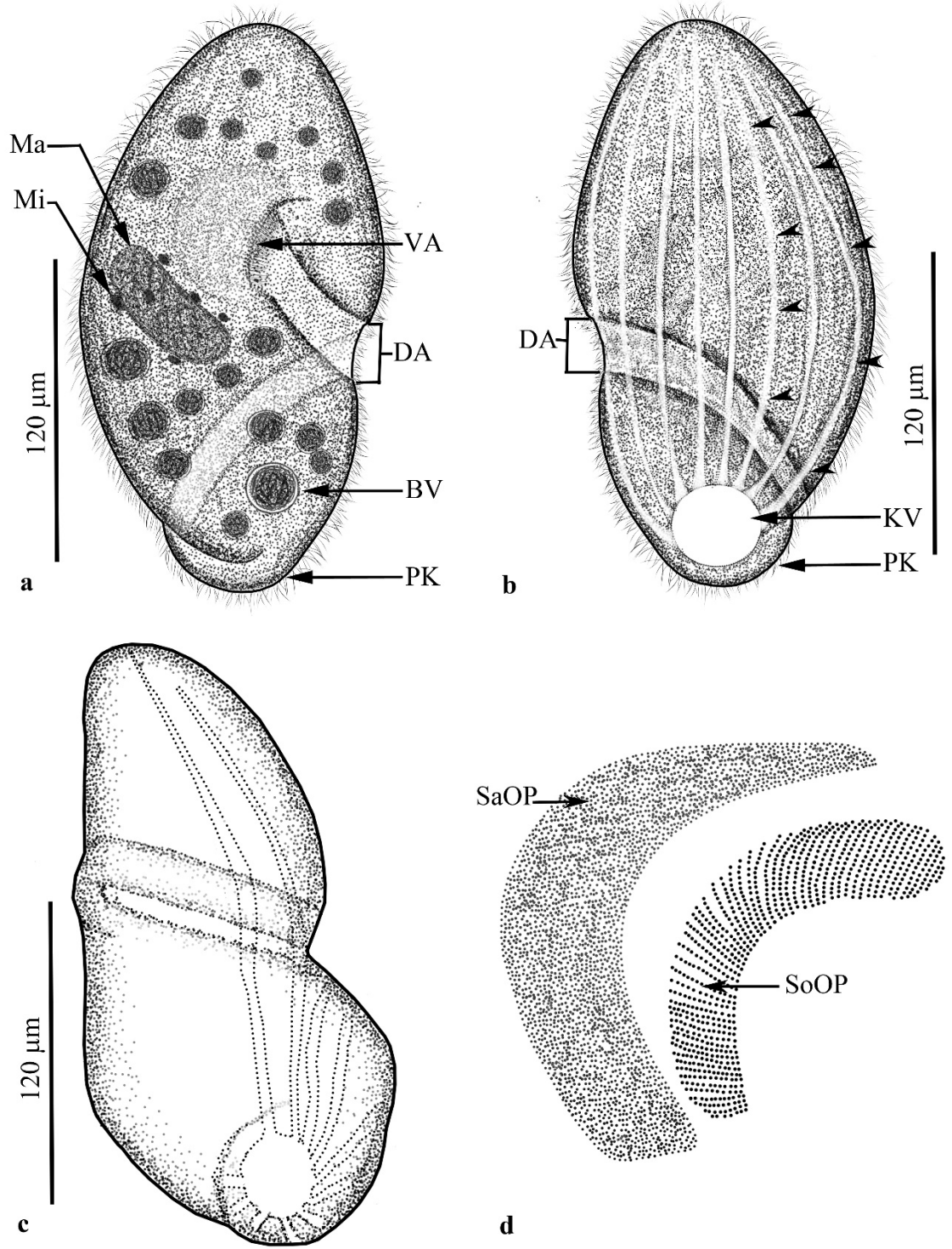
Oral aparey canlının ventralinde ve hemen hemen ekvatoriyal düzlemin üzerinde konumlanmıştır (Şekil 4.6b-f; Şekil 4.7a; Şekil 4.8a; Şekil 4.9a). Vestibulumun anteriyore olan uzaklığı boy uzunluğunun yaklaşık % 50'si kadar olduğu hesaplandı (Çizelge 4.3). Vestibulum girişinde belirgin bir girinti mevcuttur. Vestibulum açıklığı vücut uzunluğuna oranla oldukça küçük olup yaklaşık olarak vücut uzunluğunun ortalama %21 olarak tespit edildi. Vestibulum içerisinde sağ ve sol tarafta yer alan oral polikinetidler birbirine paralel olup vücut eksenine dik olacak şekilde konumlandığı görüldü. Sol oral polikinetid kresentik bir şekilde olup ortalama 65 düzenli sil sırasından oluşmaktadır. Sağ oral polikinetid, sol oral polikinetidden yaklaşık iki kat büyüklüğündedir ve düzensiz sil sıralarından oluşmaktadır (Şekil 4.7d; Şekil 4.8 a, c).

Nükleer aparey bir makronukleus ve çok sayıda mikronukleustan oluşur. Genel olarak vestibulum ile dorsal taraf arasında yer almaktadır. Nukleolar materyal ağısı bir yapı gösterir (Şekil 4.6b, f; Şekil 4.7a; Şekil 4.8a, b, d). Makronukleusun uzunluğu ortalama 62 µm genişliği ise 26 µm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Belirgin olarak elipsoid şekillidir. Mikronukleuslar genellikle makronukleusla ilişkilidir. Sayısı en az dört en fazla dokuz olarak sayılmıştır.

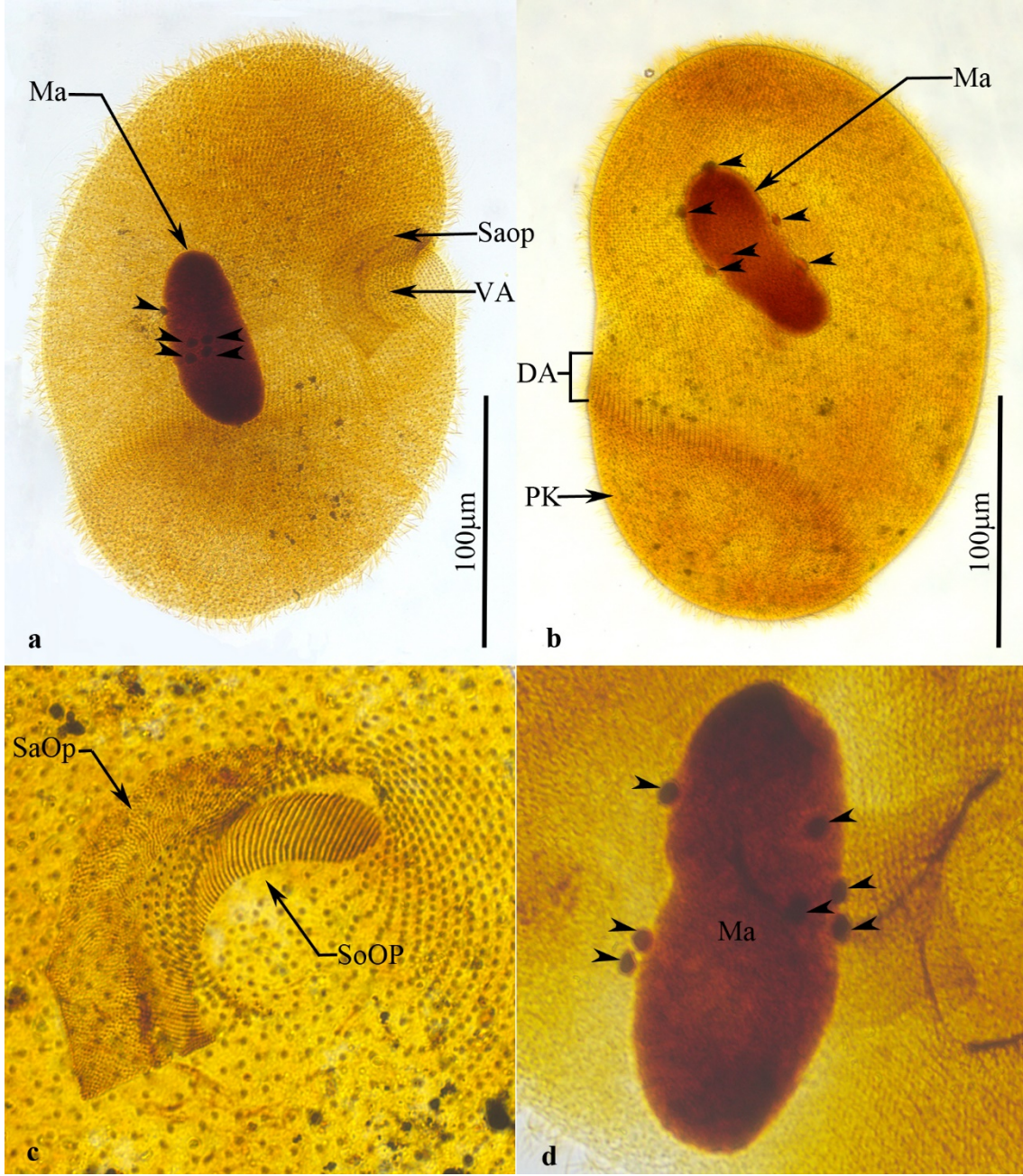
Sıvı fazda saat yönünün tersi yönde dönerek orta hızda hareket eder. Zeminde ise sağ lateralinin üzerinde sürünerek ilerler. Zaman zaman toprak partiküllerinin arasında beslenmek amacıyla durdukları gözlemlendi.

Popülasyonu oluşturan bireylerde sil uzunlukları ortalama 10µm uzunluğunda oldukları hesaplandı. Somatik infrasiliyatür sık düzenlenmiş kinetozomlardan oluşan kinetiler şeklindedir. Somatik kinetiler spiral şeklinde dizilmişlerdir (Şekil 4.8a, b; Şekil 4.9a, b). Sağ taraftaki kinetiler preoral sütura paralel iken sol taraftakiler dik açılı olarak konumlanmıştır. Postoral kesede sil sıraları düzensizdir. Sil sırası sayıları sağ tarafta ortalama 54 sol tarafta ise ortalama 46 dikinetitten oluşmaktadır. Canlıda yaklaşık 24 civarında postoral sil sırası bulunur. Bu sil sıralar daha sonra diyagonal arka doğru yönelir.

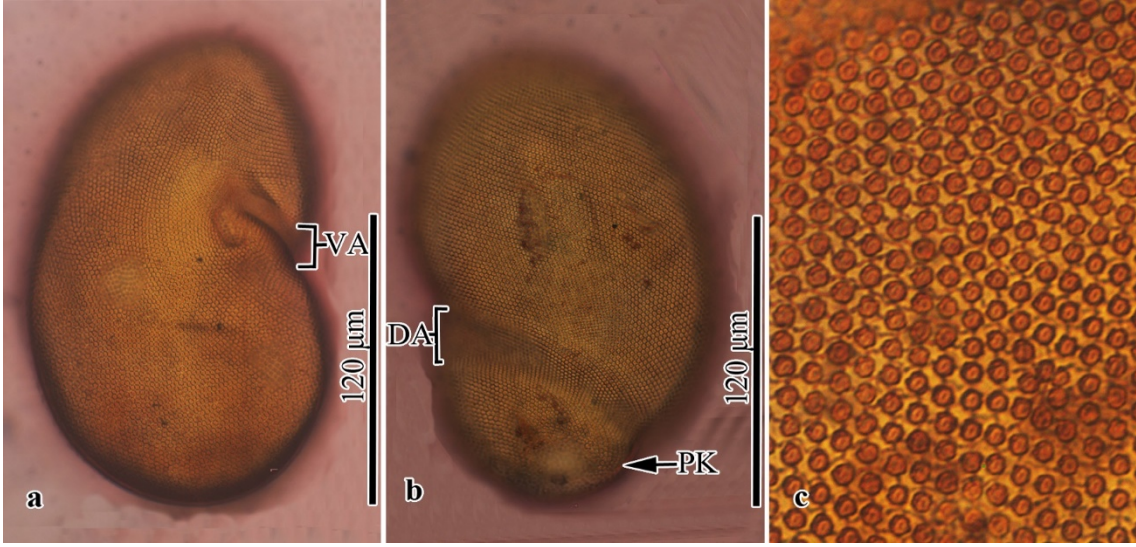
Gümüş çizgiler sistemi cucullus tiptedir: granül ve halkalardan oluşur, dikdörtgen biçimli ve ağısıdır (Şekil 4.9a-c).



Şekil 4.7. *Colpoda magna*'nın genel morfoloji ve infrasiliyatür diyagramları. **a, b.** sağ ve sol in vivo diyagram; **c.** ventral diyagram; **d.** oral polikinetid diyagramı. BV= besin vakuolu; DA= diyagonal ark; KV= kontraktıl vakuol; Ma= makronükleus; Mi= mikronükleus; PK= postoral kese; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; VA= vestibüler açıklık; Ok başları= toplama kanalları.



Şekil 4.8. *Colpoda magna*'da infrasiliyatür ve nüklear aparey. **a, b.** sağ ve sol taraf infrasiliyatürü (gümüş karbonat impregnasyonu); **c.** oral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); **d.** nüklear aparey (gümüş karbonat impregnasyonu). DA= diyagonal ark; Ma= makronükleus; Mi= mikronükleus; PK= postoral kese; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; VA= vestibüler açıklık; Ok başları= mikronükleuslar.



Şekil 4.9. *Colpoda magna*'nin infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistemi (gümüş nitrat impregnasyonu). **a.** sağ taraf; **b.** sol taraf; **c.** gümüş hatlar sistemi (gümüş nitrat impregnasyonu). DA= diyagonal ark; PK= postoral kese; VA= vestibular açıklık.

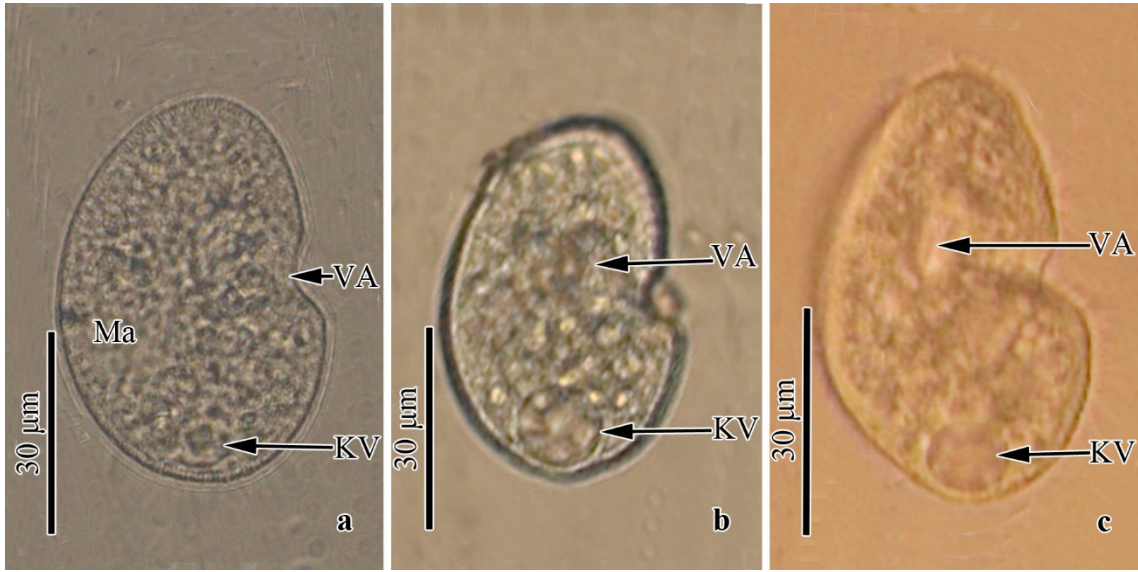
Çizelge 4.3. *Colpoda magna*'nin morfometrik karakterizasyonu

Karakterler	\bar{x}	Max	Min	M	SH	SS	VK	N
Hücre uzunluğu*, μm	225.28	301.00	117.00	221.50	6.07	42.91	19.05	50
Hücre genişliği*, μm	188.71	237.50	137.50	187.50	2.20	21.66	11.48	97
Hücre genişliği/Hücre uzunluğu*, %	131.54	199.00	67.00	129.00	3.87	27.34	20.79	50
Vestibüler açıklık uzunluğu, μm	110.75	150.00	55.00	110.00	1.74	17.15	15.48	97
Vestibüler açıklığın apekten uzaklığı, μm (VAU)	58.32	66.11	46.18	58.02	0.51	3.60	6.17	50
Vestibüler açıklığın posteriyör uçtan uzaklığı, μm (VPU)	58.57	73.68	37.93	58.67	0.53	5.20	8.88	97
VAU/Hücre uzunluğu, %	38.27	56.00	30.00	77.00	2.25	7.47	19.52	11
VPU/Hücre uzunluğu, %	93.70	105.00	97.00	68.00	3.62	11.45	12.22	10
Makronükleus uzunluğu, μm	96.05	149.50	52.50	89.00	9.89	31.27	32.56	10
Makronükleus genişliği, μm	20.46	26.67	14.63	19.73	1.31	4.34	21.19	11
Makronükleus uzunluğu/makronükleus genişliği	49.56	68.74	33.33	48.08	3.40	10.76	21.71	10
Makronükleus uzunluğu/Hücre uzunluğu, %	61.64	102.00	41.00	60.00	2.67	12.51	20.30	22
Makronükleusun apekten uzaklığı, μm (MAU)	25.64	34.00	12.00	25.00	1.03	4.84	18.86	22
MAU/Hücre uzunluğu, %	2.46	4.25	1.64	2.37	0.12	0.56	22.61	22
Makronükleuzun ventralden uzaklığı, μm	32.48	46.36	18.22	32.19	1.64	7.69	23.68	22
Mikronükleus sayısı	48.70	70.00	37.00	47.00	2.29	10.23	21.02	20
Sağ lateral somatik kineti sayısı	25.23	36.71	17.41	24.73	1.25	5.61	22.23	20
Sol lateral somatik kineti sayısı	40.30	60.00	18.00	40.00	2.10	9.39	23.31	20
Sol oral polikinetideki sil sırası sayısı	6.26	9.00	4.00	6.00	0.30	1.28	20.50	19
Sağ lateral somatik kineti sayısı	54.00	73.00	42.00	50.00	4.43	11.73	21.73	7
Sol lateral somatik kineti sayısı	46.38	56.00	32.00	47.00	2.22	8.02	17.28	13
Sol oral polikinetideki sil sırası sayısı	65.00	70.00	58.00	65.00	2.05	4.58	7.05	5

* Üst satırdaki veriler canlı örneklerden, alt satırdaki veriler gümüş nitrat impregnasyonu preparasyonlarından elde edilmiştir.

4.1.4. *Colpoda* sp.

Hücre canlı olarak ortalama $58\mu\text{m}$ ($48\text{--}72$) μm uzunluğunda ve $37\mu\text{m}$ ($29\text{--}49$) genişliğinde olup küçük ile kısmen küçük türler kategorisine girmektedir. Canlı bireylerde hücre genişliği uzunluğunun % 64 'ü olarak hesaplandı. Gümüş nitrat ile impregne edilmiş örneklerde hücre uzunluğu $56\mu\text{m}$ ($45\text{--}72$), genişliği ise $34\mu\text{m}$ ($23\text{--}48$) olarak belirlendi (Çizelge 4.4).



Şekil 4.10. *Colpoda* sp. popülasyonlarının canlı fotomikrografları. **a**, **b**, **c**. Işık mikroskobu görüntüleri. Ma= Makronukleus; KV= kontraktıl vakuol; VA= Vestibular açıklık.

Her iki lateralden de bakıldığında hücre böbrek biçimlidir (Şekil 4.10a-c; Şekil 4.11a-c; Şekil 4.12a-d). Hücrenin postoral kısmı preoral kısmından hafifçe daha geniştir. Preoral kısım ventralde yivli görünüme (omurga) sahiptir (Şekil 4.11a). Omurga 7–8 çıkıntı biçimli yapıdan oluşur. Sol lateral hemen hemen düz veya hafifçe konveks, sağ lateral ise konveks yapıdadır. Hücre lateral olarak 1:4 oranında yassılaştırmıştır. Belirgin bir diyagonal arka sahiptir. Diyagonal ark vestibulumun sol tarafından başlar ve vücudun sol lateralinin üçte ikisini kapsadıktan sonra sonlanır. Sitoplazma renksizdir. Ancak küçük büyütmelemlerde yoğun besin vakuollerinden dolayı hücre koyu renkli görünmektedir. Besin vakuollerinin büyüklükleri $2\text{--}10\mu\text{m}$ çapında olup hücrenin tamamına homojen olarak dağıldığı görüldü. Hücrenin posteriyoründe terminal olarak konumlanmış tek kontraktıl vakuole sahiptir. Kontraktıl vakuol kanalsızdır ve veziküler yapıya sahiptir.

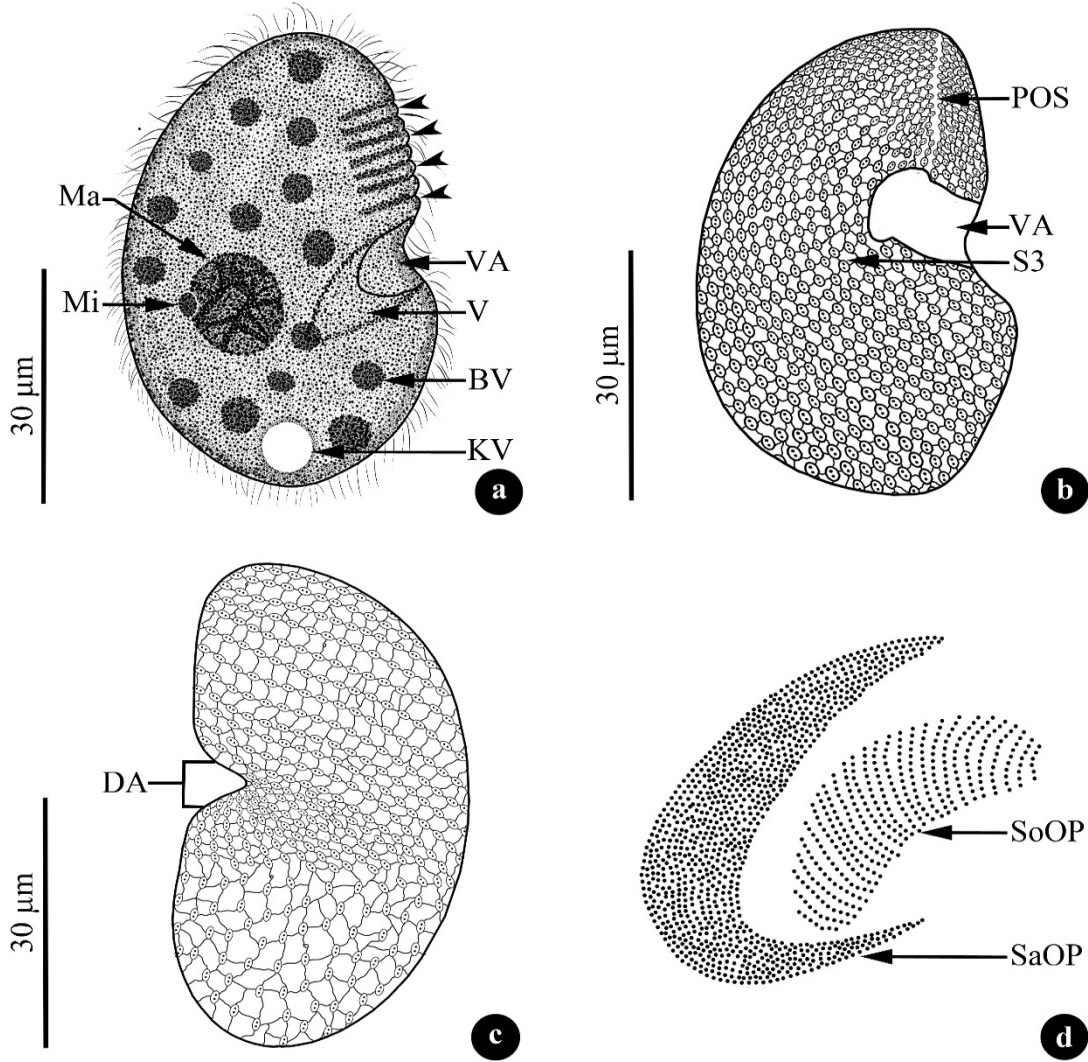
Oral aparey ekvatorial düzlemin hemen hemen ortasında konumlanmıştır. Oral açıklığın anteriyore olan uzaklığı ortalama hücre uzunluğunun %47'si olarak hesaplandı (Çizelge 4.4). Ventralde yer alan vestibular açıklığın uzunluğu ortalama 8µm olarak hesaplandı. Bu uzunluk hücrenin yaklaşık 15'i kadar olup canlı ve postfiksasyon incelemelerinde oldukça göze çarpıcı bir yapı oluşturur (Şekil 4.10a-c; Şekil 4.11a, b). Vestibular açıklığın içerisinde sağ ve sol olmak üzere iki oral polikinetid bulunur. Her iki oral polikinetid de hemen hemen birbirlerine paralel, ana vücut eksenine ile yaklaşık 45° açı yapacak şekilde konumlanmıştır (Şekil 4.11d; Şekil 4.12a, c). Sağ oral polikinetid hilal şeklinde olup düzensiz veya az düzenli kinetozom sıralarından meydana gelmiştir. Sağ oral polikinetid, kendi eksenine az çok paralel olarak düzenlenmiş, 9–10 kinetozom sırasından oluşur ve uzunluğu ortalama 14 µm kadardır. Sol oral polikinetid distal ucu daralmış, apikal ucu hafifçe geniş uzunca bir raket biçimlidir. Kendi eksenine ile 45° açı yapacak şekilde düzenlenmiş 26 kadar kinetozom sırasından meydana gelmiştir. Uzunluğu ortalama 12 µm kadardır.

Nüklear aparey 1 makronükleus ve 1 mikronükleustan meydana gelmiştir. Makronükleus oval ya da küresel biçimlidir. Genellikle hücrenin orta kısmında vantriline yakın konumlanmıştır (Şekil 4.10a; Şekil 4.11a; Şekil 4.12a-c). Bazen hücrenin anteriyore ya da posteriyore yarımına daha yakındır. Nükleolar materyal ağı görünümüne sahiptir (Şekil 4.11a). Makronükleusun büyüklüğü 11×8 µm kadardır. Mikronükleus oval ya da eliptik biçimlidir. Makronükleusa çok yakın, ya da onun hafif bir girintisi içerisinde konumlanmıştır.

Sıvı fazda saat yönünün tersi yönünde orta hızda hareket eder. Yaygın olarak toprak partikülleri arasında sürünerek hareket ettiği gözlemlendi. Zaman zaman besin almak için hareketsiz kaldığı görüldü.

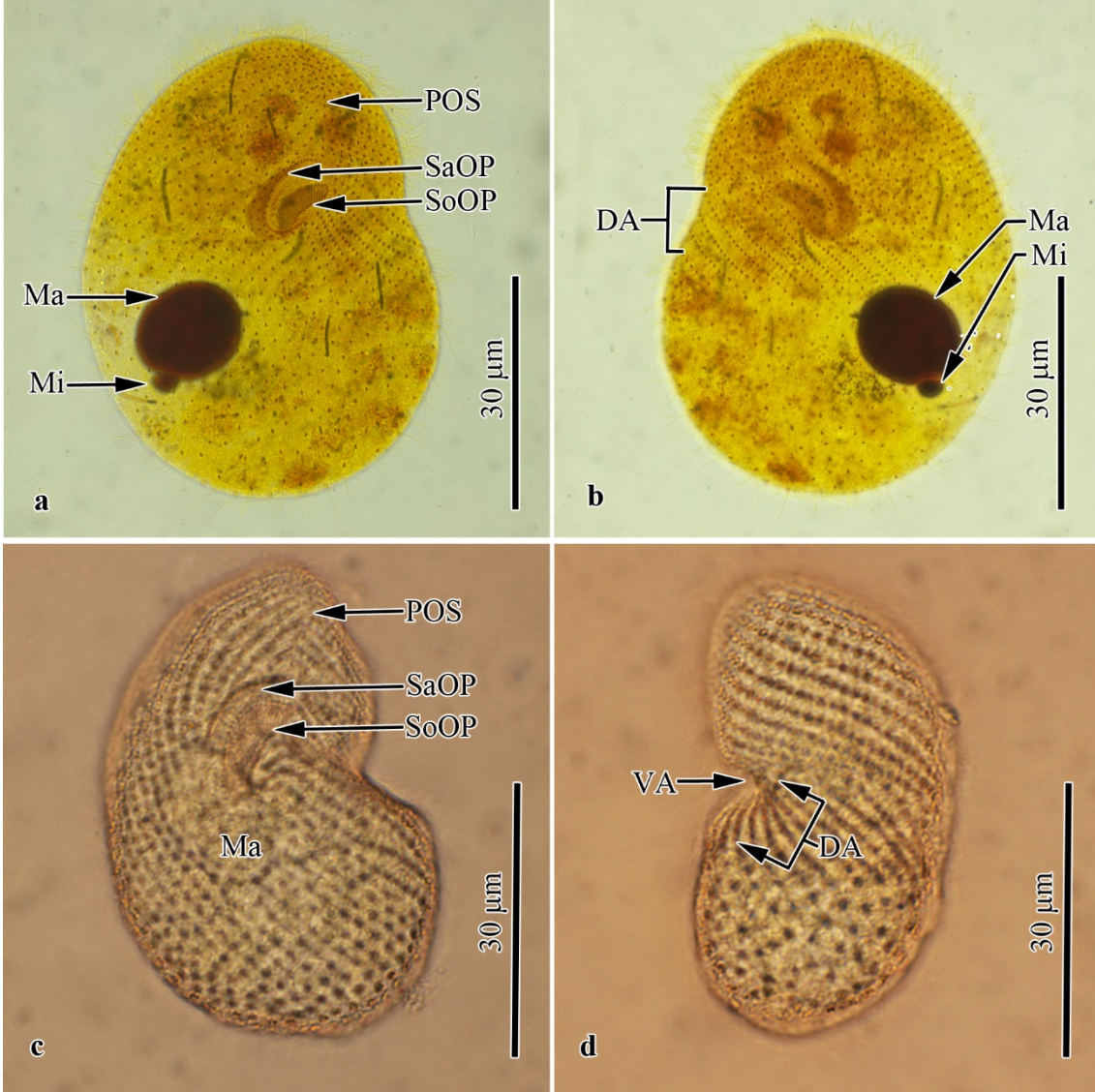
Somatik silleri canlı hücrelerde 6–7 µm uzunluğundadır. Somatik siliyatür dikinetid olarak düzenlenmiş sil sıralarından oluşur. Kinetileri oluşturan dikinetidler arasındaki mesafe posteriyorden anteriyore gittikçe azalır (daha sık konumlanır). Sağ ve sol lateraldeki somatik kineti sayıları hemen hemen birbirine eşit (15–16) olup, her iki yüzeydeki kineti sayısı ortalama 31 kadardır. Sağ lateralde vestibular açıklığın gerisinde yer alan 3. somatik kinetideki kinetozom sayısı ortalama 25 olarak hesaplandı (Çizelge 4.4). Sağ ve sol lateraldeki sil sıraları preoral bölgede karşı karşıya gelecek sütür oluştururlar (preoral sütür) (Şekil 4.11b; Şekil 4.12a, c). Somatik kinetiler her iki yüzde

de (sağ ve sol lateralde) “S” şeklinde kıvrılmış olarak düzenlenirler. Ancak canlının sol lateralinden bakıldığında postoral kısımda düzenlenen dikinetidler belirgin şekilde seyrekleşerek düzensiz sil sıraları oluşturmaktadır (Şekil 4.11c; Şekil 4.12a, b). 6–8 karar postoral sil sırası mevcuttur. Vestibular açıklığın sol kenarından başlayan 3–4 kineti post oral sil sıraları ile birlikte diyagonal arka doğru yönelirler.



Şekil 4.11. *Colpoda* sp. nin genel morfolojisi ve infrasiliyatürü. **a.** *in vivo* diyagram (ok başları= omurga çıkıntıları); **b** sağ ventral infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistem diyagramı; **c.** sol taraf infrasiliyatürü ve gümüş hatlar sistem diyagramı. **d.** Oral polikinetid diyagramı; BV= besin vakuolu; DA= diyagonal ark; KV= kontraktıl vakuol; Ma= makronükleus; Mi= mikronükleus; POS= preoral sütür; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; S3= 3. somatik sil sırası; V= Vestibular kese; VA= vestibüler açıklık; Ok başları = omuga çıkıntıları.

Gümüş çizgiler sistemi cucullus tiptedir: granül ve halkalardan oluşur, dikdörtgen biçimli ve ağsıdır (Şekil 4.11b, c).



Şekil 4.12. *Colpoda* sp.'nin infrasiliyatür fotomikrografları. a. sağ ventral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); b. sol ventral infrasiliyatür (gümüş karbonat impregnasyonu); c. sağ infrasiliyatür (gümüş nitrat impregnasyonu); d. sol infrasiliyatür (gümüş nitrat impregnasyonu); DA= Diyagonal ark; Ma= makronükleus, Mi= mikronükleus; POS= preoral suture; SaOP= sağ oral polikinetid; SoOP= sol oral polikinetid; VA= vestibüler açıklık.

Çizelge 4.4. *Colpoda* sp.'nin morfometrik karakterizasyonu.

Karakterler	\bar{x}	Max	Min	M	SH	SS	VK	N
Hücre uzunluğu*, μm	58.07	72.00	48.00	57.00	0.67	5.40	9.29	65
Hücre genişliği*, μm	56.33	72.00	45.00	56.00	0.77	6.74	11.97	76
Hücre genişliği/Hücre uzunluğu, %	37.17	49.00	29.00	37.00	0.56	4.49	12.08	65
Vestibüler açıklık uzunluğu, μm	33.86	48.00	23.00	34.00	0.57	4.93	14.57	76
Vestibüler açıklığın apeksten uzaklığı, μm (VAU)	64.07	78.57	52.63	64.28	0.73	5.87	9.16	65
Vestibüler açıklığın posteriyör uçtan uzaklığı, μm (VPU)	60.14	72.91	40.35	60.38	0.62	5.40	8.97	76
VAU/Hücre uzunluğu, %	8.39	11.00	6.00	9.00	0.16	1.29	15.32	69
VPU/Hücre uzunluğu, %	26.03	38.00	21.00	26.00	0.39	3.19	12.26	67
Makronükleus uzunluğu, μm	30.22	43.00	19.00	30.00	0.61	5.01	16.58	67
Makronükleus genişliği, μm	14.89	20.40	10.91	14.75	0.27	2.21	14.82	69
Makronükleus uzunluğu /makronükleus genişliği	53.55	61.42	38.57	46.43	0.56	4.56	9.83	67
Makronükleus uzunluğu/Hücre uzunluğu, %	11.22	15.00	9.00	11.00	0.27	1.28	11.39	23
Makronükleusun apeksten uzaklığı, μm (MAU)	8.09	12.00	6.00	8.00	0.36	1.70	21.06	23
MAU/Hücre uzunluğu, %	1.43	1.83	1.00	1.43	0.05	0.26	18.09	23
Makronükleuzun ventralden uzaklığı, μm	19.92	24.19	16.07	19.67	0.40	1.94	9.72	23
Mikronükleus uzunluğu, μm	23.48	34.00	17.00	23.00	0.92	4.42	18.82	23
Mikronükleus genişliği, μm	41.81	54.84	27.87	44.00	1.64	7.87	18.81	23
Sağ lateral somatik kineti sayısı	16.35	25.00	10.00	17.00	0.93	4.46	27.27	23
Sol lateral somatik kineti sayısı	3.29	5.00	2.00	3.00	0.36	0.95	28.95	7
3. somatik kinetideki dikinetid sayısı	2.29	5.00	1.00	2.00	0.61	1.60	7.16	7
Sağ oral polikinetid uzunluğu	15.97	19.00	12.00	17.00	0.34	1.99	12.47	34
Sağ oral polikinetid genişliği	14.63	21.00	12.00	15.00	0.43	2.34	16.00	30
Sağ oral polikinetidin apeksen uzaklığı	24.67	29.00	21.00	24.00	0.43	2.12	8.59	24
Sol oral polikinetid uzunluğu	14.18	19.00	10.00	14.00	0.51	2.10	14.80	17
Sol oral polikinetid genişliği	2.80	4.00	2.00	3.00	0.20	0.76	27.66	15
Sol oral polikinetidin apeksten uzaklığı	15.06	18.00	13.00	15.00	0.41	1.68	11.13	17
Sol oral polikinetideki sil sırası sayısı	12.28	15.00	10.00	12.00	0.37	1.57	12.74	18
	3.77	4.00	3.00	4.00	0.11	0.44	11.61	17
	17.59	23.00	12.00	18.00	0.71	2.91	16.58	17
	25.86	28.00	24.00	26.00	0.51	1.35	5.20	7

* Üst satırdaki veriler canlı örneklerden, alt satırdaki veriler gümüş nitrat impregnasyonu preparasyonlarından elde edilmiştir.

4.2. Moleküler Bulgular

4.2.1. PZR sonuçları

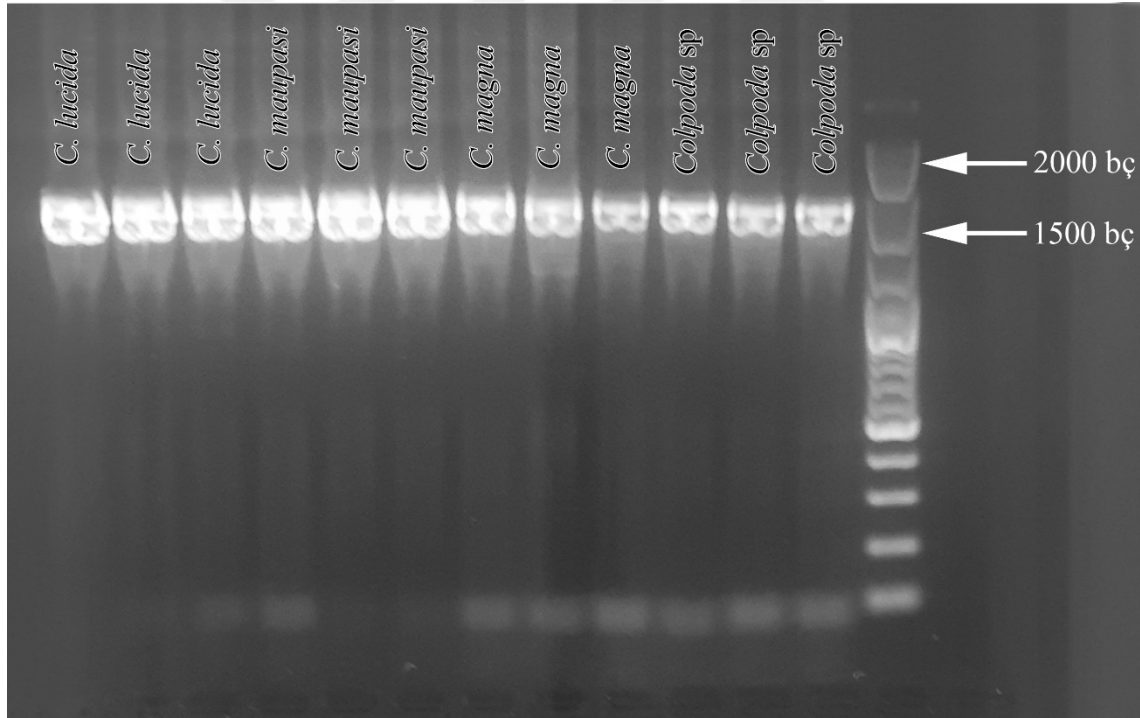
Elde edilen popülasyonlardan izole edilen rDNA gen bölgesinin çoğaltılması için kullanılan primerler ve bağlanma durumları Çizelge 4.5'de bildirilmiştir. Ökaryotik organizmaları için evrensel forward primer olarak kullanılan EukA ve reverse primeri

olan EukB ökaryotların evrensel de bütün popülasyonlarda kararlılıkla bağlanarak PZR çalışmalarında DNA üretimi gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.5. *Colpoda* popülasyonlarında kullanılan primerlerin 18S rDNA bölgesine bağlanma durumları

Primer	<i>C. lucida</i>	<i>C. maupasi</i>	<i>C. magna</i>	<i>Colpoda</i> sp.
EukA	+	+	+	+
SR7R	+	+	+	+
EukB	+	+	+	+

Bu çalışmada elde edilen 4 *Colpoda* cinsine ait bireylere ait, 18S (SSU)rDNA dizisine ilişkin agaroz jel elektroforez görüntüleri Şekil 4.13 de verilmiştir. Bu görüntülere göre EukA ve EukB primerleri ile çoğaltılan PZR ürünlerinin uzunluğu, yaklaşık 1600 bazın üzerinde fragmentler olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.13. PZR ürünlerinin agaroz jel elektroforezi görüntüleri.

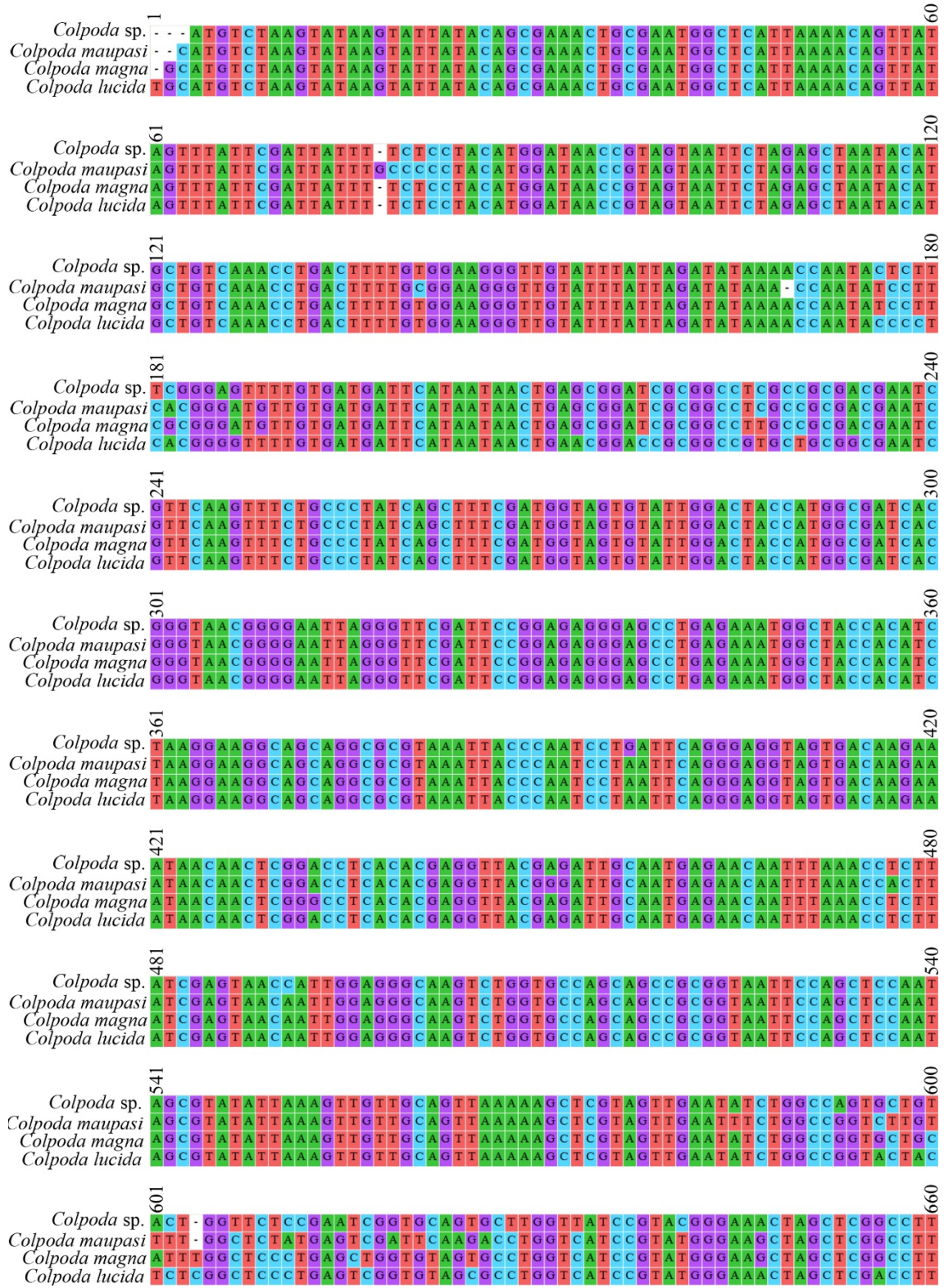
Çoğaltılan gen bölgelerinin dizilenmesinde (okunmasında) kullanılacak olan SR7R internal primeri ise tüm popülasyonlarda hedef zincire bağlanarak ileri yönde okuma sağlamıştır.

4.2.2. 18S rDNA dizilerinin belirlenmesi ve hizalanması

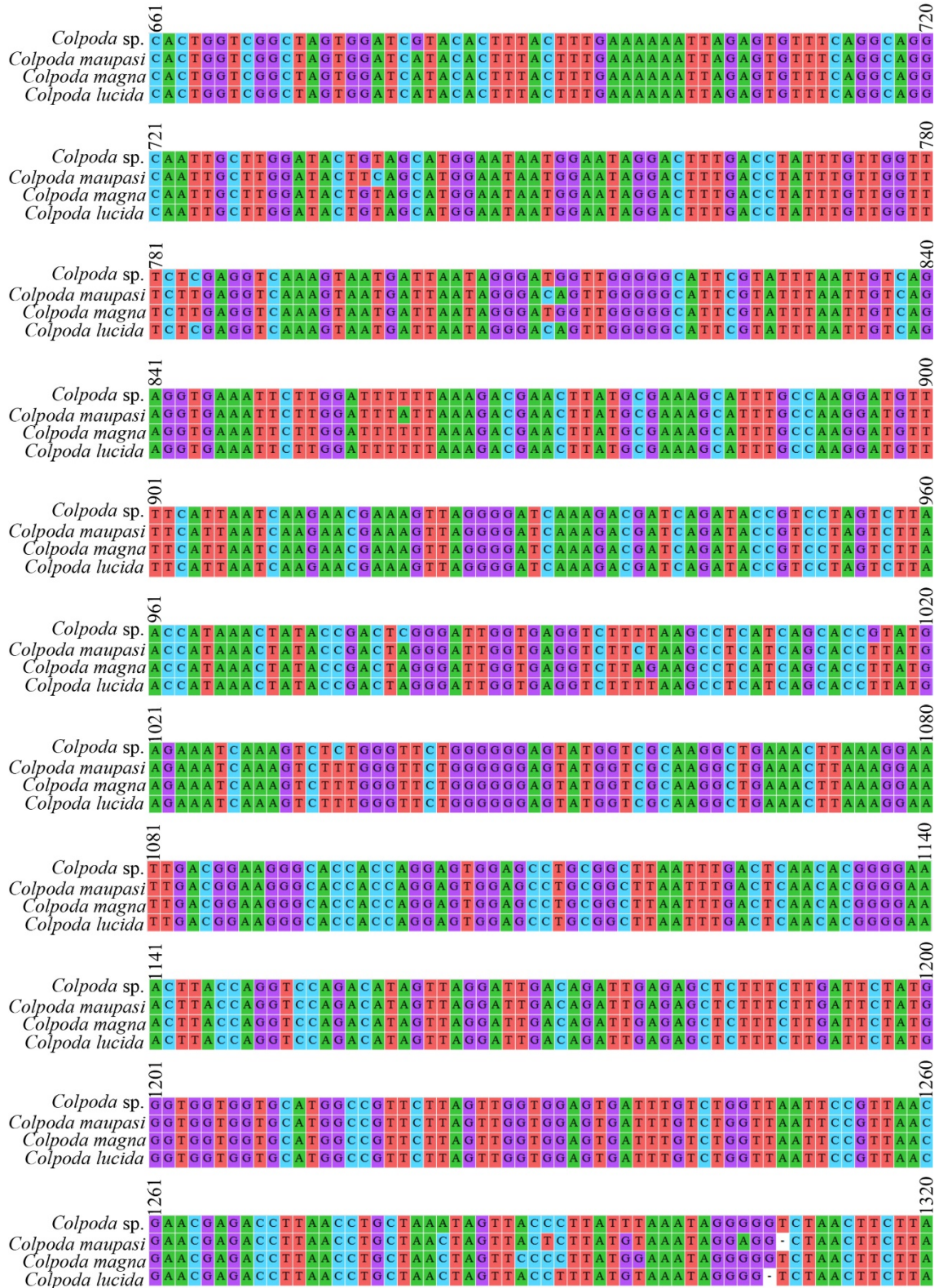
PZR reaksiyonu ile çoğaltılan gen bölgelerinin nükleotid dizileri ortaya çıkarıldı. Bu çalışmada *Colpoda lucida* 1683 baz, *C. magna* 1690 baz, *C. maupasi* 1678 baz ve *Colpoda* sp. 1674 baz uzunluğunda gen bölgeleri belirlendi. Elde edilen dizilerin G+C oranları *C lucida* için % 44.26, *C. magna* için %44.49, *C. maupasi* için % 44.15 ve *Colpoda* sp. için % 44.26 olarak hesaplandı. Bu çalışmada elde edilen gen dizilerinin çoklu hizalanmış biçimi Şekil 4.14'de verilmiştir.

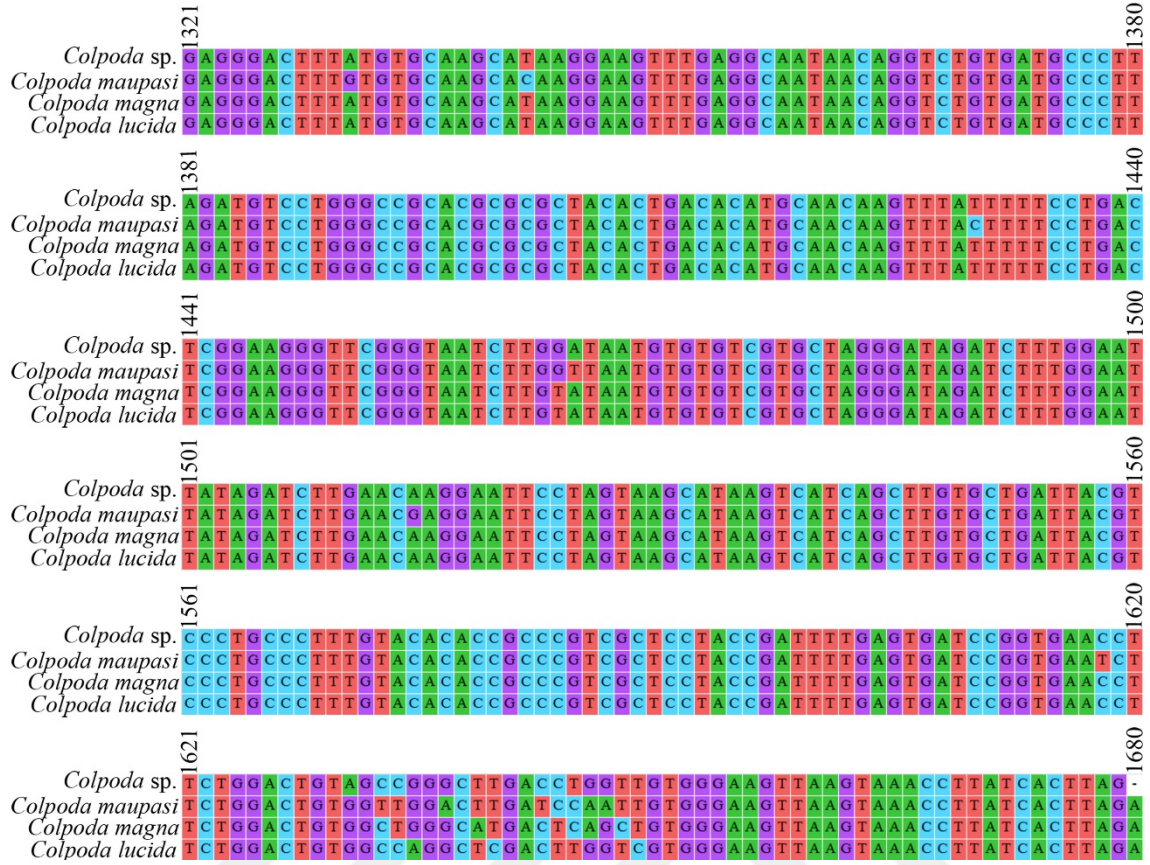
Bu çalışmada teşhisi yapılan ve gen dizileri belirlenen organizmaların filogenetik pozisyonunu ortaya çıkarmak için elde etmiş olduğumuz diziler daha önceki çalışmalarda ortaya çıkarılan gen dizileri ile hizalanarak 1649 nükleotid uzunluğunda çoklu hizalanmış veri seti elde edilmiştir. Elde edilen çoklu hizalanmış veri seti içerisinde hizalama hatası olabilecek bölgeler Gblocks v.091b programı ile gap pozisyonlarına müsaade edilerek kesildi ve 1600 nükleotid uzunluğunda (%95) çoklu hizalanmış veri seti elde edildi.

Siliyatlara ait nükleotid dizilerinden filogenetik pozisyonlarını tahminlemek için Bayesian çıkarsaması (BI) ve maksimum olabilirlik yaklaşımı (ML) yöntemleri kullanıldı. Bayesian çıkarsamasında kullanılacak en uygun mutasyon modeli JModel Test programı ile AIC (Akaike Information Criterion) parametresine göre GTR+I+G modeli seçildi. Nükleotit değişim bulguları: tansiyon/transversiyon oranı (R)= 1.38; baz frekansları A= 0.289, T= 0.271, G= 0.189 ve C= 0.251; gama şekil parametresi (G)= 0.39 ve invariant şekil parametresi (I)= 0.50 olarak JModel Test programında hesaplandı. Maksimum olabilirlik yaklaşımı (ML) ve bu yaklaşım için en uygun mutasyon modeli IQ Tree programı ile yapıldı. IQ Tree ile yapılan model testi sonucuna göre en uygun model olarak GTR+F+I+G4 belirlendi.



Şekil 4.14. *Colpoda* popülasyonlarının hizalanmış (align) 18S rDNA dizileri

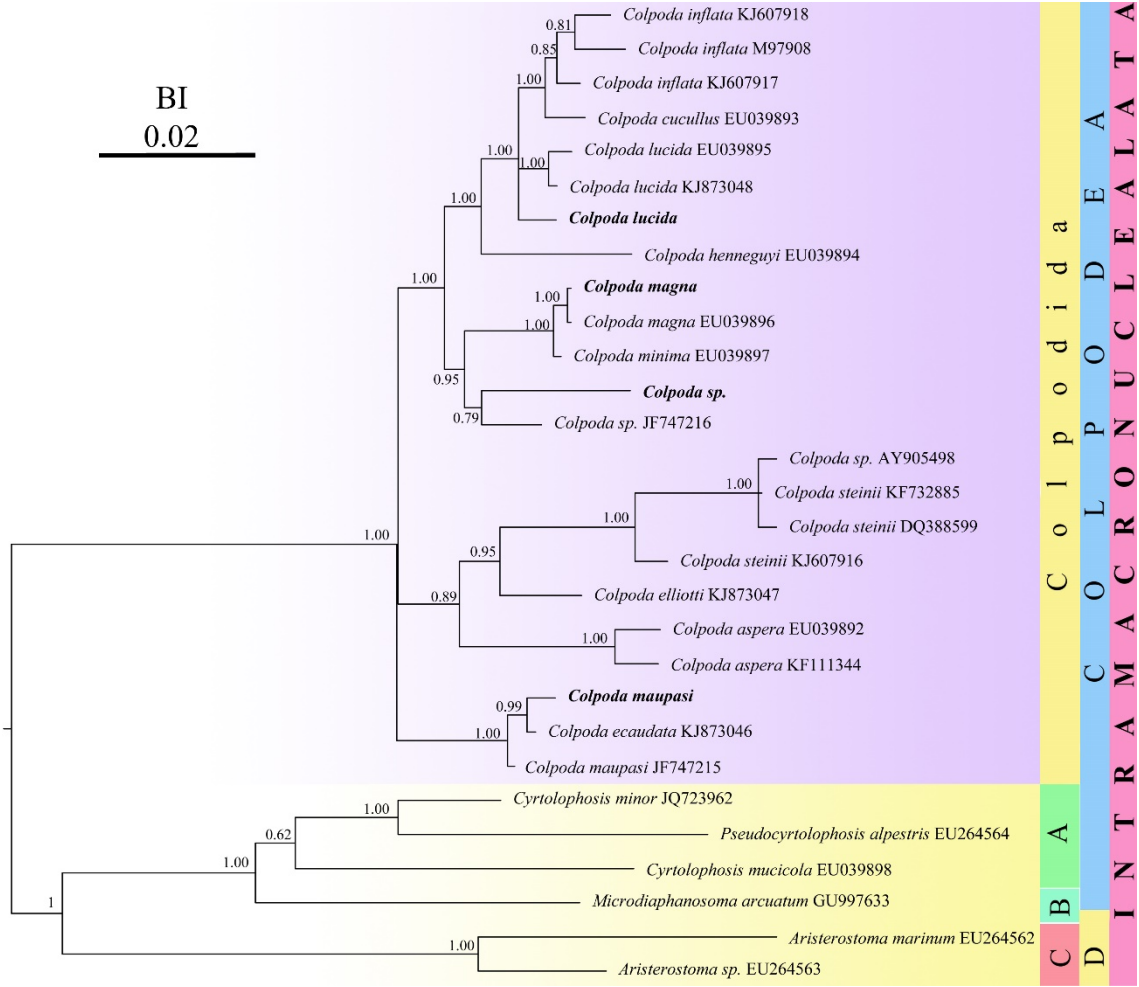
Şekil 4.14 *Colpoda* popülasyonlarının hizalanmış (align) 18S rDNA dizileri (devam)



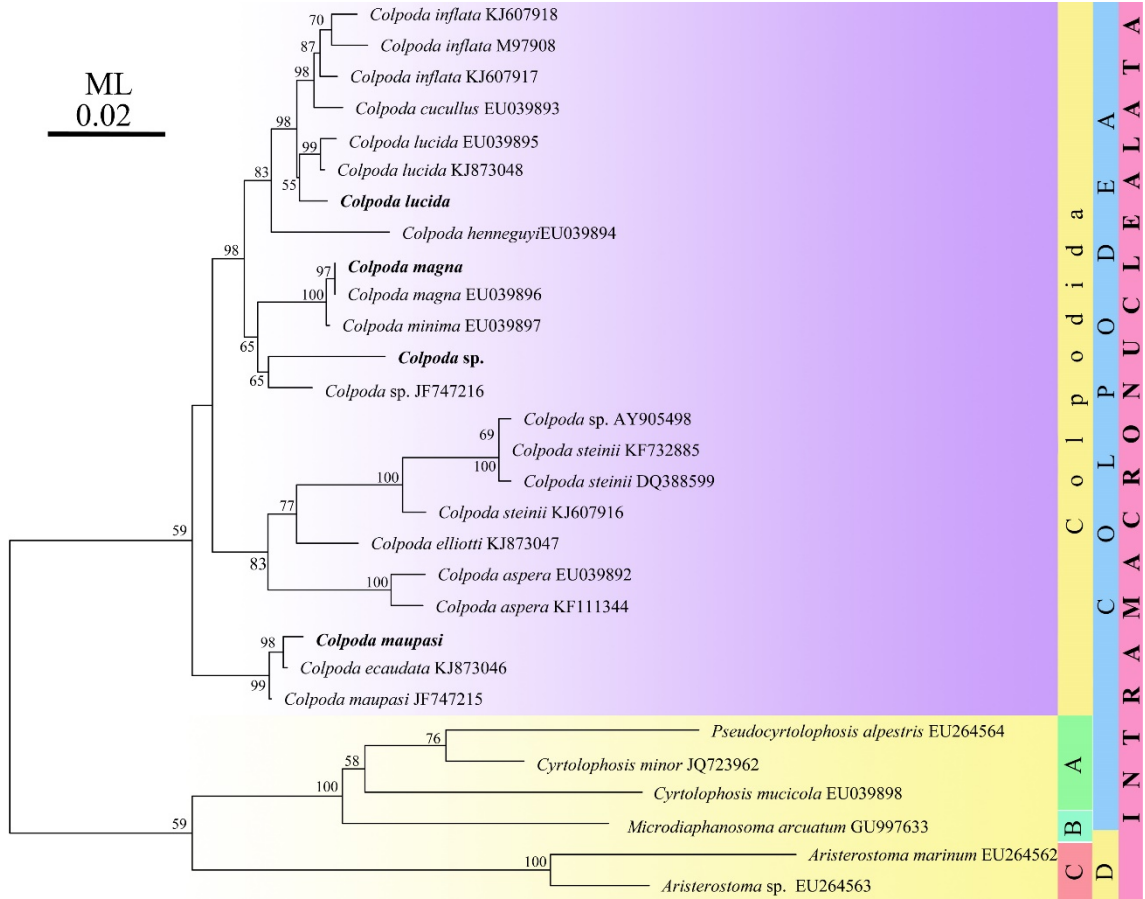
Şekil 4.14 Colpoda popülasyonlarının hizalanmış (align) 18S rDNA dizileri (devam)

4.2.3. Filogenetik analiz sonuçları

Bu çalışmada izole edilen dört *Colpoda* türüne ait 18S rDNA dizileri ile gen bankasından (NCBI) elde ettiğimiz siliyatlara ait DNA dizileri kullanılarak siliyatların filogenetik pozisyonları Bayesian çıkarılması (BI) ve maksimum olabilirlik (ML) hesaplaması ile belirlendi, elde edilen filogenetik ağaçlar Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterildi. Her iki yöntem ile (BI, ML) elde edilen filogenetik ağaçlar, genel topoloji bakımından birbirleri ile uyumludur.



Şekil 4.15. Intramacronucleata şubesine ait 4 takımın 18S rDNA dizilerine dayalı Bayesian yaklaşımı (BI) ile yapılandırılan filogenetik ağacı. A= Cyrtolophosidida; B= Bryometopida; C= Scuticociliatia; D= Oligohymenophorea.



Şekil 4. 16. Intramacronucleata şubesine ait 4 takımın 18S rDNA dizilerine dayalı maksimum olabirlik (ML) çıkarsaması ile yapılandırılan filogenetik ağacı. A= *Cyrtolophosidida*; B= *Bryometopida*; C= *Scuticociliatia*; D= *Oligohymenophorea*.

Filogenetik ağaçlar dikkate alındığında dış grup olarak seçilen *Cyrtolophosidida*, *Bryometopida* ve *Scuticociliatia* takımları ortak atadan ilk ayrılan kladı temsil etmektedir. Bu kolların ayrımı hem Bayesian (BI) çıkarsamasında hem de maksimum (ML) olabirlik ile oluşturulan ağaçlarda (Şekil 4.15; Şekil 4.16) çok güçlü şekilde desteklendi (BI 1.00; ML 59). *Colpoda* cinsi ise tek bir soy hattından iç grup kladını oluşturdu ve Colpodida takımının monofilisini desteklemektedir. Bu takımın ML ağacındaki destek değeri %59, BI ağacındaki destek değeri 1.00 olarak hesaplandı.

Colpodida takımını oluşturan 23 *Colpoda* türünden 20 tür ilk ana kladı, 3 tür ise ikinci ana kladı oluşturarak iki ayrı kola ayrıldı (BI 1.00 ;ML 98). Bu çalışmada elde edilen *C. maupasi* her iki filogenetik ağaç üzerinde de farklı bir popülasyonu ve *C. ecaudata* (KJ873046) ile birlikte iç gruptan ayrı bir klad oluşturdu (BI 1.00; ML 99). *C. maupasi* ve *C. ecaudata* (KJ873046) kardeş pozisyonlu olup (BI 0.99; ML 98)

Genbank'tan elde edilen *C. maupasi* (JF747215) popülasyonu bu iki taksona dışardan bağlandı (BI 1.00; ML 99).

Diğer *Colpoda* taksonlarının kümelendiği ikinci ana klad iki alt klada ayrıldı. İlk alt kladda bu çalışmada elde edilen *C. lucida* *C. magna* ve *Colpoda* sp. popülasyonları yer aldı (BI 1.00; ML 98). Bu çalışmada elde edilen *C. lucida* diğer popülasyonlarıyla aynı klad içerisinde toplanmış olup, klad içerisinde diğer popülasyonlara bazal bağlandı (BI 1.00; ML 55). *C. lucida* kladı, *C. cucullus* (EU039893)' un bazal bağlandığı *C. inflata* popülasyonlarını içeren klad kardeş pozisyonlu olup güçlü desteklendi (BI 1.00; ML 98). *C. henneyi* (EU039894) bu klad içerisinde yer alıp, en son ortak atanın karakterlerini en çok taşıyan takson olarak belirlendi (BI 1.00; ML 83). İkinci alt kladda *C. aspera* popülasyonları *C. steini* popülasyonları, *C. elliotti* (KJ873047) ve *Colpoda* sp. (AY905498) taksonların kümelendiği kladla kardeş pozisyonludur (BI 0.89; ML 83). *C. steini* kladından ilk ayrılan *C. Steini* (KJ607916) popülasyonu her iki filogenetik ağaçta da ayrımı güçlü desteklenmektedir. (BI 1.00; ML 100). *C. steini* (KF732885) ile *C. steini* (DQ388599) popülasyonları ile *Colpoda* sp (AY905498) her iki filogenetik ağaçta da filogeni tahmini polifiletik olduğu görüldü.

C. magna Türkiye popülasyonu ile diğer *C. magna* (EU039896) popülasyonu kardeş pozisyonlu olup (BI 1.00; ML 97), *C. minima* (EU039897) ile ayrımı her iki ağaçta da tam değerle desteklendi (BI 1.00; ML 100).

Bu çalışmada sunulan *Colpoda* sp ile genbanktan elde edilen *Colpoda* sp. kardeş pozisyonlu olup (BI 0.79; ML 65), *C. magna* ve *C. minima* kladına yakın konumlandı (BI 0.95; ML 65).

Bu çalışmada elde edilen popülasyonlarla GenBank'tan elde edilen siliyat popülasyonlarının 18S rDNA dizileriyle, her iki filogenetik ağaçta belirlenen en yakın taksonlarla genetik uzaklıkları hesaplanmıştır. *C. lucida* Türkiye popülasyonu ile en yakın komşu olarak *C. lucida* popülasyonu (KJ873048) % 4,55 ve diğer *C. lucida* popülasyonu (EU039895) ile % 3.15 genetik uzaklık gösterdi. *C. magna*, en yakın komşusu *C. magna* popülasyonu (EU039896) ile % 3.12 genetik mesafe ile ikinci yakın komşusu *C. minima* popülasyonu (EU039897) ile % 3.28 olarak genetik olarak farklıdır. *C. maupasi*, en yakın komşusu *C. eucaudata* popülasyonu (KJ873046) ile % 4.73 ve ikinci yakın komşusu *C. maupasi* popülasyonu (JF747215) ile % 3.49 olarak genetik olarak uzak olduğu tespit edildi. Bu çalışmada *Colpoda* sp olarak verilen popülasyon ile

GenBank'tan alınan *Colpoda* sp. (JF747216) popülasyonları en yakın kardeş pozisyonlu olup %3.62 olarak genetik uzaklığı hesaplanmıştır.





5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Morfolojik Veriler

Colpoda maupasi, ilk olarak 1854 yılında Stein tarafından *Colpoda cucullus* olarak tanımlanmıştır. (Foissner, 1993), *C. maupasi*'nin yüksek alpin bölgelerinden çöllere kadar dünyanın birçok yerinde yayılış gösterdiğini, çok geniş ekolojik toleransa sahip olduğunu ve hem alpin hem de çöl bölgesinde *Colpodetea*'nın tipik bir üyesi olduğunu ifade etmiştir. Bu türe ait çeşitli sucul habitatlarda, toprakta, ot ve saman infüzyonunda, yosunlarda, orman döküntüsünde, mağaralarda, raporlar mevcuttur (Kahl, 1931; Foissner, 1993).

Colpoda maupasi ülkemizde (Kaya, 2005) tarafından hafif alkali, işlenmiş topraklarda ve (Çınar, 2011) tarafından ceviz ağacı kabuklarında tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmada, *C. maupasi* tespitli olarak 35–64 µm uzunluğunda ve 16–38 µm genişliğinde ölçülmüş olup, hücre boyutları ülkemizde gerçekleştirilmiş önceki çalışmalar ile genel anlamda uyumlu olduğu görülmüştür. Hücre uzunluğu için, benzer şekilde Kahl (1931) sucul habitatlarda 35–70 µm, Foissner (1993) karasal habitatlarda 35–80 µm olarak bildirmişlerdir. Hücre uzunluğuna ait değerler dikkate alındığında, bizim popülasyonumuzdaki ölçümler Foissner ve Kahl'ın çalışmalarıyla uygunluk göstermektedir. Ayrıca Foissner (1993), bu tür için Lynn 40–46 x 19–31 µm, Lynn ve Malcolm 35–55 x 13–40 µm büyüklüğünde ölçümler verdiklerini belirtmiştir. Kaya (2005) kendi popülasyonu için hücre boyutlarının 32–55 x 12–32 µm arasında ve Çınar (2011) 38–86 X 29–65 değiştiğini ifade etmiştir. Bu çalışmalarla karşılaştırıldığında, bizim çalışmamızdaki *C. maupasi* popülasyonunun Foissner (1993) ile Lynn ve Malcom'un bildirdiklerinden daha büyük, Kaya (2005) ile uyumlu olduğu ve Çınar (2011)'e göre küçük bireylerden oluştuğu görülmektedir.

Genel hücre biçimi önceki tanımlamalarla (Foissner, 1993) uygunluk göstermektedir. Preoral kısım vücut büyüklüğüne oranla oldukça kısadır. Bu ayırt edici özelliği ile, kültür ortamında bu tür diğer türlere göre kolayca tanınabilmektedir. Omurga çıkıntıları, makronükleusun şekli ve konumu, mikronükleusun şekli ve konumu, kontraktıl vakuol sayısı ve konumu, sitoplazmik görünüm, besin vakuolleri, hareket ve

gümüş hatlar sistemi daha önceki çalışmalarla benzer bulunmuştur. Kaya (2005) çalıştığı popülasyonda, sağ taraf infrasiliyatüründe dikinetidlerden (4–5) oluşan kısa sil sırası bulunduğunu, bu sil sırasının, sadece lateral yassılaştırmanın belirgin olduğu bireylerde açık olarak fark edilebildiğini ifade etmiştir. Çınar (2011) ise bu kısa sil sıralarına rastlanmadığını belirtmiştir. Sunulan çalışmada bu kısa sil sırasına çok nadir olarak bazı bireylerde rastlanmıştır. Kısa sil sırasını birkaç bireyde gözleyen Foissner (1993) ise bu özelliğin tür teşhisinde uygun bir karakter olmayacağını belirtmiştir.

Somatik sillerin uzunluğu 7 µm olarak ölçülmüş olup, bu değer Foissner (1993) tarafından 7 µm, Kaya (2005) tarafından 10 µm ve Çınar (2011) tarafından 8 olarak verilmiştir. Somatik kineti sayısı, sunulan popülasyonda 15–21'dir. Bu değerler Foissner (1993)'ın (15–18) ve Kaya (2005)'nin (14–24) ve Çınar (2011)'in (15–20) belirttiği sayımlara uygunluk gösterir.

Oral polikinetidlerin genel görünümü ve vücut eksenine göre konumu daha önceki çalışmalarda belirtilen tanımlara benzerlik gösterir. Sol oral polikinetid de 7–11 kinetiden meydana gelmiştir. Kaya (2005)'nin ve Çınar (2011)'in incelediği popülasyonda sol oral polikinetiddeki kineti sayısının 7–11 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bu değerler oldukça sabit olduğunu belirten Foissner (1993) üç popülasyon incelemiş ve sol oral polikinetiddeki kineti sayısının bu popülasyonlarda 9–12, 9–12, 8–12 olduğunu bildirmiştir.

Colpoda lucida ilk kez 1888 yılında Greef tarafından Almanya Marburg yakınlarındaki toprak örneklerinden tanımlanmıştır. Foissner (1993) bu türü Avustralya ve Kenya popülasyonlarından ayrıntılı bir şekilde tanımlamıştır. Bunlara ilave olarak *C. lucida* Japonya, Avusturya, Kenya, Amerika ve Avustralya'da yer alan karasal biyotoplardaki toprak örnekleri ile çeşitli otlar ile yapılan protozoon kültürlerinde de kayıtları mevcuttur (Foissner, 1993). Foissner (1993) *C. lucida*'nın *C. cucullus*'e göre daha az yaygın olduğunu belirtmiştir.

Bu tür ülkemizde ilk defa tespit edilmiş olup ayrıntılı morfolojik ve moleküler karakterizasyonu çalışmamızda sunulmuştur.

Colpoda lucida ile ilgili ayrıntılı morfolojik karakterlerin sunulduğu çalışma oldukça az ve yetersizdir. Bu sebepten dolayı bu çalışmada elde edilen *C. lucida* popülasyonu morfolojik ve morfometrik olarak sadece Foissner (1993) ve Kim ve Min (2015) bildirdikleri popülasyonlarla karşılaştırıldı. Bu çalışmada ilk kez bildirilen

Türkiye popülasyonunun vücut boyutları in vivo olarak 53–79 × 38–61 olarak ölçüldü. Foissner (1993) ise canlı hücre boyutları 70 -110 × 65-90 µm olarak ve Kim ve Min (2015) canlı hücre boyutlarını 70–90 × 55–70 µm olarak belirtmiştir. Bu değerlere bakıldığında çalışmamızda sunulan popülasyonun daha küçük bireylerden oluştuğunu görmekteyiz. Vücut şeklinin böbrek şekilli olası, halkasal bir vestibulum açıklığına sahip olması, vestibulum şekli ve büyüklüğü nükleer materyal yapısı makronukleus şekil ve konumu kontraktıl vakuol sayısı ve konumu, sitoplazmik görünüm, besin vakuolleri, hareket ve gümüş hatlar sistemi Foissner (1993) ve diğer çalışmalarda benzer bulunmuştur.

Çalışmamızda elde edilen *C. lucida*'nın toplam somatik sil sırası sayısı iki tarafta eşit olmakla birlikte 37–47 olarak sayılmıştır. Kim ve Min (2015) çalışmalarında bu sayıyı 42–47 olarak bildirdiler. Çalışmamızda post oral sil sırası 8–10 olarak sayılmış olup Foissner (1993)'de 14–18 post oral kineti taşıdığı belirtilmiştir.

Vestibulum açıklığı konumu, oral polikinetidlerin şekli ve birbirine göre konumu ve vestibular kinetinin bulunmayışı diğer çalışmalarla uyum göstermektedir. Çalışmamızda sol oral polikinetide bulunan kineti sayısı 18–31'dir. Foissner (1993) bu sayının 31–38 ve Kim ve Min (2015) ise 26–33 kinetiden oluştuğunu belirtir.

Gümüş hatlar sistemi diğer tüm çalışmalarda uyumlu olup gibi cucullus tipidir.

Colpoda lucida Türkiye popülasyonunun Kore, Avusturalya ve Kenya popülasyonlarıyla karşılaştırıldığında bu türün ayırımında önemli ayırt edici karakterler olan (post oral kineti sayısı, somatik kineti sayısı, sol oral polikinetid sayısı, hücre büyüklüğü) farklılıklar gözlemlendi. Bu durum moleküler karakterizasyonlarını karşılaştırdığımızda filogenetik pozisyonunda da Türkiye popülasyonunun genetik açıdan uzak olduğu belirlendi.

Colpoda magna ilk kez Gruber tarafından 1879 tarafından *Tillina magna* olarak tanımlandı. Lynn bu türü 1978 yılında *Colpoda* cinsi içerisine transfer etmiştir (Foissner, 1993). Bu türün tip lokalitesi Viyana (Avusturya) olmakla birlikte geniş yayılış gösteren kozmopolit bir türdür.

Çalışmamızda sunulan *C. magna* in vivo olarak 117-301 × 67-199 µm olarak ölçülmüştür. Foissner (1993) bu türün hücre boyutlarını 150-200 × 100-150 µm olarak bildirmiştir. Hücre boyutları dikkate alındığında Türkiye popülasyonu Foissner (1993)'in

bildirdiği değerlerden daha geniş varyasyon gösterdiği, daha küçük ve daha büyük boyutlardaki bireylere rastlandığı görülmektedir.

Genel vücut organizasyonu, makronükleusun şekli ve konumu, nükleolar materyal, mikronükleus sayısı, mikronükleus şekli ve konumu, kontraktıl vakuolun konumu ve yapısı, kontraktıl vakuoldeki kanal sayısı diyagonal ark, postoral kese, somatik kinetiler ve kinetidler arasındaki ekstruzomların varlığı, sitoplazmik görünüm, besin vakuolleri, hareket, infrasiliyatür ve gümüş hatlar sistemi daha önceki çalışmalarda belirtilen tanımlamalara uygunluk gösterir. .

Çalışmamızda sil uzunlukları 10 µm olarak ölçülmüştür ve Sil sırası sayıları sağ tarafta ortalama 54 sol tarafta ise ortalama 46 dikinetitten oluşmaktadır. Foissner (1993) sillerin uzunluğu 10µm olup benzerlik göstermektedir. Canlıda yaklaşık 24 postoral sil sırası mevcuttur bu verimiz Foissner (1993) ile uyumludur. Foissner (1995) ayrıca 8 vestibular kineti varlığından söz etmiştir. Çalışmamızda vestibular sil sıraları tespit edilememiştir.

Oral apareyin konumu, vestibulum açıklığı ve oral polikinetidlerin görünümü literatür bilgisi ile uygunluk gösterir. İncelenen örneklerde sağ oral polikinetid düzensiz sil sıralarından oluşurken, sol oral polikinetid düzenli olarak sıralanmış 65 sil sırasına sahiptir. Sol oral polikinetid sayısına ait veriler, Foissner (1993)'da rapor edilen verilere göre uyumludur.

5.2. Moleküler Veriler

Van ili kampüs toprakları içerisindeki çeşitli kolpodit siliyatların ilk kez cins düzeyinde SSU rDNA dizilerine dayalı filogenetik analizlerle filogenetik pozisyonları incelenmiştir. Gen bankasından (NCBI) alınan siliyat sınıfları için temsili örneklerin ve bu çalışmada elde edilen popülasyonların SSU rDNA dizileri kullanılarak oluşturulmuş filogenetik ağaçlar Foissner (1993), Corliss (2001) ve Foissner ve ark. (1991)'nin morfolojik sınıflandırma modelini genel anlamda desteklemektedir.

İzole edilen *Colpoda* popülasyonlarının filogenetik pozisyonlarını belirlemek için elde ettiğimiz SSU rDNA dizileri, bu cinse ait gen bankasına kaydedilmiş bütün *Colpoda* cinsine ait diziler, ve dış grup olarak kullandığımız *Cyrtolophosida*, *Bryometopida* ve *Scuticociliatia* takımlarına ait *Pseudocyrtolophosis*, *Cyrtolophosis*

Mirodiaphanosoma ve *Aristerostoma* cinslerine ait diziler ile filogenetik ağaçlar oluşturulmuştur. Maksimum olabilirlik yaklaşımı ve Bayesiyen çıkarsaması ile elde edilen filogenetik ağaçların topolojisi uyumludur. Analize alınan SSU rDNA dizileri ile *Colpoda* cinsi için oluşturulan ağaç modelleri dikkatle incelendiğinde, Colpodida takımının ortak atadan tek kol ile ayrılan monofiletik bir takson olduğu açıkça görülmektedir. Foissner ve ark. (2011)'nin yaptığı çalışmada da colpodida takımının monofiletik olduğunu belirtmişler. Çalışmamızda elde edilen filogenetik ağaç yukarıdaki araştırmacıların sonuçları ile uyumludur

Bayesian çıkarsaması (BI) ve maksimum olabilirlik yaklaşımı ile elde edilen filogenetik ağaçların ikisinde de bu çalışma ile elde edilen *C. lucida* popülasyonu GenBank'tan elde edilen popülasyonlar ile aynı klad üzerinde yer aldıkları görülmüştür. Bununla birlikte Türkiye popülasyonu söz konusu klada dışardan bağlanmış olması dikkat çekicidir. Bu durum muhtemelen Türkiye popülasyonunun diğer popülasyonlardan farklılık gösterdiğini ve diğer popülasyonlara göre daha atasal formu temsil ettiği fikrindeyiz. Sunulan bu çalışmada gen dizisi kullanılmış olan *C. lucida* (EU039895) Nijerya'nın taşkın zondan elde edilmiştir. Diğer *C. lucida* popülasyonu (KJ873048) ise Brezilya'nın Rio de Janeiro şehrinde bulunan, botanik bahçesinden toprak ve döküntülerden elde edilmiştir. Farklı coğrafyalarda benzer habitatlarda elde edilen siliyatlar genellikle benzer çevre koşullarına bağlı olarak benzer özellik gösterirler. Foissner ve ark. (2014) *Colpoda* cinsi üyelerinin hızlı yayılış gösterdiklerini ve bu nedenle farklı kıtalarda yeni cins ve familya düzeyinde taksonların oluşabileceğini önerdiler. Bu çalışmayla Türkiye'den bildirilen popülasyonun farklılaşma düzeyinin diğer iki popülasyona göre oldukça yüksek olması bu araştırmacıları desteklemektedir.

Dunthorn ve ark. (2008) *Colpoda magna* nın (EU039896) Avusturya popülasyonunu tanımladılar. Bu popülasyon ile bu çalışmada elde edilen aynı türe ait popülasyonun morfolojik karşılaştırılmasında farklılık olmadığı gibi 18s rDNA dizileriyle elde edilen filogenetik ağaçlarda filogenetik benzerlik oldukça yüksektir. Popülasyonlar arasında anlamlı farklılaşmanın olmaması bu türün popülasyonlarının benzer habitatlarda yaşamını sürdürdüklerini, değişken koşullara toleransının düşük olabileceği varyasyonu yapılabılır. Bu varsayımın doğrulanabilmesi için farklı coğrafyalardan ve farklı habitatlardan *C. magna* popülasyonlarının araştırılması gerekmektedir.

Çalışmada yer alan *Colpoda* sp. morfolojik olarak tanımlanmış diğer türlerden farklı olmakla birlikte bu tezde sadece karakteristik özellikleri sunulmuştur. Yapılan moleküler incelemeler sonucu oluşturulan filogenetik ağaçta Foissner ve ark. (2011) tarafından bildirilen *Colpoda* sp. (JF747216) ile kardeş pozisyonlu konumlanmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında iki popülasyonun yeni bir tür olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak şu anki elde edilen veriler yeni tür tanımlaması için yeterli değildir. Yeni tür olarak tanımlanabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Colpoda cinsine ait 20 türün üyeleri aynı soyhattından çeşitlenirken, üç türe ait bireyler aynı atasal soyhattından gelmelerine rağmen, farklı filogenetik soyhattını kullanarak çeşitlenmişlerdir. Bu durum bizi iki ihtimale götürmektedir. Bunlardan birincisi *C. maupasi* kladı yeni oluşan bir kladdır ve henüz bu türlerin bireyleri yeni coğrafik alanlara yayılış zamanı bulamamış olabilirler. Bu nedenle yeni bir türleşme yoluna girmiş olabilmektedir. İkinci olarak da bu klad için henüz yeterli verilere ulaşılmamış olabileceğidir. Foissner ve ark. (2011) tarafında yapılan çalışmalarda hala tespit edilemeyen çok sayıda siliyat türlerinin varlığı söz edilmektedir. Araştırmaların devam etmesi ve yeni morfolojik ve moleküler verilerin ortaya çıkmasıyla birlikte bu klad içerisinde yer alacak yeni türlerle oluşturulacak filogenetik ağaçların bu cinsin filogenisinin anlaşılmasında daha güvenilir olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen *C. maupasi* her iki filogenetik ağaçta da *C. ecaudata* ile kardeş pozisyonlu olup veri bankasından elde edilen *C. maupasi* (JF747215) ile daha uzak konumlanmıştır. Bu sonuç, (Foissner ve ark., 2014) yaptıkları çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olup, bu çalışmada elde edilen *C. maupasi* popülasyonu, kendi türdeş popülasyonu ile yakın ilişkide olmaması bu türün morfolojik ayırımında kullanılan ayırt edici karakterlerin sorgulanması gerektiğini göstermektedir. Bu da bize moleküler verilerin ve morfolojik veriler ile uyuşmadığını göstermektedir. Son yıllarda siliyatların filogenisi hakkında yapılan çalışmalarda morfolojik verilerle moleküler verilerin çatıştığı bildirilmiştir (Foissner ve ark., 2011; Vdacy ve ark., 2014; Rossi ve ark., 2016). Bu durum siliyatologları siliyat filogenisinde çok çeşitli moleküler karakterler kullanılmasına zorlamıştır. Duthorn ve ark 2011 yılında yaptığı çalışmada, nükleer rDNA bölgelerinin tek bir DNA barkodu kullanılarak filogenisinin değerlendirilmesinin sorun yaşatacağını belirterek, bazı siliyatların mitokondriyal SSU rDNA dizilerini elde ettiler. Araştırmacılar

bu çalışmada hem nükleer hem de mitokondriyal SSU rDNA dizileriyle elde edilen filogeni tahminlerinin uyumlu olduğunu, bu çalışmayla siliyatlar için yeni bir moleküler barkod bölgesini sundular. Ayrıca Struder-Kypke ve Lynn (2010)'in *Tetrahymena* and *Paramecium* cinsleri üzerinde yaptıkları filogenetik çalışmada rDNA bölgelerinin üst sınıflandırma kategorilerinde başarılı ayırım yaptığını ancak tür altı kategorilerde kullandıkları mitokondriyal sitokrom oksidaz C gen parçasının (COI) ayırım gücünün nükleer materyallere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Siliyatlarda farklı moleküler barkodlarla 18S rDNA dizileri kullanılarak yapılandırılan filogenetik ağaçlar genellikle uyumlu olması ve Genbank'ta çok sayıda bu taksonlara ait verinin olması nedeniyle bu çalışmada moleküler materyal olarak 18S rDNA dizisi çalışıldı. Ayrıca, *Colpoda* cinsi içerisinde bulunan canlılar monofiletik değil, polifiletik olduğu düşünülmektedir. Nitekim Foissner ve ark. (2014) ve Dunthorn ve ark. (2014) yaptıkları çalışmalarda Colpodea sınıfının diğer protistlerden ayrılarak monofiletik olduğu ancak *Colpoda* cinsinin kendi içerisinde polifiletik olduğunu belirtmişlerdir.

Colpoda sp. (AY905498) serbest yaşayan *C. steini* (KF732885) ile kardeş pozisyonludur. GenBank'tan elde edilen *Colpoda* sp. tırtıl bağırsak faunasından elde edilmiş simbiyont bir türdür. Ağaçta bu canlıya en yakın konumlanmış olana *C. steini* ise topraktan izole edildiği belirtilmiştir. Eğer farklı habitatlar siliyatlarda türleşme nedenlerinden biri ise *Colpoda steini* ve *Colpoda* sp. kladı çelişkili bir sonuca götürmektedir. *C. steini* doğada serbest yaşamaktadır. *Colpoda* sp. ise simbiyotik siliyat olup filogenetik ağaçtaki pozisyonu polifiletik görülmektedir. Bu kladın doğru anlaşılabilmesi bu klad içerisinde yer alması gereken taksonların tanımlanması ve siliyatlarda habitat ilişkilerinin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı durum her iki filogenetik ağaçta kardeş pozisyonlu kümelenen *C. aspera* popülasyonları için de gözlenmektedir. *Colpoda aspera* (KF111344) tavşan dışkılarından, *C. aspera* (EU039892) Jamaika topraklarından izole edilmiştir.

Colpoda cinsinin morfolojik tür sayısı yaklaşık 200 olup, günümüzde bunlardan yalnızca 23 tanesinin 18S rDNA dizisi bildirildi (Foissner, 2003; Foissner ve ark., 2014). Bu nedenle bu türlerin filogenetik pozisyonları eksik ve yeni tanımlanan türlerin eklenmesiyle bu cinsin soy hatlarını daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır.



KAYNAKLAR

- Adl, S.M., Simpson, A.G., Farmer, M.A., Andersen, R.A., Anderson, O.R., Barta, J.R., Bowser, S.S., Brugerolle, G., Fensome, R.A., Fredericq, S., James, T.Y., Karpov, S., Kugrens, P., Krug, J., Lane, C.E., Lewis, L.A., Lodge, J., Lynn, D.H., Mann, D.G., McCourt, R.M., Mendoza, L., Moestrup, O., Mozley-Standridge, S.E., Nerad, T.A., Shearer, C.A., Smirnov, A.V., Spiegel, F.W., Taylor, M.F., 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *Journal of Eukaryot Microbiology*, **52**:399-451.
- Adl, S.M., Simpson, A.G., Lane, C.E., Lukes, J., Bass, D., Bowser, S.S., Brown, M.W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D.H., McManus, H., Mitchell, E.A., Mozley-Stanridge, S.E., Parfrey, L.W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C.L., Smirnov, A., Spiegel, F.W., 2012. The revised classification of eukaryotes. *J Eukaryot Microbiol*, **59**:429-493.
- Alpdağtaş, S., 2012. *Pleuronema (Protista, Ciliophora) Türleri Üzerine Morfolojik ve Taksonomik Araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Anderson, O.R., 1988. *Comparative Protozoology, Ecology, Physiology, Life History*. Springer Science Business Media, New York, USA. 473.
- Anderson, O.R., 2000. Abundance of terrestrial Gymnamoebae at a Northeastern U. S. Site: A four-year study, Including the El Niño winter of 1997-1998. *Journal of Eukaryot Microbiology*, **47**:148-115.
- Anderson, R.O., Druger, M., 1997. *Explore The World Using Protozoa*. National Science Association Pres, USA. 223.
- Arslanargun, H., 2011. *Van Kalesi Sulak Alan Topraklarındaki Bazı Spathid Siliyatlar (Protista, Ciliophora, Haptoria) Üzerine Morfolojik Ve Taksonomik Araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Bamforth, S.S., 1988. Interactions between Protozoa and other organisms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **24**:229-234.
- Bamforth, S.S., 2001. Proportions of cctive ciliate taxa in soils. *Biol .Fertil. Soils*, **33**:197–203
- Bamforth, S.S., W., D.H., V., R.A., 2005. Distribution and diversity of soil protozoa in the McMurdo Dry Valleys of Antarctica. *Polar Biol.*, **28**:756-762.
- Bardele, C.F., Schultheiss, S., Lynn, D.H., Wright, A.D.G., Dominguez-Bello, M.G., Obispo, N.E., 2017. *Aviisotricha hoazini* n. gen., n. sp., the morphology and molecular phylogeny of an anaerobic ciliate from the crop of the Hoatzin (*Opisthocomus hoazin*), the cow among the birds. *Protist*, **168**:335-351.
- Baroin, A., Perasso, R., Qu, L.H., Brugerolle, G., Bachellerie, J.P., Adoutte, A., 1988. Partial phylogeny of the unicellular eukaryotes based on rapid sequencing of a portion of 28S ribosomal RNA. *Proc Natl Acad Sci U S A*, **85**:3474-3478.
- Baroin-Tourancheau, A., Delgado, P., Perasso, R., Adoutte, A., 1992. A broad molecular phylogeny of ciliates-identification of major evolutionary trends and radiations within the phylum. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **89**:9764-9768.

- Bernhard, D., Schlegel, M., 1998. Evolution of histone H4 and H3 genes in different ciliate lineages. *Journal of Molecular Evolution*, **46**:344–354.
- Biyu, S., 2000. Planktonic protozooplankton (ciliates, heliozoans and testaceans) in two shallow mesotrophic lakes in China – a comparative study between a macrophyte-dominated lake (Biandantang) and an algal lake (Houhu). *Hydrobiologia*, **434**:151–163.
- Blatterer, H., Foissner, W., 1988. Contribution to the terrestrial ciliates (Ciliophora, Protozoa) of Australia. *Stapfia, Linz*, **17**:1-84.
- Bourland, W.A., Hampikian, G., Vd'acny, P., 2012. Morphology and phylogeny of a new woodruffiid ciliate, *Etoschophrya inornata* sp. n. (Ciliophora, Colpodea, Platyophryida), with an account on evolution of platyophryids. *Zoologica Scripta*, **41**:400-416.
- Bourland, W.A., Vd'acny, P., Davis, M.C., Hampikian, G., 2011. Morphology, morphometrics, and molecular characterization of *Bryophrya gemmea* n. sp. (Ciliophora, Colpodea): Implications for the phylogeny and evolutionary scenario for the formation of oral ciliature in the order Colpodida. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **58**:22-36.
- Bourland, W.A., Wendell, L., Hampikian, G., Vd'acny, P., 2014. Morphology and phylogeny of *Bryophryoides ocellatus* n. g., n. sp. (Ciliophora, Colpodea) from in situ soil percolates of Idaho, U.S.A. *Eur J Protistol*, **50**:47-67.
- Bowers, N., Kroll, T.T., Pratt, J.R., 1998. Diversity and geographic distribution of riboprints from three cosmopolitan species of *Colpoda* Müller (Ciliophora: Colpodea). *European Journal of Protistology*, **34**:341-347.
- Çapar, S., 2007. Checklist for ciliate species (Protozoa, Ciliophora) living in Turkish inland waters and flooded zones. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **24**: 207–212
- Çapar, S., 2008. Sulak alan siliyatları (Protozoa: Ciliophora) ve morfolojik farkları. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* **25**:359–364
- Castresana, J., 2000. Selection of conserved blocks from multiple alignments for their use in phylogenetic analysis. *Molecular Biology and Evolution*, **17**:540-552.
- Chen, X., Gao, F., Al-Farraj, S.A., Al-Rasheid, K.A., Xu, K., Song, W., Song, W., 2015. Morphology and morphogenesis of a novel mangrove ciliate, *Sterkiella subtropica* sp. nov. (Protozoa, Ciliophora, Hypotrichia), with phylogenetic analyses based on small-subunit rDNA sequence data. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **65**:2292-2303.
- Çınar, H., 2011. *Van'daki Ceviz Ağacı (Juglans regia L.) Kabuklarında Bulunan Kolpodit Siliyat (Protista: Ciliophora: Colpodea) Faunası* (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Corliss, J.O., 1979. The impact of electron microscopy on ciliate systematics. *Amer. Zool.*, **19**:573-578.
- Corliss, J.O., 2001. Protozoan Taxonomy and Systematics. *Nature*, **2**:1-7.
- Daw, A.F.O.E., 2018. *Tunus'ta Bulunan Sığırlarin (Bos taurus taurus Linnaeus, 1758) İşkembe Siliyat (Protista: Ciliophora) Faunası* (Yüksek Lisans Tezi), Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kastamonu.
- Díaz, S., Martín-González, A., Rico, D., Gutiérrez, J.C., 2003. Morphogenesis of the division and encystment process of the ciliated protozoan *Colpoda minima*. *Journal of Natural History*, **37**:2395-2412.
- Dong, J., Lu, X., Shao, C., Huang, J., Al-Rasheid, K.A., 2016. Morphology, morphogenesis and molecular phylogeny of a novel saline soil ciliate, *Lamtostyla salina* n. sp. (Ciliophora, Hypotricha). *Eur J Protistol*, **56**:219-231.

- Dunthorn, M., Eppinger, M., Schwarz, M.V., Schweikert, M., Boenigk, J., Katz, L.A., Stoeck, T., 2009. Phylogenetic placement of the Cyrtolophosididae Stokes, 1888 (Ciliophora; Colpodea) and neotypification of *Aristerostoma marinum* Kahl, 1931. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **59**:167-180.
- Dunthorn, M., Foissner, W., Katz, L.A., 2008. Molecular phylogenetic analysis of class Colpodea (phylum Ciliophora) using broad taxon sampling. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **46**:316–327.
- Dunthorn, M., Foissner, W., Katz, L.A., 2011. Expanding character sampling for ciliate phylogenetic inference using mitochondrial SSU-rDNA as a molecular marker. *Protist*, **162**:85-99.
- Dunthorn, M., Otto, J., Berger, S.A., Stamatakis, A., Mahe, F., Romac, S., de Vargas, C., Audic, S., Biomarks, C., Stock, A., Kauff, F., Stoeck, T., 2014. Placing environmental next-generation sequencing amplicons from microbial eukaryotes into a phylogenetic context. *Molecular Biology and Evolution*, **31**:993-1009.
- Fan, X., Xu, Y., Jiang, J., Al-Rasheid, K.A.S., Wang, Y., Hu, X., 2017. Morphological descriptions of five scuticociliates including one new species of *Falcicyclidium*. *European Journal of Protistology*, **59**:34-49.
- Fenchel, T., Esteban, G.F., Finlay, B.J., 1997. Local versus Global Diversity of Microorganisms: Cryptic Diversity of Ciliated Protozoa. *Oikos*, **80**:220.
- Finlay, B.J., 2002. Global dispersal of free-living microbial eukaryote species. *Science*, **296**:1061-1063.
- Foissner, W., 1985. Klassifikation und Phylogenie der Colpodea (Protozoa: Ciliophora). *Arch. Protistenk.*, **129**:239-290.
- Foissner, W., 1987a. Neue und wenig bekannte hypotriche und colpodide Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus Böden und Moosen. *Zool. Beitr. N. F.*, **31**:187-282.
- Foissner, W., 1987b. Soil Protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators and guide to the literature. *Prog. Protistol*, **2**:69-212.
- Foissner, W., 1991. Basic light and scanning electron microscopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa. *European Journal of Protistology*, **27**:313-330.
- Foissner, W., 1993. *Colpodea (Ciliophora)*. Gustav Fischer Verlag, New York. 798.
- Foissner, W., 1995. Tropical protozoan diversity: 80 ciliate species (Protozoa, Ciliophora) in a soil sample from a tropical dry forest of Costa Rica, with descriptions of four new genera and seven new species. *Archiv für Protistenkunde*, **145**:37—79.
- Foissner, W., 1997a. Global soil ciliate (Protozoa, Ciliophora) diversity: a probability-based approach using large sample collections from Africa, Australia and Antarctica. *Biodiversity & Conservation*, **6**:1627-1638.
- Foissner, W., 1997b. Soil ciliates (Protozoa: Ciliophora) from evergreen rain forests of Australia, South America and Costa Rica: diversity and description of new species. *Biol. Fertil Soils*, **25**:317-339.
- Foissner, W., 1998. An updated compilation of world soil ciliates (Protozoa, Ciliophora), with ecological notes, new records, and description of new species. *Europ. J. Protistol*, **34**:195-235.
- Foissner, W., 1999a. Notes on the soil ciliate biota (Protozoa, Ciliophora) from the Shimba Hills in Kenya (Africa): diversity and description of three new genera and ten new species. *Biodiversity and Conservation*, **8**:319-389.

- Foissner, W., 1999b. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **74**:95-112.
- Foissner, W., 2000. A compilation of soil and moss ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Germany, with new records and description of new and insufficiently known species. *Europ. J. Protistol*, **36**:253-283.
- Foissner, W., 2003. *Pseudomaryna australiensis* nov. gen., nov. spec. and *Colpoda brasiliensis* nov. spec., two new colpodids (Ciliophora, Colpodea) with a mineral envelope. *European Journal of Protistology*, **39**:199–212.
- Foissner, W., 2008. *Protist Diversity and Geographical Distribution*. Springer, New York, USA. 210.
- Foissner, W., 2010. Life cycle, morphology, ontogenesis, and phylogeny of *Bromeliothrix metopoides* nov. gen., nov. spec., a peculiar Ciliate (Protista, Colpodea) from tank bromeliads (Bromeliaceae). *Acta Protozoologica*, **49**:159-193.
- Foissner, W., Agahta, S., Berger, H., 2002. Soil ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Namibia (Southwest Africa), with emphasis on two contrasting environments, the Etosha Region and the Namib Desert. *Denisia*, **5**:1-1459.
- Foissner, W., Berger, H., 1996. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biol*, **35**:375-482.
- Foissner, W., Berger, H., Schaumburg, J., 1999. *Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates*. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Munich. 793.
- Foissner, W., Berger, H., Xu, K., Zechmeister-Boltenstern, S., 2005. A huge, undescribed soil ciliate (Protozoa: Ciliophora) diversity in natural forest stands of Central Europe. *Biodiversity and Conservation*, **14**:617-701.
- Foissner, W., Blatterer, H., Berger, H., Kohmann, F., 1991. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. *Informationsberichte des Bayer Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **91**:1-478.
- Foissner, W., Bourland, W.A., Wolf, K.W., Stoeck, T., Dunthorn, M., 2014. New SSU-rDNA sequences for eleven colpodeans (Ciliophora, Colpodea) and description of Apocyrtolephosis nov. gen. *European Journal of Protistology*, **50**:40-46.
- Foissner, W., Chao, A., Katz, L.A., 2008. Diversity and geographic distribution of ciliates (Protista: Ciliophora). *Biodiver. Conserv.*, **17**:345-363.
- Foissner, W., Rasheid, K.A., 2007. Notes on soil ciliates (Protozoa, Ciliophora) from the Netherlands, with description of *Keronopsis schminkei* nov. spec. and *Apobryophyllum schmidingeri* nov. spec. *Acta Protozoologica*, **46**:201–220.
- Foissner, W., Stoeck, T., 2009. Morphological and molecular characterization of a new protist family, Sandmanniellidae n. fam. (Ciliophora, Colpodea), with description of *Sandmanniella terricola* n. g., n. sp. from the Chobe floodplain in Botswana. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **56**:472-483.
- Foissner, W., Stoeck, T., 2011. *Cotterillia bromelicola* nov. gen., nov. spec., a gonostomatid ciliate (Ciliophora, Hypotricha) from tank bromeliads (Bromeliaceae) with de novo originating dorsal kineties. *European Journal of Protistology*, **47**:29–50.
- Foissner, W., Stoeck, T., Agatha, S., Dunthorn, M., 2011. Intera-class evolution and classification of the Colpodea (Ciliophora). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **58**:397–415.

- Foissner, W., Xu, K., 2007. Monograph of the Spathidiida (Ciliophora, Haptoria) Vol. I: Protospathidiidae, Arcuospathidiidae, Apertospathulidae. *Monographiae Biol.*, **81**:1-485.
- Gao, F., Warren, A., Zhang, Q., Gong, J., Miao, M., Sun, P., Xu, D., Huang, J., Yi, Z., Song, W., 2016. The all-data-based evolutionary hypothesis of ciliated protists with a revised classification of the Phylum Ciliophora (Eukaryota, Alveolata). *Sci. Rep.*, **6**:24874.
- Göçmen, B., 1993. Sığır İşkembesinde endosimbiont yaşayan *Isotricha* spp. Stein, 1859 (Isotrichidae, Trichostomatida) üzerine ışık mikroskobu düzeyinde morfolojik ve sitolojik gözlemler. *Turkish Journal of Zoology*, **17**:289-301.
- Göçmen, B., 2014. *Protozooloji (Ökaryotik Mikrobiyoloji)*. Palme Yayıncılık, Ankara. 413.
- Göçmen, B., Öktem, N., 1999. İşkembe siliyatı *Entodinium longinucleatum* Dogiel, 1925 (Ciliophora: Entodiniomorpha: Entodiniidae)'un evcil sığırlardaki taksonomik durumu. *Turkish Journal of Zoology*, **23**:465-471.
- Gökçen, İ.S., 2013. *Frontonia Ehrenberg, 1838 (Protista, Ciliophora) Türleri Üzerine Morfolojik Ve Taksonomik Araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Gomez, F., Wang, L., Lin, S., 2018. Morphology and molecular phylogeny of peritrich ciliate epibionts on pelagic diatoms: *Vorticella oceanica* and *Pseudovorticella coscinodisci* sp. nov. (Ciliophora, Peritrichia). *Protist*, **169**:268-279.
- Gong, J., Kim, S.J., Kim, S.Y., Min, G.S., Roberts, D.M., Warren, A., Choi, J.K., 2007. Taxonomic redescription of two ciliates, *Protogastrostyla pulchra* n. g., n. comb. and *Hemigastrostyla enigmatica* (ciliophora: spirotrichea, stichotrichia), with phylogenetic analyses based on 18S and 28S rRNA gene sequences. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **54**:468-478.
- Greenwood, S.J., Schlegel, M., Sogin, M.L., Lynn, D.H., 1991. Phylogenetic relationships of *Blepharisma americanum* and *Colpoda inflata* within the Phylum Ciliophora inferred from complete small subunit rRNA gene sequences. *Journal of Protozoology*, **38**:1-6.
- Gürelli, G., 2010. *İzmir Yöresinde Bulunan Atların Equus caballus Linnaeus, 1758 Arka Bağırsak Siliyat (Protista: Ciliophora) Faunası* (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Huang, J.B., Zhang, T.T., Zhang, Q.Q., Li, Y., Warren, A., Pan, H.B., Yan, Y., 2018. Further insights into the highly derived haptorids (Ciliophora, Litostomatea): Phylogeny based on multigene data. *Zoologica Scripta*, **47**:231-242.
- Jang, S.W., Vdacy, P., Shazib, S.U.A., Shin, M.K., 2017. Linking morphology and molecules: integrative taxonomy of spathidiids (Protista: Ciliophora: Litostomatea) from Korea. *Journal of Natural History*, **51**:939-974.
- Jung, J.H., Cho, J., Jang, Y.H., Gil, D.Y., 2018. Morphology and molecular phylogeny of *Holostichides terrae* nov. spec. (Ciliophora: Spirotrichea) with discussion on the possible non-monophyly of Holostichides. *European Journal of Protistology*, **62**:69-78.
- Jung, J.H., Park, K.Y., Min, G.S., 2017. Morphology and molecular phylogeny of *Pseudocyrtohymenides lacunae* nov. gen., nov. spec. (Ciliophora: Oxytrichidae) from South Korea. *Acta Protozoologica*, **56**.

- Kahl, A., 1931. Urtiere Oder Protozoa I: Wimpertiere Order Ciliata (Infusoria). 2. Holotricha Außer den im 1. Teil Behandelten Prostomata. *Tierwelt Dtl*, **21**:181-398.
- Kalyaanamoorthy, S., Minh, B.Q., Wong, T.K.F., von Haeseler, A., Jermini, L.S., 2017. ModelFinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature Methods*, **14**:587-589.
- Kaya, Z., 2005. *Bazı toprak kolpoditlerinin (Protozoa: Ciliophora: Colpodea) morfolojisi ve infrasilikatürü* (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Kim, K.S., Min, G.S., 2015. New record of three colpodean ciliates (Ciliophora: Colpodea) from Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, **33**:375-382.
- Kimura, M., 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequence. *Journal of Molecular Evolution*, **16**:111-120.
- Kızıldağ, S., Yıldız, İ., 2019. Morphology and molecular phylogeny of four *Frontonia* species from Turkey (Protista, Ciliophora). *Zootaxa*, **4609**:548-564.
- Kuhner, S., Simao, T.L., Safi, L.S., Gazulha, F.B., Eizirik, E., Utz, L.R., 2016. *Epistylis portoalegrensis* n. sp. (Ciliophora, Peritrichia): A new freshwater ciliate species from Southern Brazil. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **63**:93-99.
- Levine, N.D., Corliss, J.O., Cox, F.E.G., Deroux, G., Grain, J., Honigberg, B.M., Leedale, G.F., Loeblich, A.R., Lom, I.J., Lynn, D., Merinfeld, E.G., Page, F.C., Poljansky, G., Sprague, V., Vavra, J., Wallace, F.G., 1980. A newly revised classification of the Protozoa. *Journal of Protozoology*, **27**:37-58.
- Li, F., Lyu, Z., Li, Y., Fan, X., Al-Farraj, S.A., Shao, C., Berger, H., 2017. Morphology, morphogenesis, and molecular phylogeny of *Uroleptus (Caudiholosticha) stueberi* (Foissner, 1987) comb. nov. (Ciliophora, Hypotricha), and reclassification of the remaining *Caudiholosticha* species. *European Journal of Protistology*, **59**:82-98.
- Liao, W., Fan, X., Zhang, Q., Xu, Y., Gu, F., 2018. Morphology and phylogeny of two novel ciliates, *Arcanisutura chongmingensis* n. gen., n. sp. and *Naxella paralucida* n. sp. from Shanghai, China. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **65**:48-60.
- Lifang, L., Honggang, M., Al-Rasheid, K.A.S., 2015. Monophyly or polyphyly? Possible conflict between morphological and molecular interpretations of the wellknown genus *Zoothamnium* (Ciliophora, Peritrichia). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, **33**:490-499.
- Liu, M., Gao, F., Al-Farraj, S.A., Hu, X., 2016. Morphology and small subunit rRNA gene sequence of *Uronemita parabinucleata* n. sp. (Ciliophora, Uronematidae), with an improved generic diagnosis. *European Journal of Protistology*, **54**:1-10.
- Lopez-Garcia, P., Rodriguez-Valera, F., Petros-Allo, C., Moreira, D., 2001. Unexpected diversity of small eukaryotes in deep sea antarctic plankton. *Nature*, **409**:603-606.
- Lukashenko, N.P., 2008. Molecular evolution of ciliates (Ciliophora) and some related groups of protozoans. *Russian Journal of Genetics*, **45**:885-898.
- Lynn, D.H., 2003. Morphology or molecules: How do we identify the major lineages of ciliates (Phylum Ciliophora)? *European Journal of Protistology*, **39**:356-364.
- Lynn, D.H., 2008. *The ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature*. Springer, Dordrecht. 605.
- Lynn, D.H., Kolisko, M., Bourland, W., 2018. Phylogenomic analysis of *Nassula variabilis* n. sp., *Furgasonia blochmanni*, and *Pseudomicrothorax dubius* confirms a nassophorean clade. *Protist*, **169**:180-189.

- Lynn, D.H., Small, E.B., 2000. Phylum Ciliophora Doflein, 1901, in: Lee, J.J., Leedale, G.F., Bradbury, P. (Eds.), *The Illustrated Guide to the Protozoa*. Society of Protozoologists. Lawrence, Kansas, USA. 371-656.
- Lynn, D.H., Wright, A.D.G., Schlegel, M., Foissner, W., 1999. Phylogenetic relationships of orders within the Class Colpodea (Phylum Ciliophora) Inferred from small subunit rRNA gene sequences. *Journal of Molecular Evolution*, **48**:605–614.
- Lyu, Z., Wang, J.Y., Huang, J., Warren, A., Shao, C., 2018. Multigene-based phylogeny of Urostylida (Ciliophora, Hypotrichia), with establishment of a novel family. *Zoologica Scripta*, **47**:243-254.
- Mayzlish, E., Steinberger, Y., 2004. Effects of chemical inhibitors on soil protozoan dynamics in a desert ecosystem. *Biol. Fertil. Soils*, **39**:415-421.
- Medlin, L., Elwood, H.J., Stickel, S., Sogin, M.L., 1988. The characterization of enzymatically amplified eukaryotic 16S-like rRNA-coding regions. *Gene*, **71**:491–499.
- Nadhanan, R.R., Thomas, C.J., 2014. Colpoda secrete viable *Listeria monocytogenes* within faecal pellets. *Environ Microbiol*, **16**:396-404.
- Nam, S.W., Shin, W., Kang, M., Yih, W., Park, M.G., 2015. Ultrastructure and molecular phylogeny of *Mesodinium coatsi* sp. nov., a benthic marine ciliate. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **62**:102-120.
- Nesselquist, E.L., Katz, L.A., 2001. Phylogenetic position of *Sorogena stoianovitchae* and relationships within the class Colpodea (Ciliophora) based on SSU rDNA sequence. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **48**:604-607
- Nguyen, L.T., Schmidt, H.A., von Haeseler, A., Minh, B.Q., 2014. IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, **32**:268-274.
- Özdamar, K., 1999a. *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 1*. Kaan Kitabevi, Eskişehir. 535.
- Özdamar, K., 1999b. *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 2*. Kaan Kitabevi, Eskişehir. 502.
- Petz, W., Foissner, W., 1997. Morphology and infraciliature of some soil ciliates (Protozoa, Ciliophora) from continental Antarctica, with notes on the morphogenesis of *Sterkiella histriomusconum*. *Polar Record*, **33**:307- 326.
- Petz, W., Foissner, W., Adam, H., 1985. Culture, food selection and growth rate in the mycophagous ciliate *Grossglockneria acuta* Foissner, 1980: First evidence of autochthonous soil ciliates. *Soil. Biol. Biochem.*, **17**:871-875.
- Posada, D., 2008. jModelTest: phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and Evolution*, **25**:1253-1256.
- Qu, Z., Pan, H., Lin, X., Li, L., Aleidan, A.M.A., Al-Farraj, S.A., Stoeck, T., Hu, X., 2018. A contribution to the morphology and phylogeny of *Chlamydodon*, with three new species from China (Ciliophora, Cyrtophoria). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **65**:236-249.
- Qu, Z.S., Ma, H.G., Al-Farraj, S.A., Lin, X.F., Hu, X.Z., 2017. Morphology and molecular phylogeny of *Aegyria foissneri* sp. n. and *Lynchella minuta* sp. n. (Ciliophora, Cyrtophoria) from brackish waters of southern China. *European Journal of Protistology*, **57**:50-60.
- Quintela-Alonso, P., Nitsche, F., Arndt, H., 2011. Molecular characterization and revised systematics of *Microdiaphanosoma arcuatum* (Ciliophora, Colpodea). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **58**:114-119.

- Rambaut, A., 2016. Figtree. Molecular evolution, phylogenetics an epidemiology, United Kingdom, p. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>.
- Rambaut, A., Drummond, A.J., Xie, D., Baele, G., Suchard, M.A., 2018. Posterior summarisation in Bayesian phylogenetics using Tracer. *Systematic Biology*, **67**:901-904.
- Robinson, B.S., Bamforth, S.S., Dobson, P.J., 2002. Density and diversity of protozoa in some arid Australian soils. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **49**:449-453.
- Ronquist, F., Huelsenbeck, J.P., 2003. MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, **19**:1572-1574.
- Ronquist, F., Teslenko, M., van der Mark, P., Ayres, D.L., Darling, A., Höhna, S., Larget, B., Liu, L., Suchard, M.A., Huelsenbeck, J.P., 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology*, **61**:539-542.
- Rossi, A., Boscaro, V., Carducci, D., Serra, V., Modeo, L., Verni, F., Fokin, S.I., Petroni, G., 2016. Ciliate communities and hidden biodiversity in freshwater biotopes of the Pistoia province (Tuscany, Italy). *European Journal of Protistology*, **53**:11-19.
- Şenler, N.G., Yıldız, İ., 2003. Infraciliature and other morphological characteristics of *Enchelyodon longikineta* n. sp (Ciliophora, Haptoria). *European Journal of Protistology*, **39**:267-274.
- Şenler, N.G., Yıldız, İ., 2004. Faunistic and morphological studies on ciliates (Protozoa, Ciliophora) from a small pond, with responses of ciliate populations to changing environmental conditions. *Turkish Journal of Zoology*, **28**:245-265.
- Şenler, N.G., Yıldız, İ., 2009. Morphology and infraciliature of some haptorid ciliates (Protista, Ciliophora, Haptoria) in alkaline soil samples of Van (Turkey), with notes on the ontogenesis of *Enchelyodon nodosus* Berger, Foissner & Adam, 1984. *Turkish Journal of Zoology*, **33**:125-138.
- Şenler, N.G., Yıldız, İ., 2010. Tatlı Su Protozoonlarının Önemi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, **3**:7-16.
- Shao, C., Li, L.Q., Zhang, Q.Q., Song, W.B., Berger, H., 2017. Molecular phylogeny and ontogeny of a new ciliate genus, *Paracladotricha salina* n. g., n. sp. (Ciliophora, Hypotrichia) by Shao et al 2014. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **64**:901-902.
- Shi, T., Shi, X., Lu, F., Yu, F., Fu, Y., Hu, X., 2014. A *Colpoda aspera* Isolate from animal faeces: in vitro cultivation and identification. *European Journal of Protistology*, **50**.
- Sleigh, M.A., 1989. *Protozoa and Other Protist*. Chapman and Hall, New York. 342.
- Small, E.B., Lynn, D.H., 1981. A new macrosystem for the phylum Ciliophora Doflein, 1901. *BioSystems*, **14**:387-401.
- Smith, S.A., Song, W., GavriloVA, N.A., Kurilov, A.V., Liu, W., McManus, G.B., Santoferrara, L.F., 2018. *Dartintinnus alderae* n. g., n. sp., a brackish water tintinnid (Ciliophora, Spirotrichea) with dual-ended lorica collapsibility. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **65**:400-411.
- Stechmann, A., Schlegel, M., Lynn, D.H., 1998. Phylogenetic relationships between prostome and colpodean ciliates Tested by small subunit rRNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **9**:48-54.
- Struder-Kypke, M., Lynn, D.H., 2010. Comparative analysis of the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene in ciliates (Alveolata, Ciliophora) and evaluation of its suitability as a biodiversity marker. *Systematics and Biodiversity*, **8**:131-148.

- Talavera, G., Castresana, J., 2007. Improvement of phylogenies after removing divergent and ambiguously aligned blocks from protein sequence alignments. *Systematic Biology*, **56**:564-577.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipiński, A., Kumar, S., 2013. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, **30**:2725-2729.
- Tang, F.H., Zhang, Y., Zhao, Y.J., 2017. Morphological and molecular identification of the new species, *Trichodina pseudoheterodontata* sp. n. (Ciliophora, Mobilida, Trichodinidae) from the Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, in Chongqing China. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **64**:45-55.
- V'dacny, P., Foissner, W., 2012. Monograph of the Dileptids (Protista, Ciliophora, Rhynchostomatia). *Denisia*, **31**:1-529.
- V'dacny, P., Breiner, H.W., Yashchenko, V., Dunthorn, M., Stoeck, T., Foissner, W., 2014. The chaos prevails: molecular phylogeny of the Haptoria (Ciliophora, Litostomatea). *Protist*, **165**:93-111.
- Verhoeven, R., 2002. Ciliates in coastal dune soils of different stages of development. *European Journal of Soil Biology*, **38**:187-191.
- Wang, J., Ma, J., Qi, S., Shao, C., 2017a. Morphology, morphogenesis and molecular phylogeny of a new soil ciliate *Paragonostomoides xianicum* n. sp. (Ciliophora, Hypotrichia, Gonostomatidae). *European Journal of Protistology*, **61**:233-243.
- Wang, J.Y., Li, L.F., Warren, A., Shao, C., 2017b. Morphogenesis and molecular phylogeny of the soil ciliate *Rigidohymena quadrinucleata* (Dragesco and Njine, 1971) Berger, 2011 (Ciliophora, Hypotricha, Oxytrichidae). *European Journal of Protistology*, **60**:1-12.
- Wang, P., Wang, Y.R., Wang, C.D., Zhang, T.T., Al-Farraj, S.A., Gao, F., 2017c. Further consideration on the phylogeny of the Ciliophora: Analyses using both mitochondrial and nuclear data with focus on the extremely confused class Phyllopharyngea. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **112**:96-106.
- Wu, L., Jiao, X.X., Shen, Z., Yi, Z.Z., Li, J.Q., Warren, A., Lin, X.F., 2017a. New taxa refresh the phylogeny and classification of pleurostomatid ciliates (Ciliophora, Litostomatea). *Zoologica Scripta*, **46**:245-253.
- Wu, L., Yi, Z., Li, J., Warren, A., Lin, X., 2017b. Corrigendum to "two new brackish ciliates, *Amphileptus spiculatus* sp. n. and *A. bellus* sp. n. from mangrove wetlands in Southern China, with notes on the molecular phylogeny of the family Amphileptidae (Protozoa, Ciliophora, Pleurostomatida) by Wu et al". *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **64**:905.
- Xu, Y., Gao, S., Hu, X., Al-Rasheid, K.A.S., Song, W., 2013. Phylogeny and systematic revision of the karyorelictid genus *Remanella* (Ciliophora, Karyorelictea) with descriptions of two new species. *European Journal of Protistology*, **49**:438-452.
- Xu, Y., Song, W., Shao, C., Fan, X., Wilbert, N., Warren, A., Al-Rasheid, K.A.S., 2016. New contributions to the biodiversity of ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Antarctica, including a description of *Gastronauta multistriata* nov. spec. *Polar Biol.*, **39**:1439-1453.
- Yıldız, İ., 2018. Morphology and phylogeny of *Apertospathula oktemae* n. sp. (Ciliophora, Haptoria, Spathidiida) from Lake Van, Turkey. *European Journal of Protistology*, **66**:1-8.
- Yıldız, İ., Şenler, N.G., 2013. *Frontonia anatolica* n. sp., a new penicolid ciliate (Protista, Ciliophora) from Lake Van, Turkey. *Turkish journal of Zoology*, **37**:24-30.

- Zettler, L.A.A., Laatsch, A.D., Zettler, E., Nerad, T.A., Cole, J., Diaz, F.C., Diaz, J., Janzen, D.H., Sittenfeld, A., Mason, O., Reysenbach, A.L., 2005. A microbial observatory of caterpillars: Isolation and molecular characterization of protists associated with the Saturniid Moth Caterpillar *Rothschildia lebeau*. ***Journal of Eukaryotic Microbiology***, **52**:107–115.
- Zhao, Y., Yi, Z., Gentekaki, E., Zhan, A., Al-Farraj, S.A., Song, W., 2016. Utility of combining morphological characters, nuclear and mitochondrial genes: An attempt to resolve the conflicts of species identification for ciliated protists. ***Mol Phylogenet Evol***, **94**:718-729.
- Zhuang, Y., Clamp, J.C., Yi, Z., Ji, D., 2018. Phylogeny of the families Zoothamniidae and Epistylididae (Protozoa: Ciliophora: Peritrichia) based on analyses of three rRNA-coding regions. ***Mol. Phylogenet. Evol.***, **118**:99-107.



ÖZ GEÇMİŞ

Pelin ERİŞEN, 1990 yılında İzmir’ de doğdu. İlk ve orta okulu 2004 yılında İzmir Halil Atilla İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini 2007 yılında Bornova Çimentaş Lisesi’nde tamamladı. 2007 yılında girdiği Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünü’nden 2012 yılında biyolog unvanıyla mezun oldu. 2013 yılında Millî Eğitim Bakanlığı’nda Biyoloji Öğretmeni olarak göreve başladı. 2015 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilimdalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Yüksek lisans eğitimini “Van İlindeki *Colpoda* (Protista, Ciliophora) Türleri Üzerinde Moleküler Filogenetik Araştırmalar” isimli çalışma ile tamamlamıştır. Halen Millî Eğitim Bakanlığı’nda Biyoloji Öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 18/07/2019

Tez Başlığı / Konusu: Van İlindeki Colpoda (Protista, Ciliophora) Türleri Üzerinde Moleküler Filogenetik Araştırmalar

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 78 sayfalık kısmına ilişkin, 18/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11 (onbir) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayımlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.



18/07/2019

Adı Soyadı: Pelin ERİŞEN

Öğrenci No: 159102089

Anabilim Dalı: Biyoloji

Programı:

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR



Doç. Dr. İsmail YILDIZ

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR



Doç. Dr. Serhat KARACA
Enstitü Müdür Yrd.

(Unvan, Ad Soyad, İmza)