

**T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**BAZI ORİBATİD AKAR TÜRLERİNİN KROMOZOM  
SAYILARININ BELİRLENMESİ**

**Nisa GÜMÜŞ**

**Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Halil Erhan EROĞLU**

**Yozgat 2020**



**T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**BAZI ORİBATİD AKAR TÜRLERİNİN KROMOZOM  
SAYILARININ BELİRLENMESİ**

**Nisa GÜMÜŞ**

**Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Halil Erhan EROĞLU**

**Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve  
Araştırma Merkezi tarafından 6601-FBE/18-222 kodu ile desteklenmiştir.**

**Yozgat 2020**



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

TEZ ONAY FORMU

T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Biyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 70110317005 numaralı öğrencisi Nisa GÜMÜŞ'ün hazırladığı “**Bazı Oribatid Akar Türlerinin Kromozom Sayılarının Belirlenmesi**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 06/01/2020 Pazartesi günü saat 11:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

**Başkan** : Doç. Dr. Hatice BAŞ

**Jüri Üyesi** : Doç. Dr. Halil Erhan EROĞLU (Danışman)

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğr. Üyesi Sedat PER

**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 16.01./2020 tarih ve 3 sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

16.01./2020

Prof. Dr. Mustafa SAÇMACI  
Müdür  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

# İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>ÖZET</b> .....  | <b>iii</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>iv</b>    |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....  | <b>v</b>     |
| <b>TABLolar LİSTESİ</b> .....  | <b>vi</b>    |
| <b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....  | <b>vii</b>   |
| <b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....   | <b>viii</b>  |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....  | <b>1</b>     |
| <b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....   | <b>2</b>     |
| 2.1. Oribatid Akarların Genel Özellikleri .....                              | 2            |
| 2.1.1. <i>Oribotritia hermanni</i> Grandjean, 1967 .....                     | 2            |
| 2.1.2. <i>Hermanniella gibber</i> Kulijev, 1979 .....                        | 5            |
| 2.2. Kromozomal veriler .....  | 8            |
| 2.2.1. Temel Kromozom Sayısı ( $x$ ) .....                                   | 8            |
| 2.2.2. Diploid Kromozom Sayısı ( $2n$ ) .....                                | 9            |
| 2.2.3. Karyotip Formülü ve Monosentrik Kromozomlar .....                     | 9            |
| 2.2.4. Karyotip Asimetrisi .....   | 11           |
| 2.2.5. Holosentrik Kromozomlar .....   | 13           |
| 2.2.5.1. Holosentrik Kromozomların Tanımlanması .....                        | 14           |
| 2.2.5.2. Holosentrik Kromozomların Geniş Filogenetik Dağılımı .....          | 16           |
| 2.2.5.3. Bitkilerde Holosentrik Kromozomlar .....                            | 16           |
| 2.2.5.4. Hayvanlarda Holosentrik Kromozomlar .....                           | 17           |
| 2.2.5.5. Holosentrik Kromozomların Mayozda Kinetokor Geometri Problemi ..... | 18           |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....   | <b>21</b>    |
| 3.1. Oribatid Akar Örneklerinin Toplanması, Hazırlanması ve Saklanması ..... | 21           |
| 3.2. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar .....                          | 22           |
| 3.3. Sitogenetik Analiz .....  | 23           |
| 3.3.1. Çözelti ve Boyaların Hazırlanması .....                               | 23           |
| 3.3.1.1. Kolşisin .....  | 24           |
| 3.3.1.2. Hipotonik Solüsyonun Hazırlanması .....                             | 24           |
| 3.3.1.3. Fiksatifin Hazırlanması .....                                       | 24           |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.1.4. %7'lik Giemsa Boyasının Hazırlanması ..... | 24        |
| 3.3.2. Sitogenetik Prosedür .....                   | 24        |
| 3.3.3. Materyalin Muhafazası .....                  | 25        |
| 3.3.4. Preparat Hazırlanması .....                  | 25        |
| 3.3.5. Preparatların Boyanması .....                | 25        |
| 3.3.6. Kromozomların Görüntülenmesi .....           | 26        |
| 3.3.7. Kromozomal Ölçümler ve Karyotip Analizi..... | 27        |
| <b>4. BULGULAR.....</b>                             | <b>28</b> |
| 4.1. <i>Oribotritia hermanni</i> .....              | 28        |
| 4.2. <i>Hermanniella gibber</i> .....               | 31        |
| <b>5. TARTIŞMA–SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>          | <b>34</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                              | <b>37</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                | <b>43</b> |

# BAZI ORİBATİD AKAR TÜRLERİNİN KROMOZOM SAYILARININ BELİRLENMESİ

Nisa GÜMÜŞ

Yozgat Bozok Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

2020; Sayfa: 43

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Halil Erhan EROĞLU

## ÖZET

Günümüzde yaklaşık 11.000 oribatid akar türü tanımlanmasına rağmen, oribatid akarlar ile ilgili kromozomal veriler çok azdır. Ayrıca, oribatid akarlar sitogenetik çalışmalarda holosentrik kromozomlar için önemli bir modeldir. Bazı oribatid akarlarda  $2n = 16, 30$  gibi farklı kromozom sayıları bilinmesine rağmen, diploid sayı genellikle  $2n = 18$ 'dir. Bu çalışmada, *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967 ve *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979 akarlarının kromozom sayıları, monoploid idiyogramları ve kromozomal verileri araştırılmıştır. *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber*'in diploid kromozom sayıları sırasıyla  $2n = 14$  ve  $2n = 22$  olarak bulunmuştur. *Oribotritia hermanni* için toplam haploid kromozom uzunluğu ve ortalama kromozom uzunluğu sırasıyla  $4,88 \mu\text{m}$  ve  $0,70 \mu\text{m}$  olarak hesaplanmıştır. *Hermanniella gibber* için ise toplam haploid kromozom uzunluğu ve ortalama kromozom uzunluğu sırasıyla  $6,98 \mu\text{m}$  ve  $0,63 \mu\text{m}$  olarak hesaplanmıştır. Kromozom uzunlukları, *Oribotritia hermanni*'de  $0,38 \mu\text{m}$  ile  $1,08 \mu\text{m}$  arasında değişirken, *Hermanniella gibber*'de ise  $0,39 \mu\text{m}$  ile  $0,90 \mu\text{m}$  arasında değişmektedir. Sonuç olarak bu çalışma ile *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* türlerinin kromozom sayıları ve karyotip analizleri ilk kez rapor edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akar, Holosentrik kromozom, Oribatida, *Oribotritia hermanni*, *Hermanniella gibber*.

# THE DETERMINATION OF CHROMOSOME NUMBERS OF SOME ORIBATIDE MITE SPECIES

Nisa GÜMÜŞ

Yozgat Bozok University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology  
Master of Science Thesis

2020; Page: 43

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Halil Erhan EROĞLU

## ABSTRACT

Although about 11.000 oribatid mites are currently identified, chromosomal data on oribatid mites are very few. In addition, oribatid mites are an important model for holocentric chromosomes in cytogenetic studies. Although different chromosome numbers are known in some oribatid mites, such as  $2n = 16$  and  $30$ , the diploid number is generally  $2n = 18$ . In this study, chromosome numbers, monoploid ideograms and chromosomal data of *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967 and *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979 were investigated. The diploid chromosome numbers of *Oribotritia hermanni* and *Hermanniella gibber* were  $2n = 14$  and  $2n = 22$ , respectively. Total haploid chromosome length and mean chromosome length for *Oribotritia hermanni* were  $4,88 \mu\text{m}$  and  $0,70 \mu\text{m}$ , respectively. The total haploid chromosome length and mean chromosome length for *Hermanniella gibber* were  $6,98 \mu\text{m}$  and  $0,63 \mu\text{m}$ , respectively. Chromosome lengths vary between  $0,38 \mu\text{m}$  and  $1,08 \mu\text{m}$  in *Oribotritia hermanni*, and between  $0,39 \mu\text{m}$  and  $0,90 \mu\text{m}$  in *Hermanniella gibber*. In conclusion, chromosome numbers and karyotype analyses of *Oribotritia hermanni* and *Hermanniella gibber* were reported for the first time.

**Keywords:** Acari, Holocentric chromosome, Oribatida, *Oribotritia hermanni*, *Hermanniella gibber*.



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarında yaptığı katkılar ve gösterdiği desteklerden dolayı sayın hocam Doç. Dr. Halil Erhan EROĞLU'na minnettarım. Sayın hocama, bilgi ve birikimlerimi artırmaya yönelik özverisi sayesinde bilimsel açıdan kendimi geliştirmeme vesile olduğu için de ayrıca tekrar teşekkür ediyorum. Akar çalışmalarıyla bizzat destek ve katkı veren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sedat PER'e çok teşekkür ediyorum. Arazi çalışmalarında yardımlarından dolayı Biyolog Kübra ÇUBUKÇU'ya ve Biyolog Celalettin ŞAHBAZ'a da teşekkür ederim. Tez çalışmalarım sırasında aynı laboratuvarında birlikte çalıştığımız, tezime katkı sunan Yüksek Lisans ve Bitirme tezi öğrencilerimize de ayrıca teşekkür ediyorum. Tez döneminde yoğun mesaisine rağmen, motivasyon anlamında bana büyük destek veren eşim Mehmet GÜMÜŞ ve zaman zaman çalışmalarım esnasında bana eşlik eden çocuklarım Fatma Nermin ve Ahmet Emin'e de gösterdikleri sabır ve hoşgöründen dolayı şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca bizleri bu yaşımıza getiren, üzerimizde emekleri olan, şahsıma emek veren başta annem ve babam olmak üzere tüm büyüklerime saygılar sunuyor, teşekkür ediyorum. Bu tez çalışmasını 6601-FBE/18-222 kodlu proje ile destekleyen Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezine teşekkür ediyorum.

## TABLULAR LİSTESİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Sentromer pozisyonu ve kol oranlarına göre kromozom tipleri.....              | 10 |
| <b>Tablo 3.1.</b> Deneyler sırasında kullanılan aletler ve cihazlar (etüv ve mikroskop) .....   | 22 |
| <b>Tablo 3.2.</b> Deneyler sırasında kullanılan aletler ve cihazlar (Santrifüj ve terazi) ..... | 23 |
| <b>Tablo 4.1.</b> <i>Oribotritia hermanni</i> türünün kromozom uzunlukları.....                 | 28 |
| <b>Tablo 4.2.</b> <i>Hermanniella gibber</i> türünün kromozom uzunlukları .....                 | 31 |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Şekil 2.1. <i>Oribotritia hermanni</i> Grandjean, 1967: Vücudun sırttan görünüşünün SEM fotoğrafı.....  | 3  |
| Şekil 2.2. <i>Oribotritia hermanni</i> Grandjean, 1967: Prodorsum bölgesinin SEM fotoğrafı .....        | 4  |
| Şekil 2.3. <i>Oribotritia hermanni</i> Grandjean, 1967: Sensillusun SEM fotoğrafı .....                 | 4  |
| Şekil 2.4. <i>Oribotritia hermanni</i> Grandjean, 1967: Vücudun karından görünüşünün SEM fotoğrafı..... | 5  |
| Şekil 2.5. <i>Hermanniella gibber</i> Kulijev, 1979: Vücudun sırttan görünüşünün SEM fotoğrafı .....    | 6  |
| Şekil 2.6. <i>Hermanniella gibber</i> Kulijev, 1979: Prodorsum bölgesinin SEM fotoğrafı. ....           | 7  |
| Şekil 2.7. <i>Hermanniella gibber</i> Kulijev, 1979: Notogaster deseninin SEM fotoğrafı.....            | 7  |
| Şekil 2.8. <i>Hermanniella gibber</i> Kulijev, 1979: Vücudun karından görünüşünün SEM fotoğrafı.....    | 8  |
| Şekil 2.9. Sentromerik pozisyondaki varyasyonlar.....   | 10 |
| Şekil 2.10. Sentromer pozisyonuna göre kromozom tipleri. ....   | 11 |
| Şekil 2.11. Holosentriklik tanısının konulması.....   | 15 |
| Şekil 2.12. Monosentrik ve holosentrik kromozomlar ile mitoz ve mayoz .....                             | 19 |
| Şekil 3.1. Preparatların hazırlanması.....  | 27 |
| Şekil 3.2. Preparatların boyanması.....   | 27 |
| Şekil 4.1. <i>Oribotritia hermanni</i> türünün mitotik metafaz kromozomları-1 .....                     | 28 |
| Şekil 4.2. <i>Oribotritia hermanni</i> türünün mitotik metafaz kromozomları- 2 .....                    | 29 |
| Şekil 4.3. <i>Oribotritia hermanni</i> türünün mitotik metafaz kromozomları- 3 .....                    | 29 |
| Şekil 4.4. <i>Oribotritia hermanni</i> türünün mitotik metafaz kromozomları- 4 .....                    | 30 |
| Şekil 4.5. <i>Oribotritia hermanni</i> türünün monoploid idiyogramı. ....                               | 30 |
| Şekil 4.6. <i>Hermanniella gibber</i> türünün mitotik metafaz kromozomları- 1 .....                     | 31 |
| Şekil 4.7. <i>Hermanniella gibber</i> türünün mitotik metafaz kromozomları- 2 .....                     | 32 |
| Şekil 4.8. <i>Hermanniella gibber</i> türünün mitotik metafaz kromozomları-3 .....                      | 32 |
| Şekil 4.9. <i>Hermanniella gibber</i> türünün mitotik metafaz kromozomları-4 .....                      | 33 |
| Şekil 4.10. <i>Hermanniella gibber</i> türünün monoploid idiyogramı. ....                               | 33 |

## KISALTMALAR LİSTESİ

- A** : Karyotip Asimetrisinin Derecesi
- A1** : Kromozom içi Asimetri İndeksi
- A2** : Kromozomlar arası Asimetri İndeksi
- AI** : Asimetri İndeksi
- As K%** : Karyotip Asimetri İndeksi (Karyotype Asymmetry Index)
- CG** : Sentromerik Eğim (Centromeric Gradient)
- CI** : Sentromerik İndeks
- CL** : Kromozomun Toplam Uzunluğu
- CN** : Kromozom sayısı
- CV** : Kromozom Uzunluğu Varyasyon Katsayısı
- CV<sub>CI</sub>** : Sentromerik İndekste GÖreceli Varyasyon
- CV<sub>CL</sub>** : Kromozom Uzunluğundaki GÖreceli Varyasyon
- DI** : Dispersiyon İndeksi (Dispersion Index)
- HCl** : Hidroklorik Asit
- KCl** : Potasyum klorür
- KF** : Karyotip formülü
- KK** : Kılıçkaya tepesinden toplanan örnekler
- L** : Kromozomun uzun kol uzunluğu
- LC** : En Büyük Kromozom Uzunluğu
- LCN** : Laçın ilçesinden toplanan örnekler
- M** : Median
- MCA** : Ortalama Sentromerik Asimetri
- M<sub>CA</sub>** : Ortalama sentrometrik asimetri

|             |   |
|-------------|---|
| <b>MHL</b>  | : Ortalama Haploid Kromozom Uzunluğu      |
| <b>n</b>    | : Haploid Kromozom Sayısı                 |
| <b>p</b>    | : Bir Kromozomun Uzun Kol Uzunluğu        |
| <b>q</b>    | : Bir Kromozomun Kısa Kol Uzunluğu        |
| <b>r</b>    | : Kol oranı                               |
| <b>Rec</b>  | : Kromozom Boyutu Benzerlik İndeksi       |
| <b>S</b>    | : Kromozomun Kısa Kol Uzunluğu            |
| <b>SC</b>   | : En Küçük Kromozom Uzunluğu              |
| <b>SCI</b>  | : Sentromerik İndeksin Standart Sapması   |
| <b>SCL</b>  | : Standart Sapma                          |
| <b>sm</b>   | : Submedian                               |
| <b>st</b>   | : Subterminal                             |
| <b>syi</b>  | : Karyotip simetri indeksi                |
| <b>T</b>    | : Terminal                                |
| <b>TF %</b> | : Toplam Yüzde Formu (Total Form Percent) |
| <b>THL</b>  | : Toplam Haploid Kromozom Uzunluğu        |
| <b>XCI</b>  | : Ortalama Sentromerik İndeks             |
| <b>XCL</b>  | : Ortalama Kromozom Uzunluğu              |

## 1. GİRİŞ

Akarlar (Acari), eklembacaklılar (Arthropoda) şubesinin, anten ve mandibul taşımayan zehir çengelliler (Chelicerata) alt şubesi içerisinde yer alan örümceğimsiler (Arachnida) sınıfının on bir alt sınıfından biridir. Bu alt sınıf içerisinde yer alan Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata ve Astigmata takımlarına ait üyelerin çoğunluğu toprakta yaşar. Toprak sisteminde en çok yayılış gösterenler arasında oribatid akarlar gelmektedir [1].

Oribatid akarların şimdiye kadar tanımlanmış 175 familyaya ait 1300 cins içerisinde yaklaşık 11000 türü bulunmaktadır [2]. Fakat çok az sayıda türün kromozom sayısı bildirilmiştir. Ayrıca oribatid akarlar sitogenetik çalışmalarda holosentrik kromozomlar için değerli bir modeldir. Genellikle oribatid akarlarda diploid kromozom sayısı  $2n = 16$  veya 30 gibi bazı istisnalar dışında  $2n = 18$  şeklindedir [3].

*Oribotritia hermanni* Grandjean, 1976 ve *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979 üzerine çok sayıda morfolojik ve sistematik çalışmalar bulunmasına rağmen karyotip ve kromozom sayısı hakkında bilgi yoktur. Kromozomlarla yapılan çalışmalar sayesinde türe özgü kromozom sayısı ve tipi belirlenmektedir. Elde edilen bu bilgiler, türlerin teşhisinde, türlerin alt türlerinin tespit edilmesinde ve türler arası evrimsel ilişkilerin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır [4].

Bu çalışmada Oribatida takımına ait *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* türlerine ait sitogenetik özellikler çatısı altında kromozom sayılarının belirlenmesi amaçlanmış olup, ayrıca söz konusu türlere ait kromozom sayıları ilk kez belirlenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Oribatid Akarların Genel Özellikleri

Toprakta yaşayan eklembacaklılar arasında sayıca en baskın gruplardan birini temsil etmekte olan oribatid akarlar, toprak içerisinde organik maddelerin ayrışmasında ve mikroorganizmaların dağılımında önemli rol oynamaktadır. Oribatid akarlar, dünyadaki hemen hemen her tür habitatta; karada, suda ve en önemlisi organik maddeler içeren toprak katmanlarında bulunabilirler. Ayrıca başka birçok mikrohabitatta da (liken, yosun vb.) bulunabilirler [5-6]. Bir metrekare toprakta yüzlerce, hatta binlerce oribatid akar yaşamaktadır ve mantar, alg ve ölü bitki artıklarıyla beslenirler [7]. Oribatid akarların büyüklükleri genelde 0,3-0,7 mm arasında değişmekte olup, bazı taksonlarda 0,15 mm iken bazılarında 2 mm'ye kadar çıkabilmektedir [8]. Boreal orman topraklarından alınan 1m<sup>2</sup> toprakta oribatid akarlar 200.000 birey yoğunluğuna ulaşabilmektedir [9]. Oribatid akarların günümüze kadar 163 familyaya ait 1278 cins ve altcins içerisinde tanımlanmış tür ve türaltı takson sayısı 11036 olarak belirlenmiştir [2]. Türkiye'de ise günümüze kadar yapılan çalışmalar sonucunda oribatid akarlardan yaklaşık 300 civarında tür kaydedilmiştir [10-14].

#### 2.1.1. *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Chelicerata

Classis: Arachnida

Subclasis: Acari

Süperordo: Actinotrichida

Ordo: Oribatida

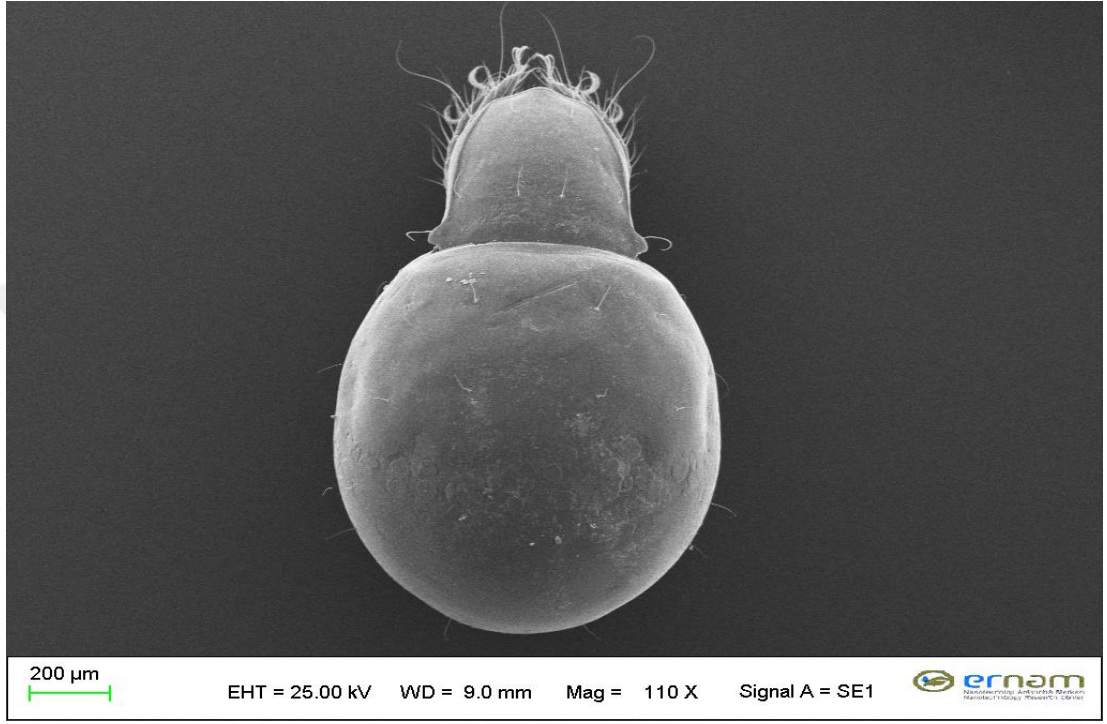
Familia: Oribotritiade

Genus: *Oribotritia* Jacot, 1924

Species: *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967

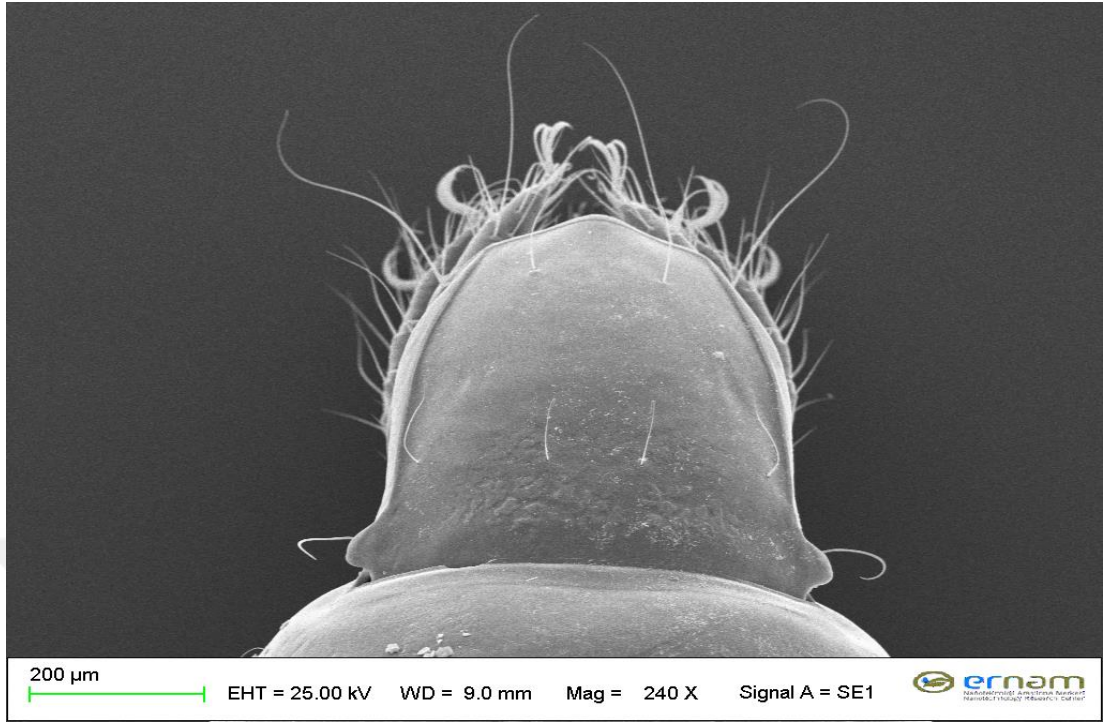
Deri, sarımsı kahverengi renklidir. Prodorsum'da bir çift lateral karina bulunmaktadır. Kısa olan sensillus kıl şeklindedir. Notogaster 14 çift kısa kıl taşır. *c* kılları anterior

sınırdan uzak konumda olup  $c_3$  kılı diğer notogaster kıllarına göre oldukça kısa uzunluktadır. Epimeral kıl formülü 3-0-2-2 şeklindedir. Genital bölgede, genital plakta yedi çift, anal plakta bir çift kıl taşımaktadır. İki çift aggenital, üç çift adanal kıl bulundurmaktadır. Bütün bacaklar üç tırnaklıdır (Şekil 2.1-4).

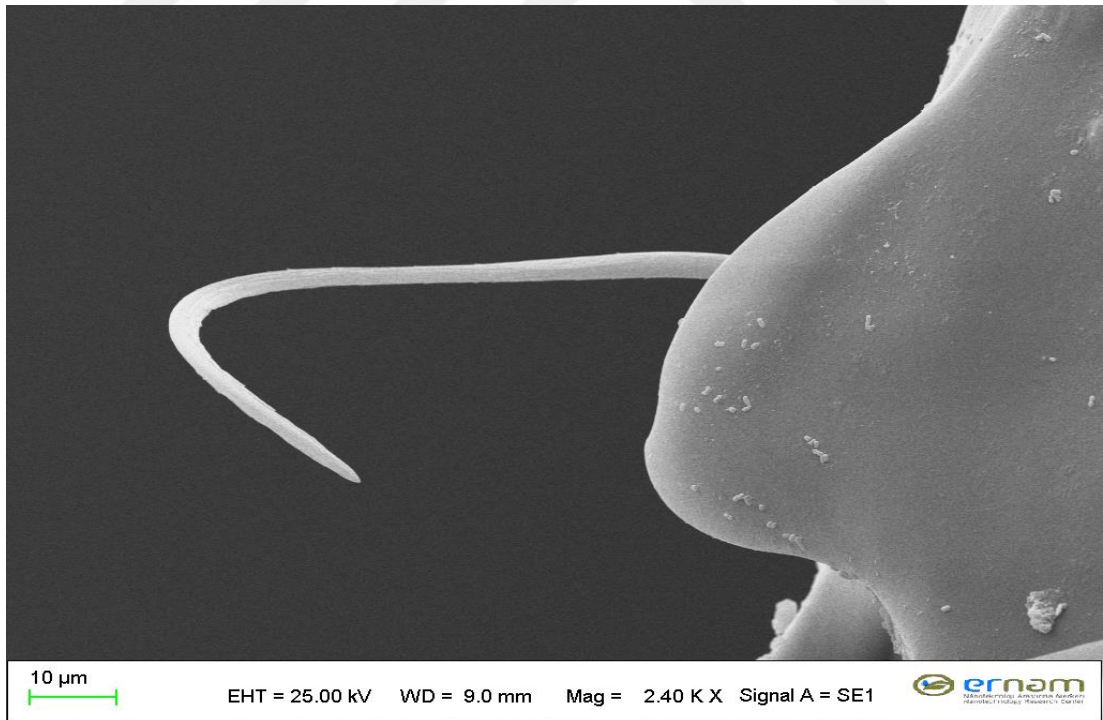


**Şekil 2.1.** *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967: Vücudun sırttan görünüşünün SEM fotoğrafı

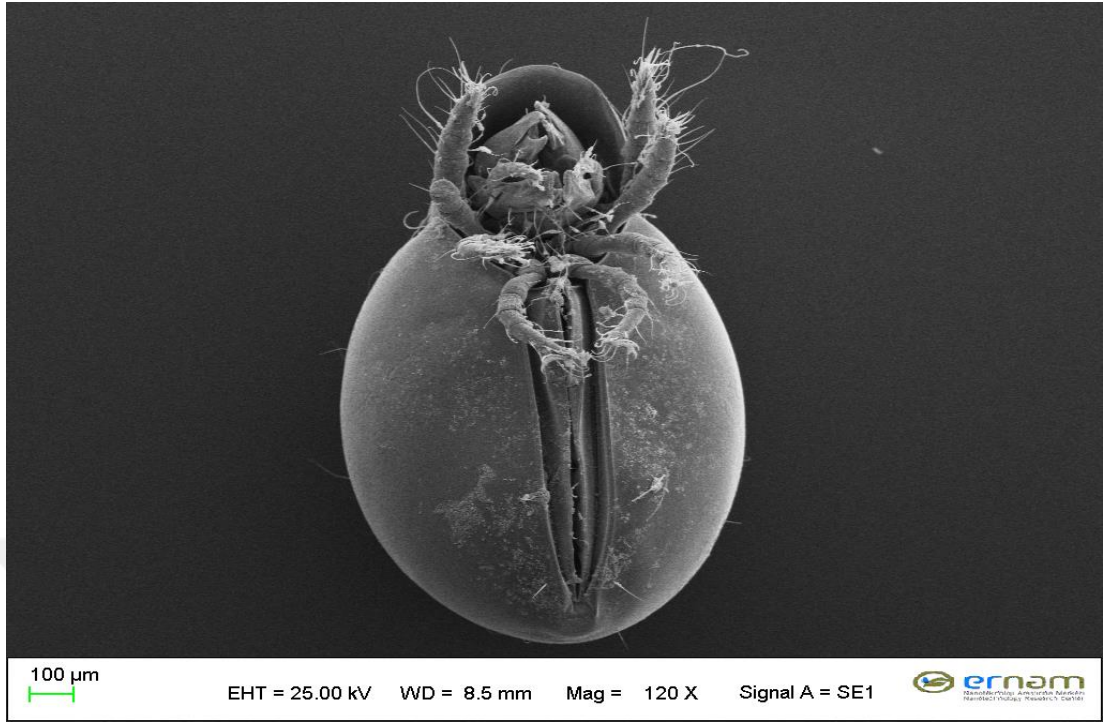




Şekil 2.2. *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967: Prodorsum bölgesinin SEM fotoğrafı



Şekil 2.3. *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967: Sensillusun SEM fotoğrafı.



**Şekil 2.4.** *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967: Vücudun karından görünüşünün SEM fotoğrafı.

#### **2.1.2. *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979**

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Chelicerata

Classis: Arachnida

Subclasis: Acari

Süperordo: Actinotrichida

Ordo: Oribatida

Familia: Hermanniellidae

Genus: *Hermanniella* Berlese, 1908

Species: *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979

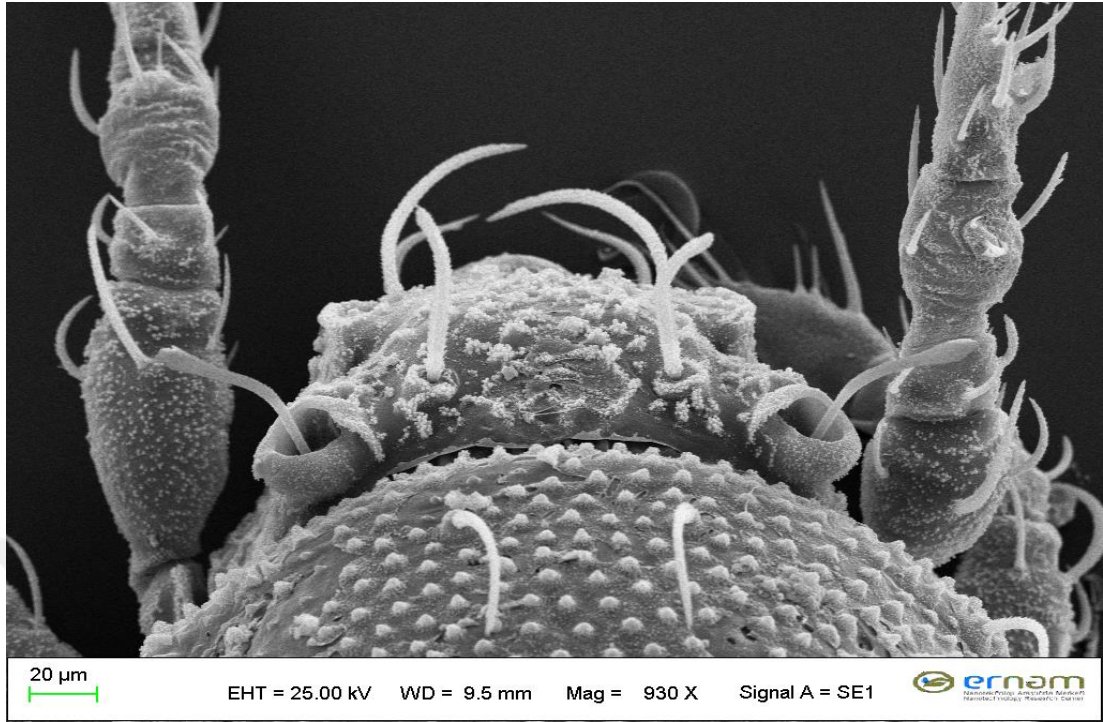
Botridiyum, prodorsumun kenarlarına yerleşmiş ve ağız kısımları dışa doğru yönelmiştir. Sensillus, ortada hafif dirsek şeklinde bükülmüş, uç kısmı çomak şeklinde ve kaideden uca kadar küçük dikenlidir. Notogaster, 14 çift kıl taşımaktadır. Vücut yüzeyi kalın keratinli deri ile örtülüdür. Bu örtü diken şeklindeki yapılarla süslenmiştir. Keratinli derinin altındaki vücut örtüsü ise düzensiz beşgen ağısı şeklindedir. Savunma reaksiyonları (kimyasal koruma) ve iletişimde kullanılan

opisthonotal bezler (yağ bezleri) iyi gelişmiştir. Epimeral kıl formülü 3-1-3-3 şeklindedir. Genital plakta yedi 7 çift, anal plakta iki çift kıl taşımaktadır. Üç çift adanal kıl bulundurmaktadır (Şekil 2.5-8).

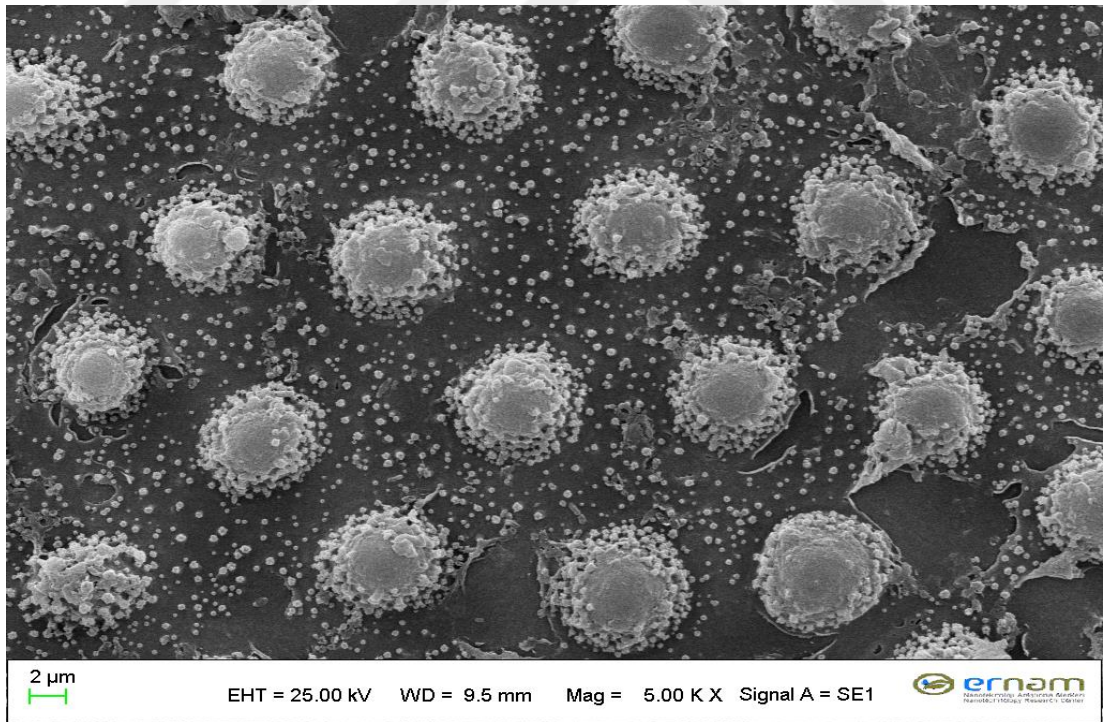


**Şekil 2.5.** *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979: Vücudun sırttan görünüşünün SEM fotoğrafı.





Şekil 2.6. *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979: Prodorsum bölgesinin SEM fotoğrafı.



Şekil 2.7. *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979: Notogaster deseninin SEM fotoğrafı.



**Şekil 2.8.** *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979: Vücudun karından görünüşünün SEM fotoğrafı.

## 2.2. Kromozomal veriler

### 2.2.1. Temel Kromozom Sayısı ( $x$ )

Bir organizmada temel kromozom sayısı “ $x$ ” ile gösterilir. Temel kromozom sayısını ifade eden “ $x$ ” sembolü ilk olarak Langlet (1927) tarafından sitolojide kullanılmıştır [15]. Gamet hücrelerinde kromozom sayısı  $n = x$ 'tir. Bu kromozom sayısı seviyesine haploid veya monoploid adı verilmektedir. Somatik hücrelerin kromozom sayısı büyük bir çoğunlukla  $2n = 2x$  yani diploiddir. Darlington'a (1937) göre; temel kromozom sayısı  $2x$ ,  $3x$ ,  $4x$ ,  $5x$  gibi poliploid serileri için kullanılır ve bu nedenle monoploid kromozom setini ifade eder [16]. Bu kavramın sunulması gerekli görülmüştür. Çünkü  $x = n$  kavramı yalnızca diploid türlerde geçerlidir. Poliploid türlerde  $x < n$ 'dir. Örneğin,  $2n = 12, 24, 36, 48$  olan bir organizmada, poliploid yapısından bağımsız olarak gametik sayı ( $n$ ) sırasıyla 6, 12, 18 ve 24 şeklindedir. Temel sayı ( $x$ ) ise poliploidlerin tamamında altı kromozomdan oluşmuştur ve  $2x$ ,  $4x$ ,  $6x$  ve  $8x$  şeklinde gösterilir.

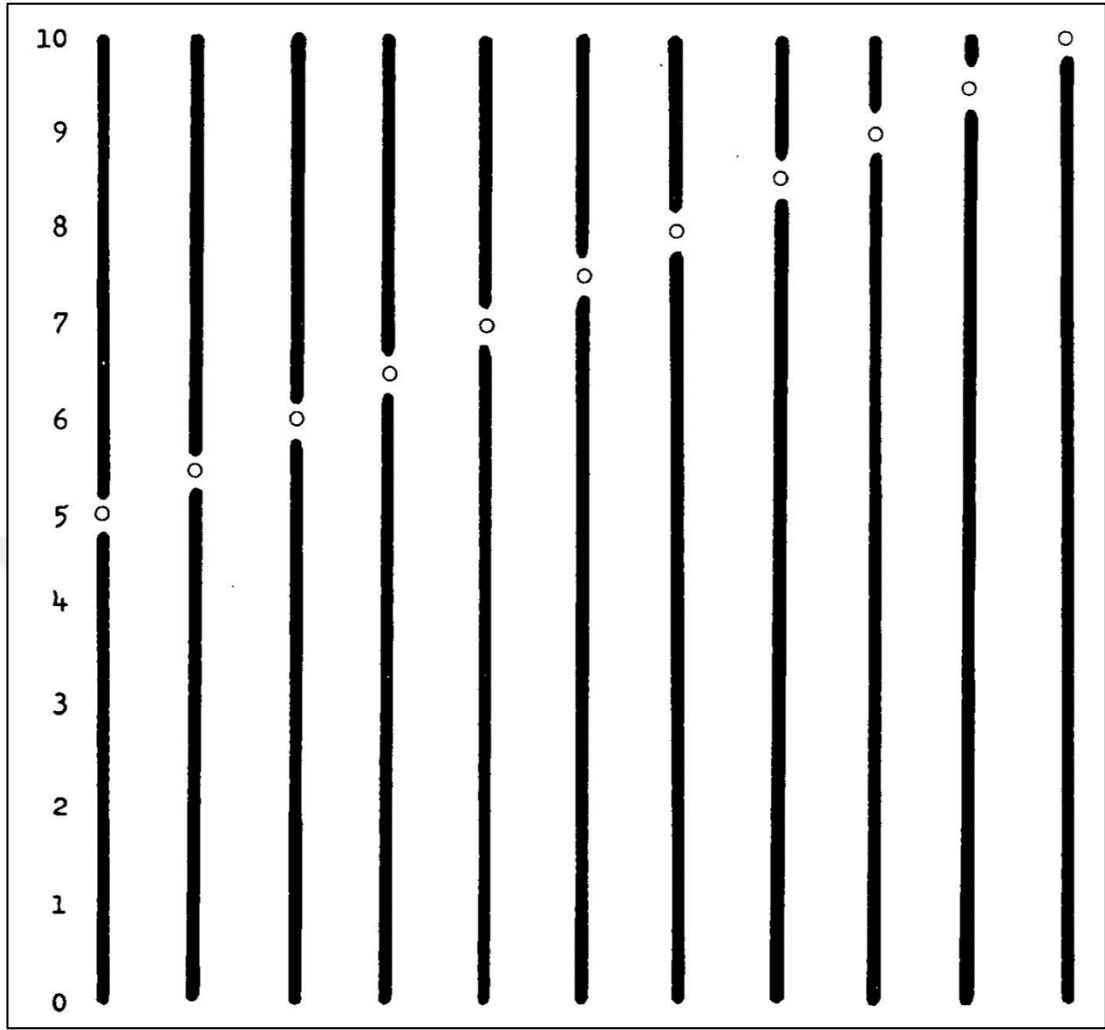
### 2.2.2. Diploid Kromozom Sayısı ( $2n$ )

Bir diploid hücre, iki tam kromozom seti içeren bir hücredir. Bu haploid kromozom sayısının iki katıdır. Bir diploid hücrede bulunan her bir kromozom çiftinin bir homolog kromozom seti olduğu kabul edilir. Homolog bir kromozom çifti, bir anneden diğeri babadan bağışlanan bir kromozomdan oluşur. Kromozom sayısı ( $2n$ ) iki değişkenin ürünüdür: temel kromozom sayısı ( $x$ ) ve ploidi seviyesi. Dolayısıyla bir diploitte:  $2n = 2x$  iken bir triploid ve tetraploid için bu durum  $2n = 3x$  ve  $2n = 4x$  şeklindedir [17].

### 2.2.3. Karyotip Formülü ve Monosentrik Kromozomlar

Kromozomların morfolojik tanımlanmasında, sentromer konumu en önemli parametredir. Her bir kromozom tek bir sentromerin (monosentrik) konumuna göre kromozom kolları olarak ifade edilen iki parçaya ayrılır. Kromozom kollarından kısa kol "p" ve uzun kol ise "q" ile sembolize edilir. Sentromerik konumdaki varyasyonlar kromozom kollarının farklı uzunluklarına neden olmaktadır (Şekil 2.9.).

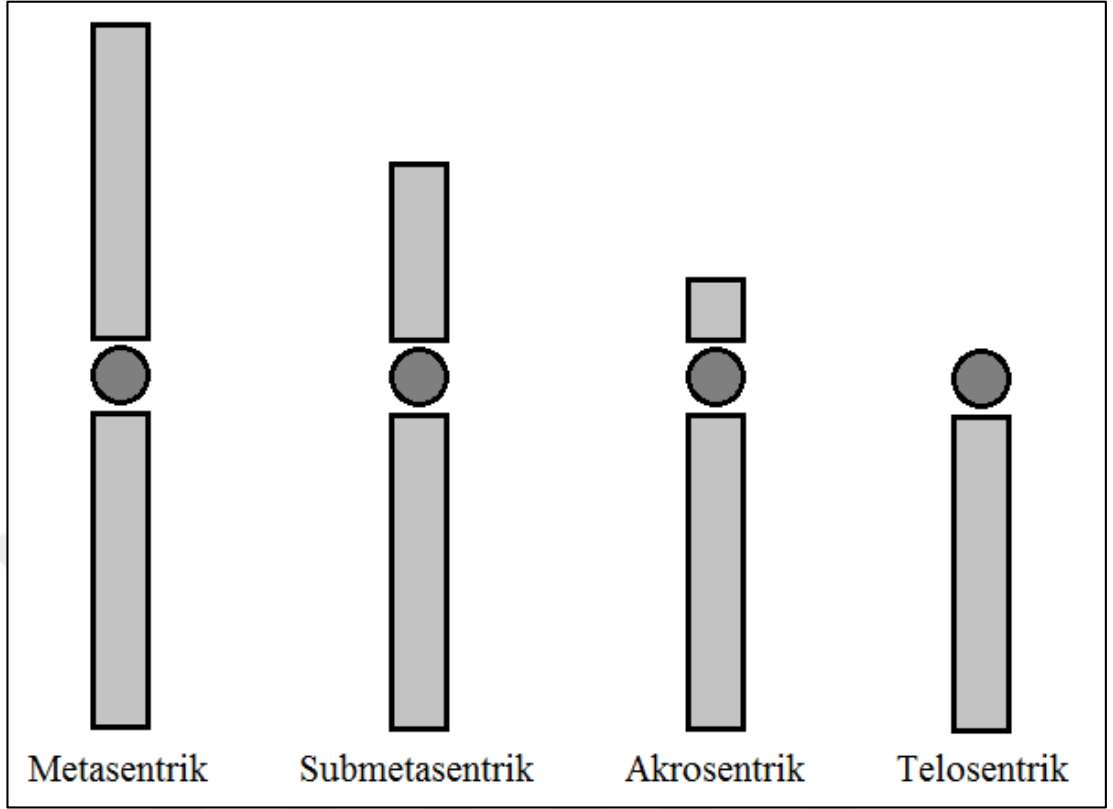
Karyotip formülü sentromer pozisyonuna ve kromozom kol oranlarına göre belirlenmektedir ve ilk olarak Levan ve ark. (1964) tarafından önerilmiştir [18]. Kol oranı "r" sembolü ile ifade edilir ve  $r = q / p$  formülü ile hesaplanır. Sentromerin pozisyonu ve kromozomların kol oranlarına göre kromozomların adlandırılma modeli Tablo 2.1.'de verilmiştir ve dört farklı kromozom tipi bulunmaktadır (Şekil 2.10.).



**Şekil 2.9.** Sentromerik pozisyondaki varyasyonlar [18].

**Tablo 2.1.** Sentromer pozisyonu ve kol oranlarına göre kromozom tipleri.

| Sentromer Pozisyonu | Kol Oranı             | Kromozom Tipi                 | Sembol |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------|--------|
| Median nokta        | $r = 1,0$             | Median veya Metasentrik       | M      |
| Median bölge        | $1,0 \leq r < 1,7$    | Median veya Metasentrik       | m      |
| Submedian bölge     | $1,7 \leq r < 3,0$    | Submedian veya Submetasentrik | sm     |
| Subterminal bölge   | $3,0 \leq r < 7,0$    | Subterminal veya Akrosentrik  | st / a |
| Terminal bölge      | $7,0 \leq r < \infty$ | Terminal veya Telosentrik     | t      |
| Terminal nokta      | $r = \infty$          | Terminal veya Telosentrik     | T      |



Şekil 2.10. Sentromer pozisyonuna göre kromozom tipleri.

#### 2.2.4. Karyotip Asimetrisi

Karyotipler kromozom sentromerlerindeki kayma ve kol uzunluklarındaki değişimlerin vasıtasıyla simetrik ve asimetrik olmak üzere iki farklı tipe ayrılmaktadır. Median/metasentrik ve submedian/submetasentrik kromozomların çok fazla olması ile oluşan bir karyotip simetrik karyotip olarak adlandırılır. Subterminal/akrosentrik ve terminal/telosentrik kromozomların fazla olması ile meydana gelen bir karyotip ise asimetrik karyotip olarak adlandırılır [19]. Genellikle bitkisel organizmalar ağırlıklı olmak üzere tüm organizma karyotipleri için günümüze kadar birçok farklı karyotip asimetri formülü önerilmiştir.

(1) Stebbins Sınıflandırması: Diğer parametrelerin tamamı kantitatif iken bu parametre kalitatif tek parametredir. Stebbins (1971) tarafından önerilen bu parametrede: en büyük kromozom / en küçük kromozom oranları A-B-C şeklinde; metasentrik kromozom sayısı / toplam kromozom sayısı oranları ise 1-2-3-4 şeklinde ifade edilir [20].



(2) Toplam Yüzde Formu (TF indeksi): Huziwara (1962) tarafından *Aster* cinsi karyotipleri ile tanımlanmıştır [21].

$$TF (\%) = (\sum p / THL) \times 100$$

(3) Karyotip Asimetri İndeksi (As K İndeksi): Arano (1963) tarafından cinsler arası filogenetik ilişkilerin ortaya konması amacıyla önerilmiştir [22].

$$As K (\%) = (\sum q / THL) \times 100$$

(4) Karyotip Simetri İndeksi (S<sub>yi</sub>) ve Kromozom Boyutu Benzerlik İndeksi (Rec): Greilhuber ve Speta (1976) tarafından geliştirilen bu parametreler Venora ve arkadaşları (2002) tarafından isimlendirilmiştir [23-24].

$$S_{yi} = [\bar{x} (p) / \bar{x} (q)] \times 100$$

$$Rec = [(\sum CL_i / LC) / n] \times 100$$

(5) Kromozom içi Asimetri (A1) ve Kromozomlararası Asimetri (A2) İndeksleri: Miktar ve grafik kullanan bu parametreler Romero Zarco (1986) tarafından önerilmiştir [25].

$$A1 = 1 - [\bar{x} (p / q)]$$

$$A2 = S_{CL} / \bar{x}_{CL}$$

(6) Dispersiyon İndeksi (DI): Lavania ve Srivastana (1992) tarafından sentromerik gradient ve kromozom uzunluğunun varyasyon katsayısı gibi iki parametre ile önerilmiştir [26].

$$CG = (Kısa kolun orta değeri / Kromozomun orta değeri) \times 100$$

$$CV = (S_{CL} / \bar{x}_{CL}) \times 100$$

$$DI = (CG \times CV) / 100$$

(7) Karyotip Asimetrisinin Derecesi (A): Watanabe ve arkadaşları (1999) tarafından önerilmiştir [27].

$$A = \bar{x} [(q - p) / (q + p)]$$

(8) Asimetri İndeksi (AI): Paszko (2006) tarafından önerilen bu parametre kromozom uzunluğundaki göreceli bir varyasyonu ile sentromerik indeksteki göreceli bir varyasyondan oluşur [28].

$$CV_{CL} = A^2 \times 100$$

$$CV_{CI} = (S_{CL} / \bar{x}_{CL}) \times 100$$

$$AI = (CV_{CL} \times CV_{CI}) / 100$$

(9) Ortalama Sentromerik Asimetri (M<sub>CA</sub>): Peruzzi ve Eroğlu (2013) tarafından yapay karyotipleri ile sunularak önerilmiştir [19].

$$M_{CA} = \bar{x} [(q - p) / (q + p)] \times 100$$

(10) Simetri/Asimetri İndeksi (S/A<sub>I</sub>): Eroğlu (2015) tarafından insan karyotipi ve Cetaceae türlerinin karyotipleri ile tanımlanmıştır [29].

$$S/A_I = [(1 \times M) + (2 \times SM) + (3 \times A) + (4 \times T)] / 2n$$

### 2.2.5. Holosentrik Kromozomlar

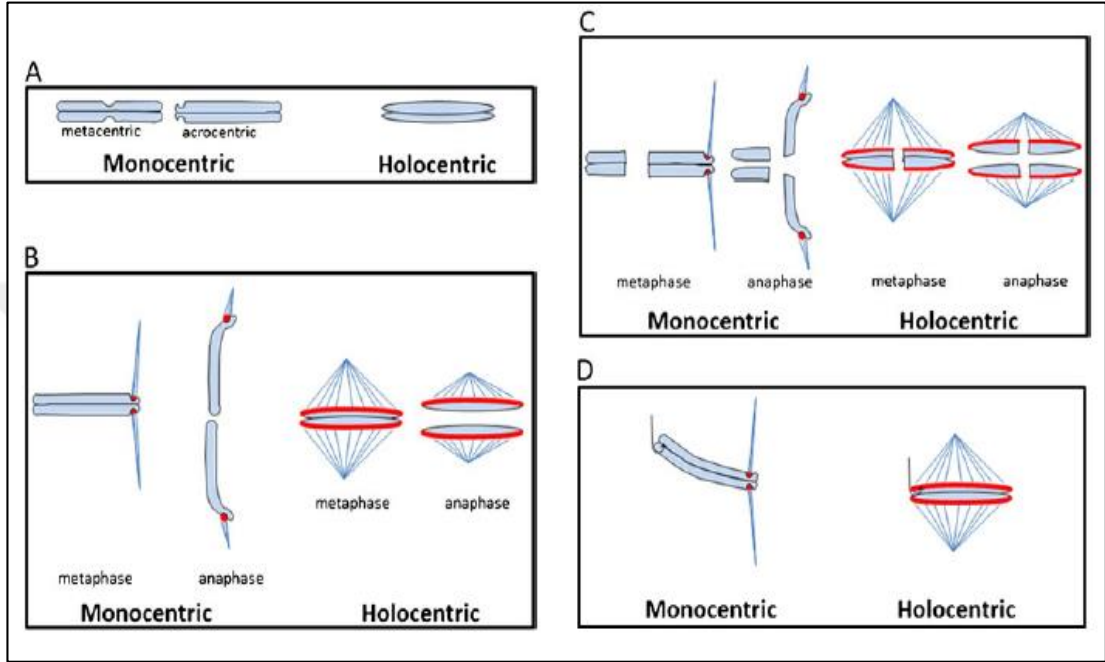
Çoğu ökaryotlarda, kinetokor protein kompleksi iç mikrotübüllerine kromozomları bağlamak için sentromer olarak adlandırılan tek bir lokusta toplanır. Monosentrik kromozom olarak adlandırılan bu tip kromozomlarda, sentromer primer darlık olarak ifade edilir. Holosentrik kromozomlarda ise kinetokor proteinleri, kromozomların tüm uzunluğu boyunca bağlanabilir ve mikrotübüller kutuplara bakan kromozom yüzeyinin çoğuna tutunabilir [30]. İlk olarak Schrader (1935) tarafından ifade edilen holosentrik kromozomlar; yaygın-kinokor kromozomları, holokinetik kromozomlar ve polikinetik kromozomlar olarak da adlandırılmıştır [31]. Holosentrik kromozomlar ökaryot organizmalar içerisinde azınlıkta bulunmasına rağmen, prevalansları hafife alınamaz. Birçok türün sitogenetik olarak çalışılması zordur. Ayrıca filogenetik konumları gereği holosentrik kromozomlara sahip olmaları gereken, fakat sitogenetik karakterleri ortaya konmamış çok sayıda böcek ve nematod türü vardır. Nematod *Caenorhabditis elegans* bugüne kadar en iyi çalışılmış holosentrik organizmadır. [32].

### 2.2.5.1. Holosentrik Kromozomların Tanımlanması

Holosentriklik nasıl tespit edilebilir ve onaylanabilir sorularının cevabı olarak birkaç kriterin karşılanması gerektiği söylenebilir. Büyük kromozomlu türlerde, sitogenetik yöntemler değerlidir ve bireysel mitotik veya mayotik kromozomların gözlenebildiği herhangi bir organizmaya bu yöntemler uygulanabilir. İlk olarak, mitotik metafaz dağılımındaki tüm kromozomlarda primer darlık olmaması gerekmektedir (Şekil 2.11/A). İkincisi, mitotik anafaz sırasında kardeş kromatitlerin, çekme kuvvetlerinin tek bir kromozomal noktaya uygulandığı monosentrik türlerin aksine iğ kutuplarına paralel olarak göç etmesi gerekmektedir (Şekil 2.11/B). Bu iki kriter, holosentrik türleri tanımlamak için kullanılan en yaygın yöntemler olarak literatüre geçmiştir [32].

Bazı türler holosentrikliği daha kesin teşhis edebilen ayrıntılı sitogenetik etkileşimlere uygundur. Holosentrik bir kromozom parçalanmışsa, her bir ayrı parça sentromer aktivitesini korur ve kutuplara ayrılabilir (Şekil 2.11/C). Kromozomlar, X-ışını ışımasıyla veya daha kesin olarak lazer diseksiyonu ile kırılabilir [33-34]. Kromozomal parçalar kırılmadan sonra devam etmeli ve kromozom parçalarının ayrılmamasından kaynaklanan mikronükleuslar gözlenmemelidir. Kromozom kırılma teknikleri ile ilgili önemli bir problem, DNA hasarına cevap yollarının, bu tür hücrelerin daha fazla çalışmasına izin vermeyerek, hücresel kontrol noktalarını veya apoptoziyi indükleyebilmesidir. Prensip olarak, mitotik metafaz kromozomlarının uçları monosentrik kromozomlarda serbestçe hareket etmeli, holosentrik kromozomlarda ise bu tür fiziksel uyarılara karşı dayanıklı olmaları gerekir [35] (Şekil 2.11/D). Monosentrik bir kromozomda primer darlık bulunmaktadır. Metasentrik kromozomlarda primer darlık, her iki kromozomal uçtan yaklaşık olarak eşit; akrosentrik kromozomlarda primer darlık, uçlardan birine yakındır. Buna karşılık, holosentrik kromozomlarda primer darlık bulunmamaktadır (Şekil 2.11/A). Anafaz esnasında, monosentrik kromozom, iğ iplikleri tarafından kinetokorun monte edildiği tek bir noktadan çekilmektedir. Holosentrik kromozomlarda, kinokorlar kromozomun uzunluğu boyunca toplanmaktadır ve anafaz sırasında iki kardeş kromatid paralel ilişkilerini sürdürmektedir (Şekil 2.11/B). Kromozom parçası boyunca, bir monosentrik kromozomun sadece iki parçası kinetokor fonksiyonunu muhafaza ederek ve kutuplara ayrılmaktadır. Holosentrik kromozomlarda, tüm parçalar kutuplara göç etmektedir (Şekil 2.11/C). Monosentrik kromozomun

mikromanipülasyonu, kromozom ucunun hareketi ile sonuçlanan metafaz esnasında bitmektedir. Buna karşılık, iç ipliklerinin kromozom uzunluğu boyunca çekme kuvvetleri gösterdiği holosentrik kromozomda, tüm kromozom etkilenmektedir (Şekil 2.11/D) [32].



**Şekil 2.11.** Holosentriklik tanısının konulması.

Holosentrik kromozomları tanımlamak için daha kesin bir yöntem, kinetokor proteinlerini immünofloresan mikroskopu ile görüntülemektir. Holosentrik kromozomlar, bir metafaz kromozomunun tamamı boyunca olmasa da en çok bağlanan kinetokor proteinlerine sahipken, monosentrik kromozomlar ayrı bir lokalizasyon odağına sahip olacaktır. Sentromere özgü histon proteini cenH3 (insanda CENP-A) veya NDC80 mikrotübül bağlama kompleksi gibi kinetokor proteinleri, çoğu ökaryot genomunun sekans analizlerinde çok hızlı evrimleşmelerine rağmen bulunabilmektedir [36]. Sekanslama yaygınlaştıkça, muhtemel holosentrik organizmalardan kinetokor proteinleri tanımlanacaktır. Belirli bir organizma için bir referans genom mevcut olduğunda, kromatin immüno çökeltmeyi takiben dizileme ile kinetokor proteinlerinin tek bir sentromere mi ya da her bir kromozomdaki çoklu konumlara mı bağlı olup olmadığı ortaya çıkarılabilir.

### 2.2.5.2. Holosentrik Kromozomların Geniş Filogenetik Dağılımı

Holosentrik kromozomlar, monosentrik kromozomlara kıyasla radikal olarak farklı kinetokor protein biriktirme modellerine sahiptir ve doğru mayozu sağlamak için kromozom davranışlarında önemli değişiklikler gerektirmektedir. Bu gerçekler göz önüne alındığında, bu olağan dışı kromozom yapısının ökaryotik gelişim sırasında ne sıklıkla ortaya çıktığı sorusunun cevabı önemli olacaktır. Holosentrik organizmaların çoğu, moleküler yöntemler mevcut olmadan önce sitogenetik yöntemler kullanılarak tanımlanmıştır. Bu çalışmaların sadece küçük bir kısmında, daha sıkı bir kromozom fragmentasyon yöntemi kullanılmıştır. Holosentrikliğin sitogenetik olarak tanımlanması büyük kromozomlar için çok daha kolaydır. Melter ve arkadaşları (2012) toplamda 768 türün (472 böcek, 228 bitki, 50 araknit ve 18 nematod) holosentrik kromozomlara sahip olduğunu bildirmiştir [32]. Bu sayının çok daha fazla olduğu muhtemeldir.

*Pleurozium schreberi* yosunu ve deniz algi *Spirogyra* gibi bazı organizmaların holosentrik kromozom raporlarının ileri sitogenetik çalışmalar ile düzeltiltiğini bildiren bazı çalışmalar bulunmaktadır [37-41]. Küçük kromozumlu ökaryotlara moleküler yöntemler uygulandığında, birçok yeni holosentrik klad keşfedilebilir. Ökaryotların son ortak atalarının monosentrik veya holosentrik kromozomlar olup olmadığından emin olunmamaktadır. Bununla birlikte monosentrikliğin ankestral (atalardan geçme) olduğu parsinomi ile rapor edilmiştir. Bu rapordaki filogenetik ağaca göre holosentrik kromozomlar en az on üç bağımsız zamanda monosentrik kromozomlardan evrimleşmiştir. Bu bağımsız zamanların bitkiler için en az dört tane, hayvanlar için ise en az on üç tane olduğu düşünülmektedir [32].

### 2.2.5.3. Bitkilerde Holosentrik Kromozomlar

Bilinen tüm holosentrik bitki türleri, çiçekli bitkilere (Angiospermae) aittir ve hem monokotları hem de ödikotları içerir. Holosentrik monokotlar, ağırlıklı olarak Juncaceae ve Cyperaceae familyalarında yer almaktadır [42-43]. Bunlar arasında en iyi çalışılan holosentrik bitki *Luzula nivea* (Juncaceae) türüdür. Cyperaceae ve Juncaceae familyalarındaki bütün cinsler holosentrik değildir. Örneğin, *Scirpus* (sucul çim) cinsinde lokalize sentromerler bildirilmiştir [44]. *Chionographis* (Melanthiaceae) cinsinden çiçekli çok yıllık otlar da holosentrik kromozomlar içermektedir [45].

Holosentrik ödikotlar iki cinsle sınırlıdır: *Drosera* (Droseraceae) ve *Cuscuta* (Convulvulaceae). Bu iki cins te doğada parazitiktir. *Cuscuta* cinsi; subgenus *Cuscuta*, subgenus *Grammica* ve subgenus *Monogyna* olmak üzere üç alt cins içermektedir. Sadece alt tür *Cuscuta* ve alt tür *Grammica*'daki bir tür holosentriktir. Bu tek tür karşılaştırmalı genomik için cazip bir durum sunmaktadır [32, 46-47].

#### **2.2.5.4. Hayvanlarda Holosentrik Kromozomlar**

Hayvanlarda holosentrik kromozomlar iki şube içerisinde yer almaktadır: Nematoda ve Arthropoda. Holosentrik kromozomların Nematoda'da bir kez ve Arthropoda'da ise sekiz kez olduğu tahmin edilmektedir [32]. En iyi bilinen holosentrik türler nematodların Secernentea sınıfında yer almaktadır ve *Caenorhabditis elegans* türü de bu sınıf içerisinde yer almaktadır. Diğer nematodlar, karyotipik kanıtlardan ziyade, *Caenorhabditis elegans* ile filogenetik ilişkilerinden dolayı holosentrik olarak tanımlanmaktadır. Parazitik yuvarlak solucanlardan *Trichinella* ve *Trichuris* cinslerinin monosentrik kromozomlara sahip oldukları bildirilmiştir [48-49]. Ancak *Onchocerca volvulus* türü için çelişkili deneysel veriler mevcuttur [50-51, 53].

Holosentrik kromozomlar, Arthropoda içerisindeki pek çok grupta bulunmaktadır. Özellikle, Hemiptera takımı iyi karakterize edilmiş holosentrik kromozomları içermektedir. İğ mikrotübüllerinin kromozomlar boyunca yaygın bağlanması, 1935'li yıllarda tespit edilmiş ve kısa süre sonra böceklerde holosentrikliği doğrulamak için kromozom parçalarının mitotik segregasyonu kullanılmıştır [31, 33, 52]. Tüm eklembacaklıların monosentrik bir atadan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [32].

Böcekler (Insecta) sınıfında holosentriklik nispeten yaygındır. Mayıs sinekleri (Ephemeroptera), yusufçuklar (Odonata), melek böcekleri (Zoraptera), kulağa kaçanlar (Dermaptera), evcikli böcekler (Trichoptera), güveler ve kelebekler (Lepidoptera) bunlara iyi birer örnektir. Bunun yanı sıra böcek filogenetik ilişkileri hala tartışılmaktadır ve monosentrik böceklerin büyük kladları bu takımlar içerisinde yer alabilmektedir [53-54]. Bu nedenle, böcek takımlarının çoğunun atalarının holosentrik olduğu ve modern böceklerin evrimi sırasında monosentrikliğin iki kez döndüğü önerilmektedir. Buna ilaveten ikinci bir holosentrik kromozom evriminin,

Trichoptera ve Lepidoptera takımlarının monosentrik bir atadan ayrılması sırasında meydana geldiği de ileri sürülmektedir [55-56].

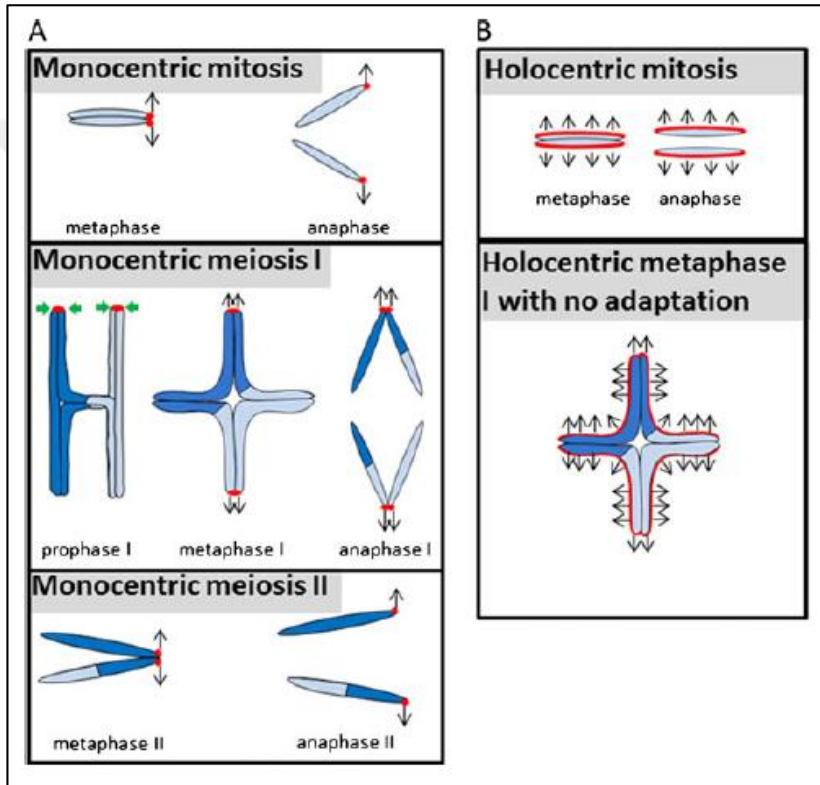
Böceklerin aksine, Arachnida sınıfı (akrepler, örümcekler, akarlar ve keneler), holosentrik kromozomlara sahip birkaç aileye veya alt aileye sahiptir. Holosentrik araknidler içerisinde bazı örümcekler (Araneae), mikrodalga akrepler (Palpigradi), izole akarlar ve keneler (Prostigmata ve Radiicephalidae cinsleri) ve ilkel akrepler (Scorpiones) yer almaktadır. Holosentriklik ayrıca çiyangillerde de (chilopoda) bulunmaktadır. Akar ve kenelerin karyotipik çalışmaları, birçok türün monosentrik olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle holosentrik kromozomların bu takımlarda iki kez evrimleştiği varsayılmaktadır [57-58].

#### **2.2.5.5. Holosentrik Kromozomların Mayozda Kinetokor Geometri Problemi**

Mayoz bölünmenin amacı kromozom sayısını azaltmaktır. Böylece haploid gametler diploid bir ana hücreden üretilir. Mayozda kromozom sayısının azaltılması, bir tur DNA replikasyonunun iki tur hücre bölünmesi tarafından takip edilmesinden kaynaklanır. Mayozda doğru kromozom ayrılması kinetokor geometrisinde değişiklikler gerektirir. Mayozda holosentrik kromozomlar, monosentrik kromozomlu organizmaların yüzleşmediği bazı problemler ortaya çıkarır. Bu nedenle mayoz sırasında kromozomların doğru dağılımını sağlamak için holosentrik organizmalarda görülen bazı mekanizmalar bulunmaktadır.

Bir kromozomun bölünme şekli onun geometrisine bağlıdır. Mitozda, hem monosentrik hem de holosentrik kromozomlar, iğ ipliklerini yakalama yüzeyleri zıt yönlere bakan kinetokora sahiptir ve bu nedenle kardeş kromatitler anafazda ayrılır. [59]. Holosentrik kromozomlarda mitoz basit olmasına rağmen, mayozda büyük problemler ortaya çıkarabilecek potansiyel durumlar vardır. Profaz I'de rekombinasyon ve kardeş kromatit birleşmesi, homolog kromozomları bivalent olarak birleştirir. Tek bir rekombinasyon bölgesi bulunan bivalentler haç biçimlidir (Şekil 2.12/A). Monosentrik kromozomlarda, kardeş kinetokorlar kaynaşır ve mayoz I'de aynı yönde karşı karşıya gelirler. Anafaz I'de, sentromerik birleşme korunurken kardeş-kromatit kolları arasındaki birleşme ise serbest bırakılır. Böylece, kardeş kromatitler bir arada kalır ve homologlar ayrılır. Mayoz II'de kardeş kinetokorlar,

kutup iplikleriyle karşı karşıyadır. Bu nedenle, sentromerik birleşme serbest bırakıldığında anafaz II'de kardeş kromatitler ayrılır [60]. Holosentrik kromozomlar teorik olarak mayoz I'de uzunlukları boyunca birçok pozisyonda iğ ipliklerine bağlanabilmektedir (Şekil 2.12/B). Bağlanmanın nasıl serbest bırakıldığına bağlı olarak, kromozomlar rastgele ayrılabilir veya hiç ayrılmayabilir. Açıkçası holosentrik organizmalar, bir kromatidin her bir gamete, doğru şekilde ayrılmasını sağlamak için özel adaptasyonlar gerektirir.



**Şekil 2.12.** Monosentrik ve holosentrik kromozomlar ile mitoz ve mayoz

Monosentrik mitoz; zıt kutuplara bakan monosentrik kromozomların kardeş kinetokorlarıdır. Bu mitoz anafazında kardeş kromatitlerin ayrılmasına yol açmaktadır. Monosentrik mayoz I'de, kaynaşmış ve aynı yöne dönük kardeş kinetokorlar mevcuttur. Bu anafaz I'de homolog kromozom ayrışmasına yol açar. Monosentrik mayoz II; metafazda ters yönlere bakan kardeş kinetokorlar ve anafaz II'de ayrılan kardeş kromatitlere sahiptir (Şekil 2.12/A). Holosentrik mitozda, kinetokorlar holosentrik kromozom kolunun uzunluğu boyunca dağılmıştır. Bu yüzden kromozomlar tüm uzunlukları boyunca iğ ipliklerine bağlanır. Anafazda, iğ



ipliği bağlama yerleri zıt yönlerde durduğu için kardeş kromatitler birbirlerinden ayrılmaktadır. Holosentrik mayoz I'de; kromozom yapısı veya bağlantı yüzeyi pozisyonunda herhangi bir değişiklik yoksa, bağlantı yerleri her yöne bakabilmekte, bu da kromozom ayrılmasında sorunlara yol açabilmektedir (Şekil 2.12/B) [32].

“Holosentrik kromozomlar, kromozom ayrıştırma (segregation) mekanizması hakkındaki genel anlayışımız hakkında nasıl bilgiler verir?” sorusu önemlidir. Organizmaların holosentrik kromozomları benimsemeleri için gerekli olan aşırı mayotik adaptasyonlar göz önüne alındığında, ökaryotik evrim sırasında dağınık kinetokorların birçok kez ortaya çıkması şaşırtıcı ve etkileyicidir. Hemen hemen tüm ökaryotlarda kinetokor yerinin epigenetik olarak kontrol edilmesi muhtemeldir [61]. Holosentrik kromozomların aşırı derecede farklı ökaryotlarda bile yakınsak evrimi, cenH3 gibi kinetokor proteinlerin kromozomal yerleşimini nispeten kolayca değiştirilebileceğini göstermektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Oribatid Akar Örneklerinin Toplanması, Hazırlanması ve Saklanması

Kılıçkaya Tepesinden (Geyve-Sakarya) 2015 yılının Nisan ve Kasım ayları arasında ve Laçın ilçesinden (Çorum) 2014 yılının Ekim ve 2016 yılının Ağustos ayları arasında toplanan döküntü, liken, yosun ve toprak örnekleri naylon torbaların içerisine alınıp, Yozgat Bozok Üniversitesi Zooloji Laboratuvarı'na getirildi. Örnekleme işlemi için Kılıçkaya Tepesinden toplanan örnekler KK, Laçın ilçesinden toplanan örnekler ise LCN şifreleri kullanıldı. Bu örnekler laboratuvarında birleştirilmiş Berlese hunilerinden oluşan ayıklama düzeneğine yerleştirilip nemlilik durumlarına göre 5-7 gün süre bekletildi. Bu süre sonunda, düzenek altında bulunan toplama şişeleri (içerisinde %70'lik alkol) içerisine inceleme materyali olan akarların birikmesi sağlandı ve petri kaplarına boşaltılarak stereo mikroskop altında pipet ve iğneler yardımı ile içerisinden oribatid akarlar ayıklandı.

#### *Oribotritia hermanni* Grandjean, 1967

KK-27. Meşe ağacı (*Quercus* sp.) altı toprak; N 40° 29.066' E 30° 26.464', 1082 m; 09.06.2015.

KK-123. Ağaç üzeri liken; N 40° 28.900' E 30° 23.510', 598 m; 06.11.2015.

#### *Hermanniella gibber* Kulijev, 1979

LCN-4. Toprak; N 40°46.278', E 34°52.793', 779 m; 19.10.2014.

LCN-8. Kaya üzerinden yosun; N 40°46.215', E 34°52.848', 830 m; 19.10.2014.

LCN-9. Toprak; N 40°46.247', E 34°52.868', 788 m; 19.10.2014.

LCN-14. Ağaç üzerinden yosun; N 40°46.224', E 34°53.009', 813 m; 19.10.2014.

LCN-22. Toprak; N 40°46.284', E 34°52.654', 817 m; 30.10.2014.

LCN-26. Ağaç üzerinden yosun; N 40°46.269', E 34°52.500', 834 m; 30.10.2014.

LCN-27. Toprak; N 40°46.283', E 34°52.476', 813 m; 30.10.2014.

LCN-32. Ağaç üzerinden yosun; N 40°46.293', E 34°52.378', 800 m; 30.10.2014.

LCN-41. Toprak; N 40°46.090', E 34°52.757', 882 m; 29.10.2015.

LCN-45. Kaya üzerinden liken; N 40°46.215', E 34°53.170', 748 m; 07.11.2015.

LCN-48. Toprak; N 40°46.112', E 34°53.225', 822 m; 07.11.2015.

LCN-50. Toprak üzerinden yosun; N 40°46.025', E 34°53.241', 882 m; 07.11.2015.

LCN-63. Toprak; N 40°45.698', E 34°52.182', 987 m; 17.04.2016.

LCN-74. Toprak üzerinden yosun; N 40°45.631', E 34°52.054', 960 m; 17.04.2016.

LCN-77. Toprak; N 40°45.862', E 34°52.818', 995 m; 01.08.2016.

LCN-78. Toprak; N 40°45.929', E 34°52.680', 995 m; 01.08.2016.



LCN-79. Toprak; N 40°45.903', E 34°52.687', 1001 m; 01.08.2016.

LCN-84. Toprak; N 40°45.641', E 34°52.848', 1070 m; 01.08.2016.

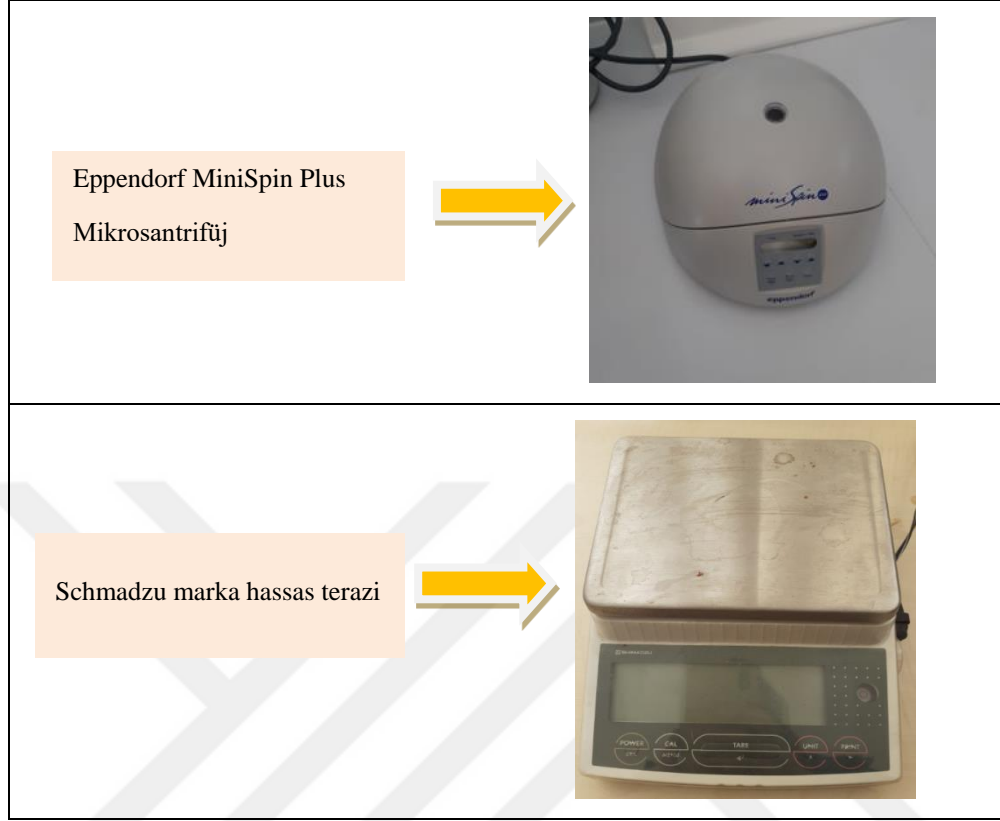
LCN-85. Toprak; N 40°45.612', E 34°52.900', 1067 m; 01.08.2016.

### 3.2. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar

**Tablo 3.1.** Deneyler sırasında kullanılan aletler ve cihazlar (etüv ve mikroskop)

|  |  |
|--|--|
| <p>Ecocell marka etüv<br/>(300°C)</p>    |   |
| <p>Olympus BX-53 Işık<br/>Mikroskobu</p> |  |

**Tablo 3.2.** Deneyler sırasında kullanılan aletler ve cihazlar (Santrifüj ve terazi)



### 3.3. Sitogenetik Analiz

Tez çalışması Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sitogenetik Araştırma Laboratuvarında yürütüldü. Çalışma kapsamında, oribatid akarlar olarak *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* kullanıldı. Söz konusu akarlar için Imai ve arkadaşları (1988) tarafından geliştirilen ve Gokhman ve Quicke (1995) tarafından modifiye edilen sitogenetik prosedür uygulanmıştır [62-63]. Bu işlemler için, cinsiyeti belirlenemeyen örnekler kullanılmış olup, yöntem kısaca şu aşamalardan ibarettir: (i) kolşisin (% 0,005) içeren hipotonik sodyum sitrat çözeltisi (% 1) ile ön muamele ve parçalama. (ii) taze hipotonik çözelti ile inkübasyon. (iii) fiksatif serileri ile fiksasyon. (iv) giemsa ile boyama.

#### 3.3.1. Çözelti ve Boyaların Hazırlanması

Sitogenetik prosedür için gereken malzemeler ve hazırlanan çözeltiler aşağıda sırasıyla verilmiştir [3].

### **3.3.1.1. Kolşisin**

Kolşisin, mitoz bölünmeyi kromozomların en net incelenebileceği metafaz evresinde durduran bir maddedir. Bu durum karyotip analizinin rahatlıkla yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Deneylede kullanılan kolşisin ticari olarak (Biological Industries) elde edilmiştir.

### **3.3.1.2. Hipotonik Solüsyonun Hazırlanması**

2,796 g potasyum klorür (KCl) hassas terazide ölçüldü ve 500 ml hacime saf su ile tamamlanmak suretiyle homojen çözeltinin oluşması sağlandı. Elde edilen hipotonik çözelti (0,075 M KCl) etüvde 60°C’de muhafaza edildi.

### **3.3.1.3. Fiksatifin Hazırlanması**

Fiksatif 1 (buzlu asetik asit-etanol-distile su, 3-3-4), Fiksatif 2 (buzlu asetik asit-etanol, 1-1), Fiksatif 3 (buzlu asetik asit).

### **3.3.1.4. %7’lik Giemsa Boyasının Hazırlanması**

7 ml Giemsa Azur reaktifi (Merck) saf su ile 100 ml’ye tamamlandıktan sonra kullanıldı.

### **3.3.2. Sitogenetik Prosedür**

1. Çalışılacak akar türü temiz bir tüpe konuldu. Üzerine buzdolabında muhafaza edilen kolşisin ilave edildi. Akar, sivri bir cisimle iyice ezildi. Santrifüj yapıldıktan sonra, tüpün üzerindeki süpernatant atıldı. Kolşisin ile muamele süresi 30 dakika olup, işlemler bu süre dahilinde yapılmıştır.
2. Materyalin üzerine hipotonik çözeltiden eklendi. Santrifüj yapıldıktan sonra, tüpün üzerindeki süpernatant atıldı. Hipotonik çözelti ile muamele süresi 30 dakika olup, işlemler bu süre dahilinde yapılmıştır. Hipotonik çözeltinin kullanılmasının amacı hücreleri şişirerek patlamasını sağlamaktır. Böylece patlayan hücrelerde kromozomların tek tek düşmesi sağlanır. Bu durum karyotip analizi için daha rahat sayım yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

3. Yapılan işlemler süresince hücre ve kromozomların bozulması gerçekleşebileceği için fiksasyon aşaması gerekmektedir. Bu amaçla tespit çözeltisi olarak etil alkol-buzlu asetik asit (1:3) kullanıldı.

### **3.3.3. Materyalin Muhafazası**

Tespit işleminden sonra materyalin hemen kullanılmadığı durumlarda +4 °C’de muhafaza edildi.

### **3.3.4. Preparat Hazırlanması**

1. Etanol içerisinde buzlukta saklanan ıslak soğuk lamlar alınarak, üzeri soğuk fiksatif ile yıkandı.
2. Cam pipet kullanılarak farklı yerlere gelecek şekilde 2-3 damla hücre süspansiyonundan lam üzerine damlatıldı. Bu aşamada damlaların üst üste düşmemesine özen gösterildi. 2-3 saniye beklendikten sonra üzeri tekrar soğuk fiksatif ile yıkandı (Şekil 3.1).
3. Hazırlanan preparat kurumaya bırakıldı.

### **3.3.5. Preparatların Boyanması**

1. Preparatlar %7’lik giemsa ile 30-60 dakika süresince boyandı.
2. Preparatlar iki kez saf sudan geçirilerek boyanın fazlası alındı.
3. Preparatlar kurumaya bırakıldı (Şekil 3.2).



**Şekil 3.1.** Preparatların hazırlanması



**Şekil 3.2.** Preparatların boyanması

### **3.3.6. Kromozomların Görüntülenmesi**

Her akar için 10 metafaz alanı değerlendirilmeye alındı. Bunun için iyi dağılım gösteren, kromozom morfolojileri iyi görülebilen ve kromozomları bir düzlem

üzerinde dizilmiş metafaz alanları seçildi. Kromozomlar Olympus BX-53 araştırma ışık mikroskobu ile görüntülendi.

### **3.3.7. Kromozomal Ölçümler ve Karyotip Analizi**

Görüntüleme işleminden sonra kromozomal ölçümler Karyotype yazılım programı ile gerçekleştirildi. Ölçümler ile toplam kromozom uzunlukları hesaplandı ve monoploid idiyogramlar çizildi.

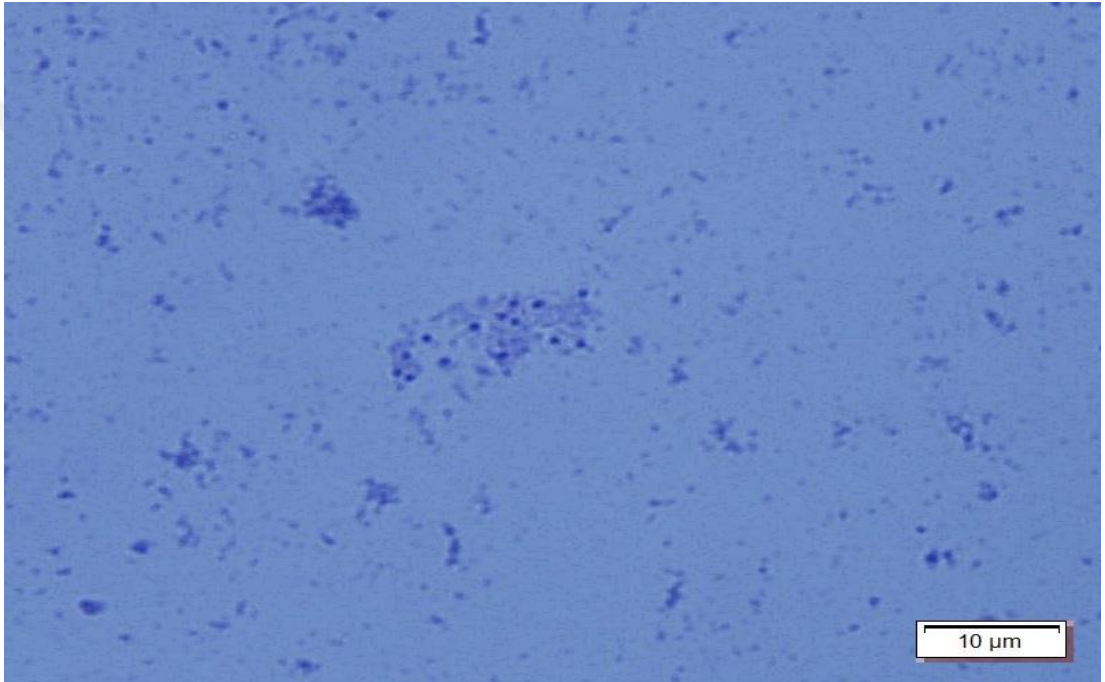




## 4. BULGULAR

### 4.1. *Oribotritia hermanni*

*Oribotritia hermanni* türünün diploid kromozom sayısı  $2n = 14$  olarak belirlenmiş ve holosentrik kromozomlardan oluşan mitotik metafaz kromozomları Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Holosentrik kromozomlardan dolayı karyotip formülü belirlenememiştir.

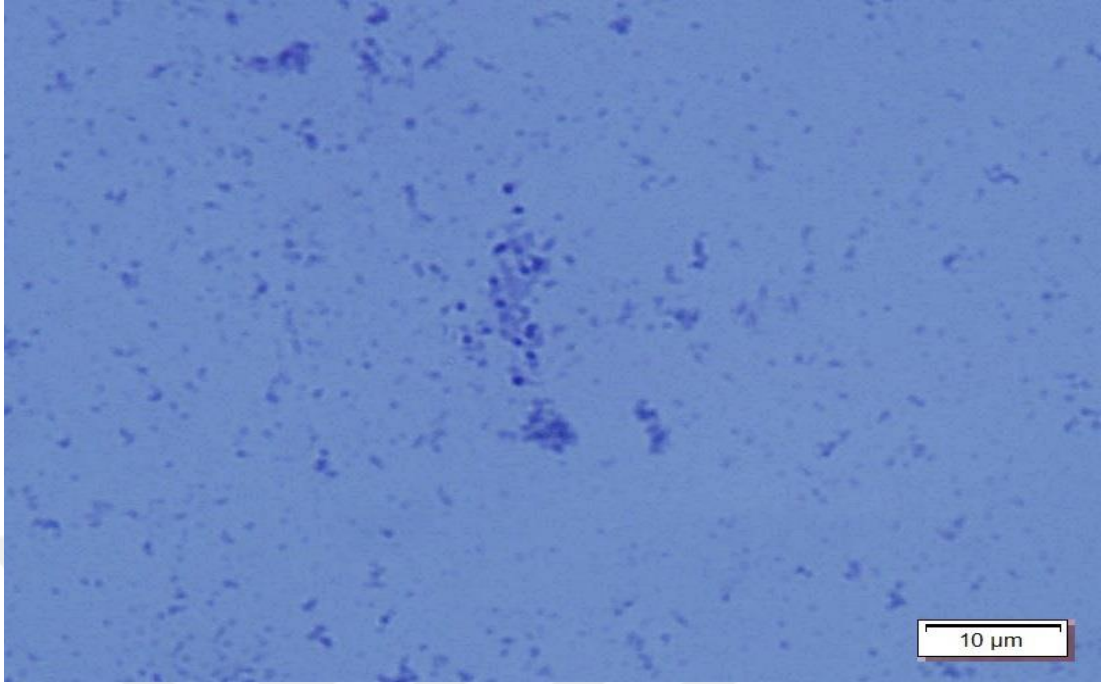


**Şekil 4.1.** *Oribotritia hermanni* türünün mitotik metafaz kromozomları–1

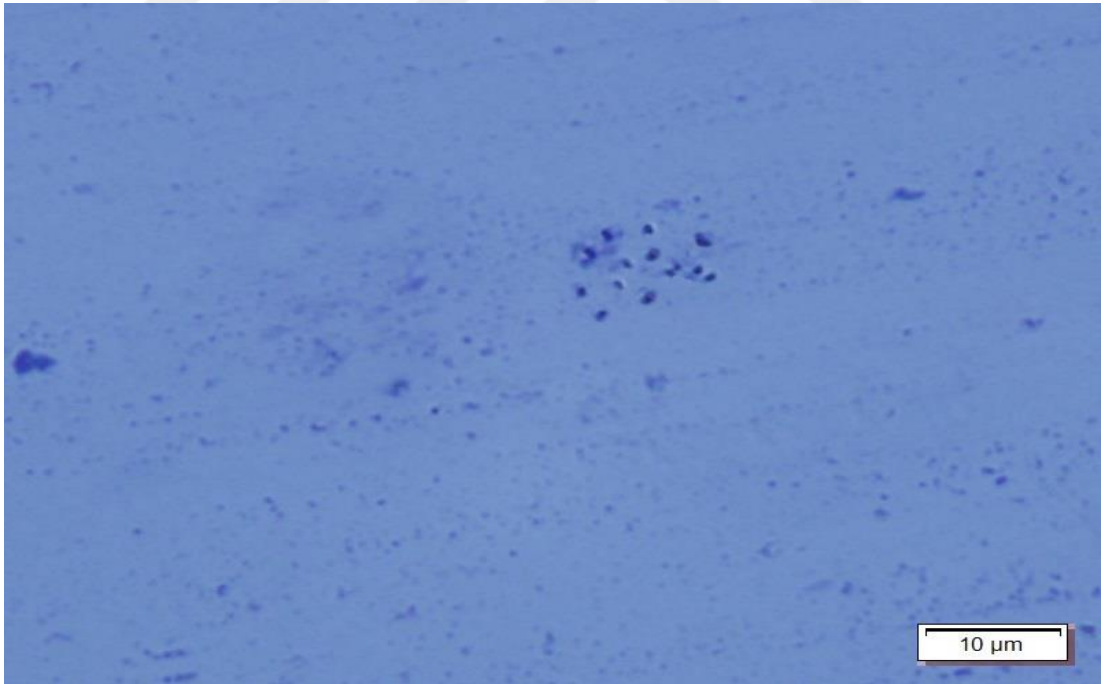
*Oribotritia hermanni* türünün kromozom uzunlukları Tablo 4.1’de verilmiştir. Toplam haploid kromozom uzunluğu ve ortalama kromozom uzunluğu sırasıyla 4.88 µm ve 0.70 µm olarak hesaplanmıştır. Kromozom uzunlukları 0.38 µm ile 1.08 µm arasında değişmektedir. Monoploid idiyogram Şekil 4.5’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** *Oribotritia hermanni* türünün kromozom uzunlukları

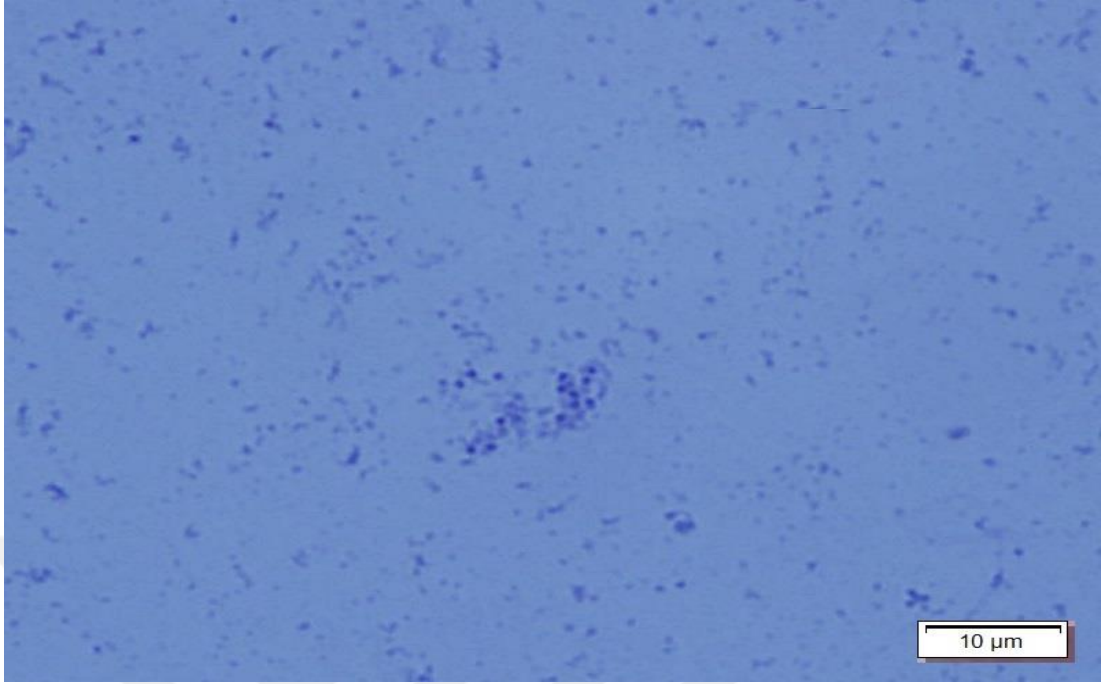
| Kromozom Çifti | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Uzunluk (µm)   | 1.08 | 0.91 | 0.73 | 0.61 | 0.60 | 0.57 | 0.38 |



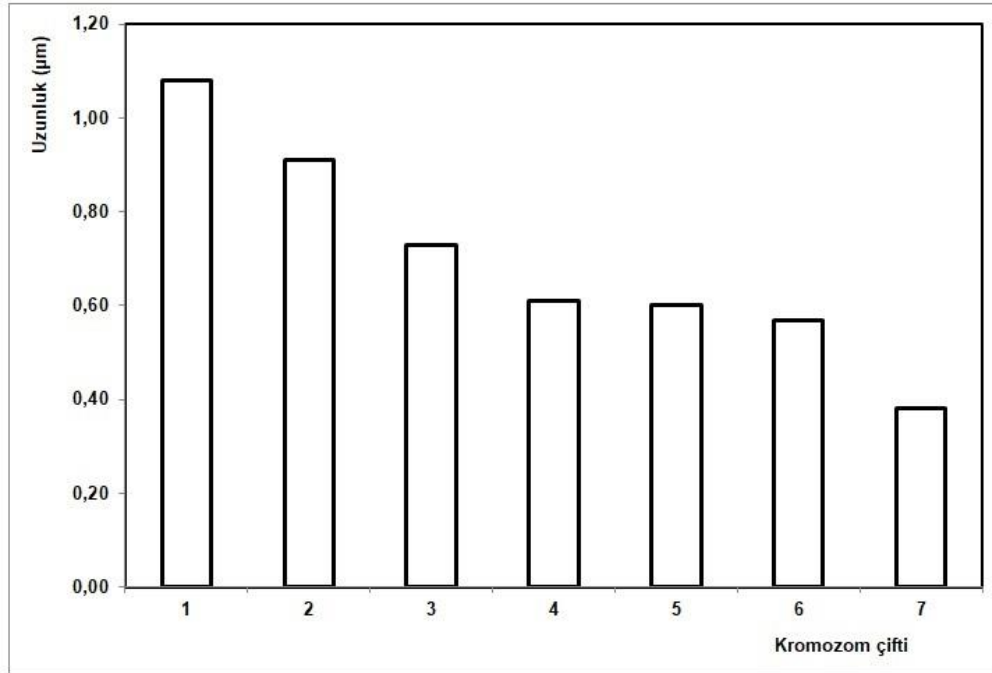
**Şekil 4.2.** *Oribotritia hermanni* türünün mitotik metafaz kromozomları–2



**Şekil 4.3.** *Oribotritia hermanni* türünün mitotik metafaz kromozomları–3



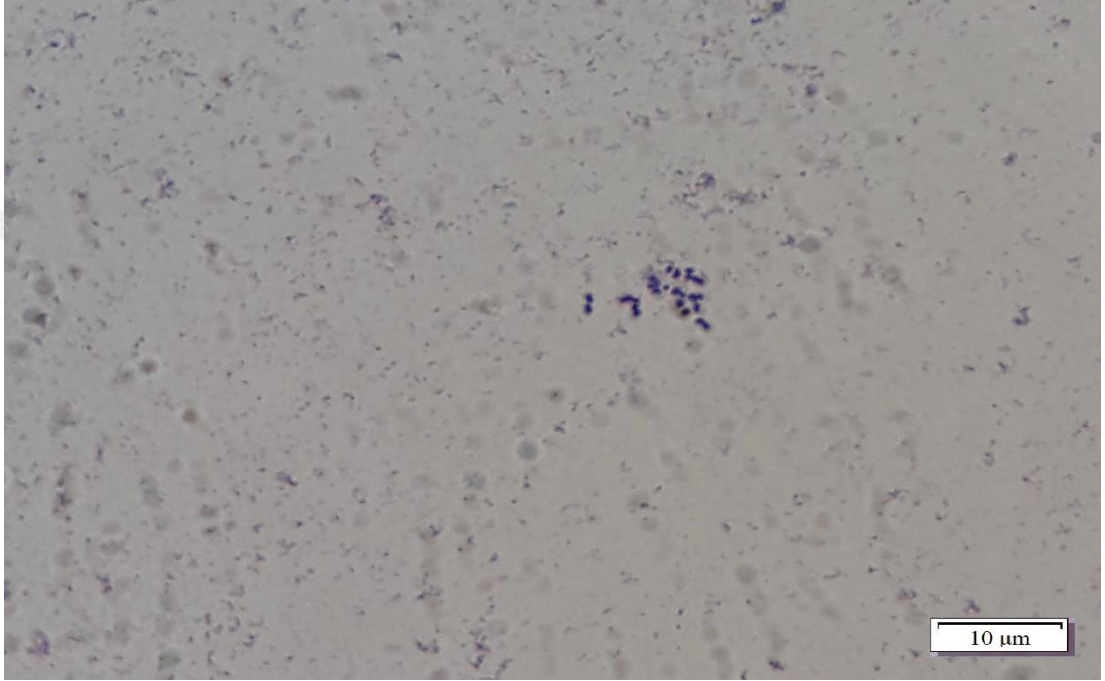
Şekil 4.4. *Oribotritia hermanni* türünün mitotik metafaz kromozomları-4



Şekil 4.5. *Oribotritia hermanni* türünün monoploid idiyogramı.

#### 4.2. *Hermanniella gibber*

*Hermanniella gibber* türünün diploid kromozom sayısı  $2n = 22$  olarak belirlenmiş ve holosentrik kromozomlardan oluşan mitotik metafaz kromozomları Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Holosentrik kromozomlardan dolayı karyotip formülü belirlenememiştir



**Şekil 4.6.** *Hermanniella gibber* türünün mitotik metafaz kromozomları– 1

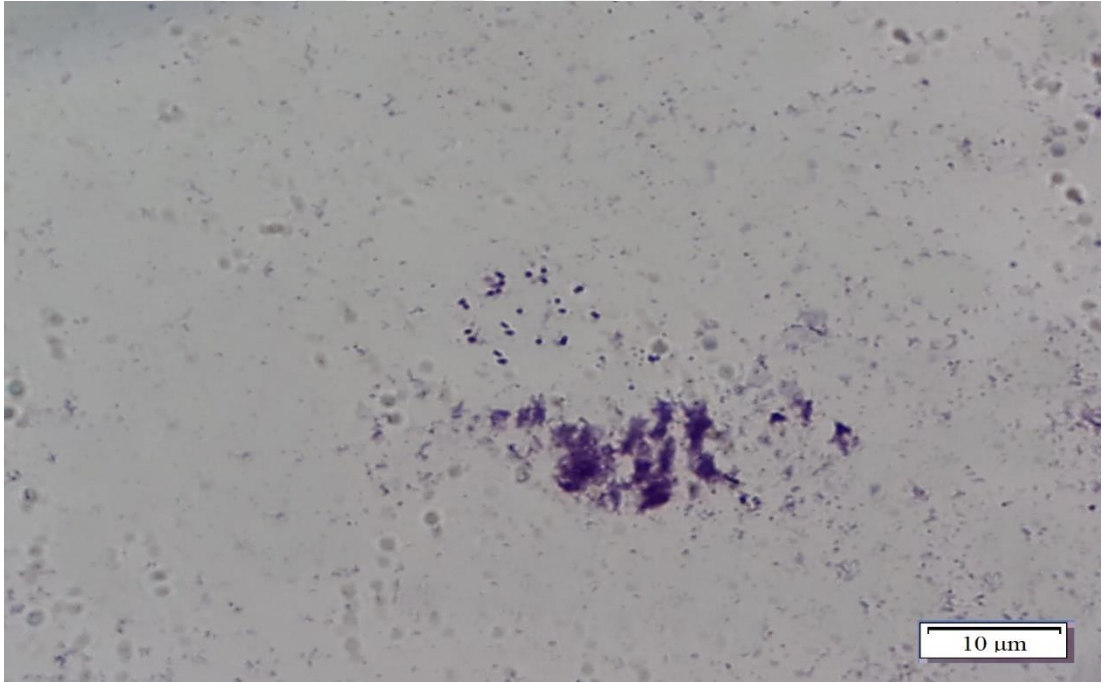
*Hermanniella gibber* türünün kromozom uzunlukları Tablo 4.2’de verilmiştir. Toplam haploid kromozom uzunluğu ve ortalama kromozom uzunluğu sırasıyla 6.98 µm ve 0.63 µm olarak hesaplanmıştır. Kromozom uzunlukları 0.39 µm ile 0.90 µm arasında değişmektedir. Monoploid idiyogram Şekil 4.10’da verilmiştir.

**Tablo 4.2.** *Hermanniella gibber* türünün kromozom uzunlukları.

|                |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|
| Kromozom Çifti | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Uzunluk (µm)   | 0.90 | 0.84 | 0.81 | 0.72 | 0.67 | 0.61 |
| Kromozom Çifti | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |      |
| Uzunluk (µm)   | 0.57 | 0.54 | 0.48 | 0.45 | 0.39 |      |

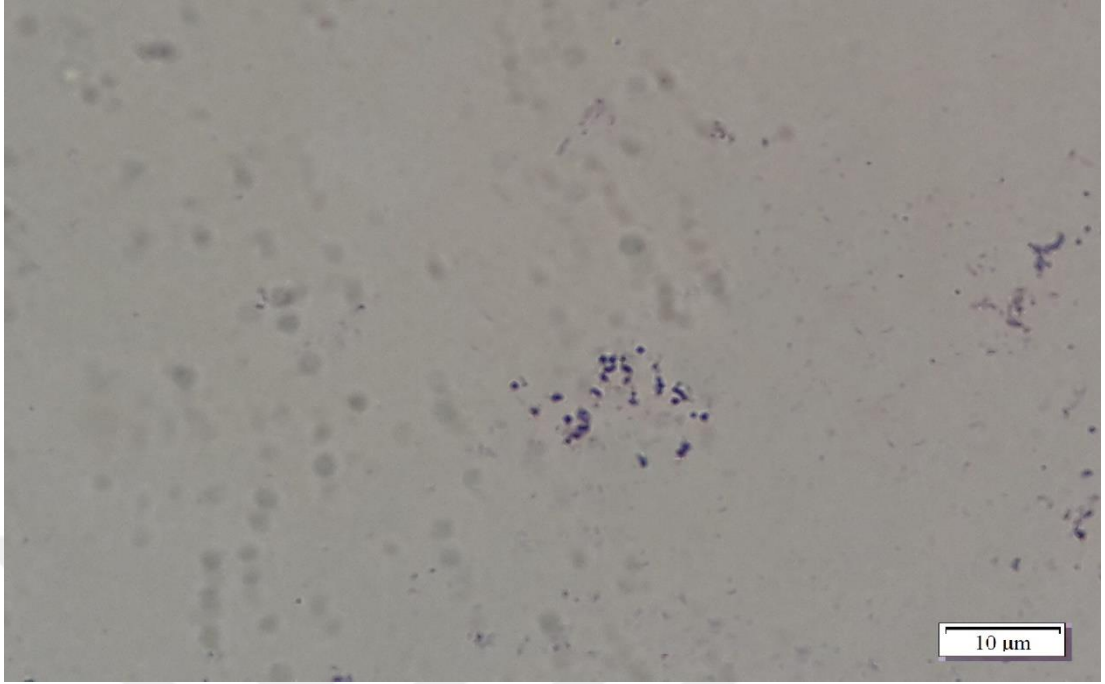


**Şekil 4.7.** *Hermannella gibber* türünün mitotik metafaz kromozomları-2

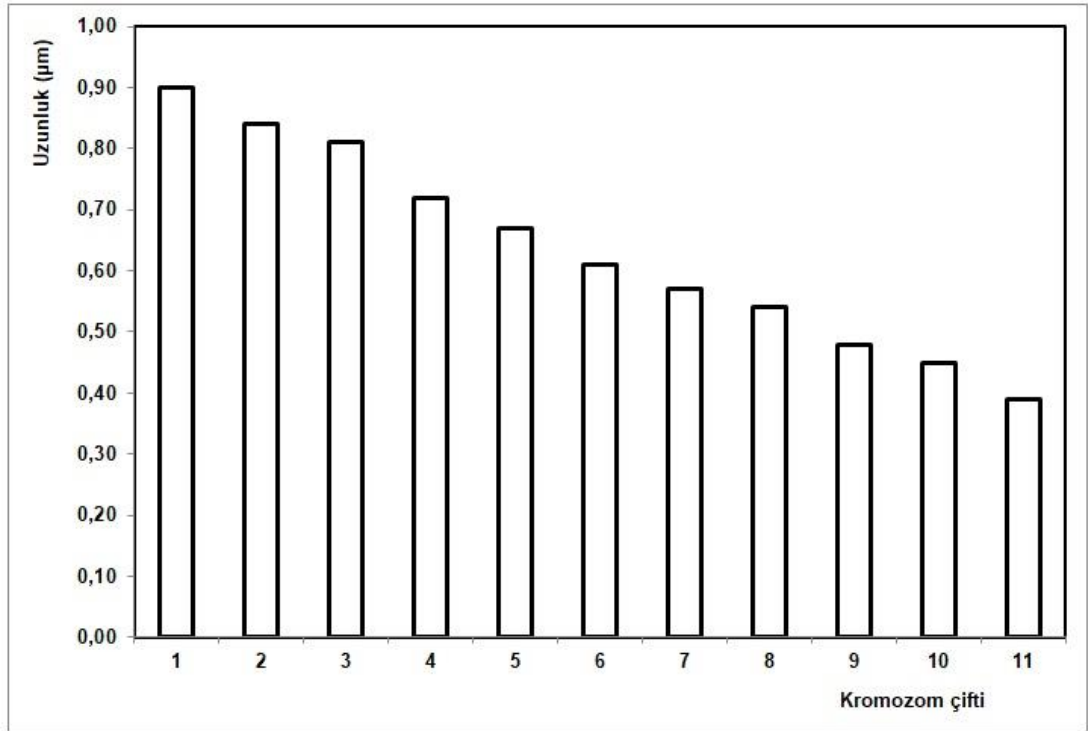


**Şekil 4.8.** *Hermannella gibber* türünün mitotik metafaz kromozomları-3





Şekil 4.9. *Hermannella gibber* türünün mitotik metafaz kromozomları-4



Şekil 4.10. *Hermannella gibber* türünün monoploid idiyogramı.

## 5. TARTIŞMA–SONUÇ VE ÖNERİLER

Kromozomal parametreler, morfolojik veya moleküler tekniklerle birlikte kullanıldığında evrimsel ilişkilerin anlaşılmasına önemli katkılarda bulunur. Bazı önemli kromozomal parametreler temel kromozom sayısı, diploid kromozom sayısı, poliploidi derecesi, karyotip formülü, toplam haploid uzunluğu, sentromerik indeks ve karyotip asimetrisidir. Bu parametreler içerisinde özellikle diploid kromozom sayısı ve karyotip asimetrisi taksonlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Karyotip asimetrisinin belirlenmesinde günümüze kadar birçok formül önerilmesine rağmen bunların çoğunluğu bitki karyotipleri üzerinden tanımlanmıştır. S/A<sub>1</sub> parametresi ise yüksek organizasyonlu hayvansal organizmaların karyotip asimetrisini hesaplamak için kullanılmaktadır [29]. *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* taksonlarının karyotip formülleri, sentromerik indeksleri ve karyotip asimetrisi holosentrik kromozomlar nedeniyle belirlenememiştir. Bu parametreler monosentrik kromozomlara özgü parametrelerdir.

*Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber*'in diploid kromozom sayıları sırasıyla  $2n = 14$  ve  $2n = 22$  olarak belirlenmiştir. Bu diploid sayılar oribatid akarlarda yaygın değildir. Oribatid akarlarda genel yaygın kromozom sayısının  $2n = 18$  olduğu bildirilmiştir [64-65]. Daha geniş aralıklı bir örnek olarak, akarlar ve kenelerin  $2n = 2$  ile 36 kromozoma sahip olduğu rapor edilmiştir [66]. Eroğlu ve Per (2016) oribatid akarlardan *Zygoribatula cognata*'nın (Oudemans, 1902) kromozom sayısının  $2n = 30$  olduğunu belirtmişlerdir [67]. Yine farklı bir diploid sayıya sahip oribatid akarlardan *Phauloppia lucorum* (Koch, 1841)'da  $2n = 12$  olarak rapor edilmiştir [3]. Son literatürler ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, oribatid akarlarda diploid kromozom sayısının geniş bir aralıkta dağılım gösterebileceği ve genel yaygın kromozom sayısının  $2n = 18$  olarak sınırlanamayacağı ortaya konulmuştur.

*Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* taksonlarında kromozomlar küçük holosentrik tiptedir. Holosentrik kromozomlar, ökaryotik doğrusal kromozomlarda görülen ve primer darlık olarak ifade edilen lokalize sentromer göstermezler. Monosentrik kromozomlar çok daha yaygın olmasına rağmen, holosentrik kromozomlar geniş bir filogenetik dağılıma sahiptir. Melters ve arkadaşları (2012)

holosentrik kromozomlu organizmaların çeşitliliğini inceleyerek, bu özelliğin en az 13 bağımsız zamanda (bitkilerde dört kez ve hayvanlarda en az dokuz kez) ortaya çıktığını tahmin etmişlerdir [32]. Holosentrik kromozomlar, 0.5 ile 2.0 µm arasında değişen küçük boyutlu kromozomlardır [68]. *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* taksonlarının küçük holosentrik kromozomlarının boyutları sırasıyla 0.38-1.08 ve 0,39-0,90 µm arasında değişmektedir. Son yıllarda detaylı kromozom ölçümleri verilen oribatid akar taksonlarında da holosentrik kromozomlar küçük boyutları ile karakterizedir. *Zygoribatula cognata*'nın kromozomları 0.46-1.30 µm ve *Phauloppia lucorum*'un kromozomları ise 0.91-1.67 µm olarak rapor edilmiştir [3, 67].

Lepidoptera, Hemiptera ve Odonata gibi diğer birçok eklembacaklılarda da holosentrik kromozomların varlığı bildirilmiştir [65, 69]. Holosentrik kromozomlar bu canlılarda bazı avantajlar sağlayabilir. Örneğin, kelebeklerdeki radyasyon kısırlığına duyarlılık diğer böcek gruplarına göre daha düşüktür. Bu dayanıklılığın ana nedeni kelebeklerin holosentrik kromozomlara sahip olmasıdır [70]. Radyasyondan sonra, holosentrik kromozomlardan ayrılan her bir parça ayrı bir kromozom görevi görür ve anafazda kaybolmaz [71]. Diğer bir avantaj ise organizmaların holosentrik kromozomları benimsemeleri için çok farklı mayotik adaptasyonların gerekli olmasıdır. Bu adaptasyonların bazıları, kinetokor aktivitesinin kısıtlanması, ters mayoz ve asimetrik mayozdur [32].

*Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* taksonlarında cinsiyet kromozomları tespit edilememiştir. Genel olarak, oribatid akarlarda boyut olarak zayıf eşeyssel dimorfizm vardır ve güçlü dimorfizm nadir olarak görülmektedir [72]. Eşeyssel dimorfizm bir türün erkek ve dişi eşeyleri arasında eşeyssel organlardan ziyade vücut boyutu ve şekli, renk veya desen bakımından fiziksel farklılıklar görülmesi durumudur.

Akarlarda telitoki, haplodiploidi ve diplodiploidi olmak üzere üç üreme modeli vardır ve ankestral üreme modeli olarak diplodiploidi rapor edilmiştir [64, 68]. Genel olarak diplodiploidide yavru bireyler (erkek ve dişi) döllenmiş yumurtalardan üretilir ve cinsiyet oranı neredeyse eşittir (1:1). Bununla birlikte Oribatida takımında, cinsiyet kromozomlarının bulunmadığı benzer karyotipler karakterizedir [65]. Eşeyli oribatid akarlarının aksine, partenogenetik türlerde erkek oranı çok düşüktür ve bu nadir



bulunan erkekler genellikle kısırdır. Bazı faktörler partenogenetik türlerde nadir erkeklerin oranını değiştirebilir. Çevresel koşullar bu faktörlerin en önemlilerinden biridir ve erkeklerin üretimini arttırabilir [73].

Bu çalışma ile *Oribotritia hermanni* ve *Hermanniella gibber* taksonlarının diploid kromozom sayıları ve karyotipleri ilk kez bildirilmiştir. Fakat halen oribatid akarlarda kromozomal verilerin bilinmediği birçok tür bulunmaktadır ve oribatid akarlarının sitotaksonomisini desteklemek için daha fazla kromozomal veriye ihtiyaç vardır.



## KAYNAKLAR

1. Per, S., Erciyes Dağının (Kayseri) Epifitik Oribatid Akarları Üzerine Sistemik Araştırmaları, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2003.
2. Subias, L. S., Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los ácaros oribatidos (Acariformes: Oribatida) del Mundo, Graellsia, 60, 3-305, 2004.
3. Gümüş, N., Per, S., Eroğlu, H. E., Karyotype analysis of *Phauloppia lucorum* (Koch, 1841) (Oribatida: Oribatulidae), Türkiye Entomoloji Dergisi, 2018, 42 (2), 77-83.
4. Hopoğlu, T., Passeriformes Takımına Ait Bazı Türlerin Karyolojik Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2008.
5. Per, S., et al., Türkiye'den Oribatid Akarların (Acari) İki Yeni Kaydı: *Cepheus caucasicus* Sitnikova, 1975 ve *Lopheremaeus laminipes* (Berlese, 1916), Bitki Koruma Bülteni, 57(1), 13-19, 2017.
6. Gergócs, V., Hufnagel, L., Application of oribatid mites as indicators, Applied Ecology and Environmental Research, 7(1), 79-98, 2009.
7. Aydın, H., Artvin İlinin Euphthiracarid Faunası (Acari: Oribatida), Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2009.
8. Hense, J. B., Oribatid mite (Acari: Oribatida) and Chironomid (Diptera: Chironomidae) communities from a high-Andean cushion peatland in Peru (14°S) and their use for palaeoenvironmental reconstruction during the Nasca cultural period, Doctoral thesis, Köln University, Germany, 2016.
9. Wissuwa, J., Salamon, J. A., Frank, T., Oribatida (Acari) in grassy arable fallows are more affected by soil properties than habitat age and plant species, European Journal of Soil Biology, 59, 8-14, 2013.
10. Özkan, M., Ayyıldız, N., Soysal, Z., Türkiye Akar Faunası, Doğa Türk Zooloji Dergisi, 12 (1), 75-85, 1988.
11. Özkan, M., Ayyıldız, N., Erman, O., Check List of the Acari of Turkey, first Supplement, EURAAC News Letter, 7 (1), 4-12, 1994.
12. Erman, O., et al., Checklist of the Mites (Arachnida:Acari) of Turkey, Second Supplement, Zootaxa, 1532, 1-21, 2007.
13. Toluk, A., et al., New and known records of oribatid mites (Acari) from the Yedigöller National Park (Bolu, Turkey), Bitki Koruma Bülteni, 57(1), 49-56, 2017.

14. Baran, Ş, Bezci, T., Ayyıldız, N., Supplementary Checklist of Oribatid Mites (Acari) from Turkey, *Munis Entomology Zoology*, 13(1), 91-97, 2018.
15. Cusimano, N., Sousa, A., Ronner, S. S., Maximum likelihood inference implies a high, not a low, ancestral haploid chromosome number in Araceae, with a critique of the bias introduced by “*x*”, *Annals of Botany (Lond)*, 109(4), 681-692, 2012.
16. Darlington, C. D., *Recent advances in cytology*, J.&A. Churchill Ltd., London, 1937.
17. Peruzzi, L., “*x*” is not a bias, but a number with real biological significance, *Plant Biosystems*, 147, 1238-1241, 2013.
18. Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A. A., Nomenclature for centromeric position on chromosomes, *Hereditas*, 52, 201-220, 1964.
19. Peruzzi, L., Eroğlu, H. E., Karyotype asymmetry: again, how to measure and what to measure?, *Comparative Cytogenetics*, 7, 1-9, 2013.
20. Stebbins, G. L., *Chromosomal evolution in higher plants*, Edward Arnold Publisher Ltd., London, 1971.
21. Huziwara, Y., Karyotype analysis in some genera of Compositae. VIII. Further studies on the chromosome of *Aster*, *American Journal of Botany*, 49, 116-119, 1962.
22. Arano, H., Cytological studies in subfamily Carduoideae (Compositae) of Japan. IX. The karyotype analysis and phylogenetic considerations on *Pertya* and *Ainsliaea*, *Botanical Magazine Tokyo*, 76, 32-39, 1963.
23. Greilhuber, J., Speta, F., C-banded karyotype in the *Scilla bohenackeri* Group, *S. Persica* and *Puschkinia* (Liliaceae), *Plant Systematics and Evolution*, 126, 149-188, 1976.
24. Venora, G., et al., Chromatin organisation and computer aided karyotyping of *Triticum durum* Desf. cv *Timilia*, *Caryologia*, 55, 91-98, 2002.
25. Zarco, C. R., A new method for estimating karyotype asymmetry, *Taxon*, 35, 526-530, 1986.
26. Lavania, U. C., Srivastava, S., Quantitative delineation of karyotype variation in *Papaver* as a measure of phylogenetic differentiation and origin, *Current Science*, 77, 429-435, 1999.
27. Watanabe, K., et al., Chromosomal evolution in the genus *Brachyscome* (Asteraceae, Astereae): Statistical tests regarding correlation between changes in karyotype and habit using phylogenetic information, *Journal of Plant Research*, 112, 145-161, 1999.

28. Paszko, B., A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry indices, *Plant Systematics and Evolution*, 258, 39-48, 2006.
29. Eroğlu, H. E., Which chromosomes are subtelocentric or acrocentric? A new karyotype symmetry/asymmetry index, *Caryologia*, 68, 239-245, 2015.
30. Guerra, M., et al., Neocentrics and holokinetics (holocentrics): chromosomes out of the centromeric rules, *Cytogenetic and Genome Research*, 129, 82-96, 2010.
31. Schrader, F., Notes on the mitotic behavior of long chromosomes, *Cytologia* 6(4), 422-430, 1935.
32. Melters, D. P., et al., Holocentric chromosomes: Convergent evolution, meiotic adaptations, and genomic analysis, *Chromosome Research*, 20(5), 579-593, 2012.
33. Hughes-Schrader, S., Schrader, F., The kinetochore of the hemiptera, *Chromosoma*, 12(1), 327-350, 1961.
34. Fuková, I., et al., Probing the W chromosome of the codling moth, *Cydia pomonella*, with sequences from microdissected sex chromatin, *Chromosoma*, 116(2), 135-145, 2007.
35. Doan, R. N., Paliulis, L. V., Micromanipulation reveals an X0–XX sex determining system in the orb-weaving spider *Neoscona arabesca* (Walckenaer), *Hereditas*, 146(4), 180-182, 2009.
36. Meraldi, P., et al., Phylogenetic and structural analysis of centromeric DNA and kinetochore proteins, *Genome Biology*, 7(3), R23, 2006.
37. Godward, M. B. E., Irradiation of Spirogyra chromosomes, *Heredity*, 8(2), 293, 1954.
38. Vaarama, A., Cytological observations of *Pleurozium schreberi*, with special reference to centromere evolution, *Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicae Fennicae Vanamo*, 28, 1-59, 1954.
39. Mughal, S., Godward, M. B. E., Kinetochore and microtubules in two members of Chlorophyceae, *Cladophora fracta* and *Spirogyra majuscula*, *Chromosoma*, 44(2), 213-229, 1973.
40. Kuta, E., Przywara, L., Hejmej, J., Karyotype variability in *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Acta biologica Cracoviensia / Series botanica*, 40, 75-84, 1998
41. Kuta, E., Przywara, L., Ilnicki, T., Heterochromatin in *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Acta biologica Cracoviensia / Series botanica*, 42, 55-59, 2000.
42. Luceño, M., Vanzela, A. L. L., Guerra, M., Cytotaxonomic studies in Brazilian *Rhynchospora* (Cyperaceae), a genus exhibiting holocentric chromosomes, *Canadian Journal of Botany*, 76(3), 440-449, 1998.

43. Kuta, E., et al., Chromosome and nuclear DNA study on *Luzula*-a genus with holokinetic chromosomes, *Genome*, 47(2), 246-256, 2004.
44. Nijalingappa, B. H. M., Cytological studies in *Scirpus* (Cyperaceae), *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Section B*, 80(3), 134-138, 1974.
45. Tanaka, T., Tanaka, T., Chromosome studies in *Chionographis* (Liliaceae): 1. On the holokinetic nature of chromosomes in *Chionographis japonica* Maxim, *Cytologia (Japan)*, 42(3-4), 753-763, 1977.
46. Pazy, B., Plitmann, U., Holocentric chromosome behaviour in *Cuscuta* (*Cuscutaceae*), *Plant Systematics and Evolution*, 191, 105-109, 1994.
47. Sheikh, S. A., Kondo, K., Differential Staining with Orcein, Giemsa, CMA, and DAPI for comparative chromosome study of 12 species of Australian *Drosera* (Droseraceae), *American Journal of Botany*, 82(10), 1278-1286, 1995.
48. Mutafova, T., Dimitrova, Y., Komandarev, S., The karyotype of four *Trichinella* species, *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 67, 115-120, 1982.
49. Spakulová, M., Králová, I., Cutillas, C., Studies on the karyotype and gametogenesis in *Trichuris muris*, *Journal of Helminthology*, 68(1), 67-72, 1994.
50. Procunier, W. S., Hirai, H., The chromosomes of *Onchocerca volvulus*, *Parasitology Today*, 2(11), 307-309, 1986.
51. Hirai, H., et al., Chromosomes of *Onchocerca volvulus* (Spirurida: Onchocercidae): a comparative study between Nigeria and Guatemala, *Journal of Helminthology*, 61(1), 43-46, 1987.
52. Hughes-Schrader, S., Ris, H., The diffuse spindle attachment of coccids, verified by the mitotic behavior of induced chromosome fragments, *Journal of Experimental Zoology*, 87(3), 429-456, 1941.
53. Grimaldi, D., Engel, M. S., *Evolution of the Insects*, Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
54. Regier, J. C., et al., Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences, *Nature*, 463(7284), 1079-1083, 2010.
55. Desai, R. N., Monocentric nature of the chromosomes of *Ranatra* (heteroptera) verified by the induced fragmentation experiments, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 25(11), 1170-1171, 1969.
56. Desai, R. N., Deshpande, S. B., Centromere nature of the chromosomes of *Ranatra* (Heteroptera), *Cellular and Molecular Life Sciences*, 25(4), 386-387, 1969.

57. Oliver, J. H., Cytogenetics of ticks (Acari: Ixodoidea). 8. Chromosomes of six species of Egyptian Hyalomma (Ixodidae), *The Journal of Parasitology*, 58(3), 611-613, 1972.
58. Oliver, J. H., Tanaka, K., Sawada, M., Cytogenetics of ticks (Acari: Ixodoidea). 14. Chromosomes of nine species of Asian haemaphysalines, *Chromosoma*, 45, 445-456, 1974.
59. Paliulis, L. V., Nicklas, R. B., Micromanipulation of chromosomes reveals that cohesion release during cell division is gradual and does not require tension, *Current Biology*, 14 (23), 2124-2129, 2004.
60. Paliulis, L. V., Nicklas, R. B., Kinetochore rearrangement in meiosis II requires attachment to the spindle, *Chromosoma*, 113(8), 440-446, 2005.
61. Stimpson, K. M., Sullivan, B. A., Epigenomics of centromere assembly and function, *Current Opinion in Cell Biology*, 22(6), 772-780, 2010.
62. Imai, H. T., et al., Modes of spontaneous chromosomal mutation and karyotype evolution in ants with reference to the minimum interaction hypothesis, *The Japanese Journal of Genetics*, 63(2), 159-185, 1988.
63. Gokhman, V. E., Quicke, D. L. J., The last twenty years of parasitic Hymenoptera karyology: An update and phylogenetic implications, *Journal of Hymenoptera Research*, 4, 41-63, 1995.
64. Norton, R. A., et al., "Phylogenetic Perspectives on Genetic Systems and Reproductive Odes of Mites, 8-99". In: *Evolution and Diversity of Sex Ratio in Insects and Mites* (Eds. D. Wrensch & M. A. Ebbert). Chapman & Hall, New York, USA, 634 pp, 1993.
65. Heethoff, M., Bergmann, P., Norton, R. A., Karyology and sex determination of oribatid mites, *Acarologia*, 46(1-2), 127-131, 2006.
66. Oliver, J. H., Cytogenetics of mites and ticks, *Annual Review of Entomology*, 22, 407-429, 1977.
67. Eroğlu, H. E., Per, S., Karyotype analysis of *Zygoribatula cognata* (Oudemans) (Acari: Oribatida: Oribatulidae), *Turkish Journal of Entomology*, 40 (1), 33-38, 2016.
68. Wrensch, D. L., Kethley, J. B., Norton, R. A., "Cytogenetics of Holokinetic Chromosomes and Inverted Meiosis: Keys to the Evolutionary Success of Mites, with Generalization on Eukaryotes, 282-343". In: *Mites: Ecological and Evolutionary Analyses of Life-History Patterns* (Ed. M. A. Houck). Chapman & Hall, New York, USA, 357 pp, 1994.
69. White, M. J. D., *Animal Cytology and Evolution*. Cambridge University Press, London, UK, 468 pp, 1973.

70. North, D. T., Radiation-Induced male sterility exhibited in the P1 and F1 generations in Lepidoptera, *Radiation Research*, 31, 615, 1967.
71. Lachange, L. E., "The Induction Dominant Lethal Mutation in Insects by Ionizing Radiation and Chemicals-as Related to the Steril-Male Technique of Insect Control, 617-650". In: *Genetic of Insect Vectors of Diseases* (Eds. J. W. Wright & R. Pal), Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 794 pp, 1967.
72. Behan-Pelletier, V. M., Sexual dimorphism in Autogneta, with description of three new species from North America and new diagnosis of the genus (Acari, Oribatida, Autognetidae), *Zootaxa*, 3946 (1), 55-78, 2015.
73. Chang, M. S., Asem, A., Sun, S. C., The incidence of rare males in seven parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) populations, *Turkish Journal of Zoology*, 41, 138-143, 2017.

## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İskenderun'da dünyaya gelen Nisa Gümüş ilköğretim, ortaokul ve lise öğrenimini İskenderun Demirçelik İlköğretim Okulu, İbni Sina Anadolu Lisesi, İskenderun Demir-Çelik Anadolu Lisesi, Ankara Kurtuluş İlk Öğretim Okulu, Ankara Kurtuluş Lisesi ve Osmaniye Çukurova Lisesi gibi farklı okullara devam ederek tamamladı. 2004-2006 yılları arasında Fatih Üniversitesi Ankara-Ostim yerleşkesinde bulunan Sağlık Meslek Yüksekokulunda Tıbbi Laboratuvar bölümüne devam ederek bu programı bitirmeye hak kazandı. Daha sonra 2007 yılında Dumlupınar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünü dikey geçiş sınavıyla kazandı. Buradaki eğitimini özel nedenlerden dolayı bırakmak zorunda kaldı. Ayrıca Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme bölümünü 2013 yılında tamamlayarak mezun oldu. Daha sonra 2015 yılında lisans tamamlama ile yerleştiği Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünü, 2017 yılında bitirerek mezun oldu. 2017 itibarıyla Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı ve "Bazı Oribatid Akar Türlerinin Kromozom Sayılarının Belirlenmesi" adlı Yüksek Lisans Tezine, Doç. Dr. H. Erhan EROĞLU yönetiminde devam etti.

2009-2011 yılları arasında Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesinde, 2011 yılından sonra ise Yozgat Halk Sağlığı Laboratuvarı, Yozgat Kadın ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi, Yozgat Şehir Hastanesi ve Yozgat İl Sağlık Müdürlüğü gibi Sağlık Bakanlığına bağlı bazı birimlerde çalıştı. Hali hazırda kamudaki görevine devam eden Nisa GÜMÜŞ, evli ve iki çocuk annesidir.

### **İletişim Bilgileri:**

Adres: Karatepe mah. Dr. Sadık Ahmet cad. Palmira evleri sitesi, B Blok No: 12,

Merkez-Yozgat

e-posta: gumusnisa548@gmail.com