

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***Zelotes metellus* (ROEWER, 1928) (ARANEAE:
GNAPHOSIDAE) TÜRÜNÜN SİTOGENETİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tezi Hazırlayan
Eren KAHYAOĞLU**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK**

**Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Eylül 2022
NEVŞEHİR**

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***Zelotes metellus* (ROEWER, 1928) (ARANEAE:
GNAPHOSIDAE) TÜRÜNÜN SİTOGENETİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tezi Hazırlayan
Eren KAHYAOĞLU**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK**

**Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Eylül 2022
NEVŞEHİR**

Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK danışmanlığında Eren KAHYAOĞLU tarafından hazırlanan "*Zelotes metellus* (ROEWER, 1928) (ARANEAE: GNAPHOSIDAE) TÜRÜNÜN SİTOGENETİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

.../.../20...

JÜRİ

Başkan :

Üye :

Üye :

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun.....tarih ve..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.../.../20...

Prof. Dr. Şahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Eren KAHYAOĞLU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince desteğini esirgemeyen, tez çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK'a, desteklerinden ve yardımlarından dolayı değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ümit KUMBIÇAK'a, laboratuvar çalışmaları boyunca yardımlarını esirgemeyen doktora öğrencileri Şeyma CİVAN ve Hatice POYRAZ'a, en çokta sevgili anneme ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eren KAHYAOĞLU

Zelotes metellus (ROEWER, 1928) (ARANEAE: GNAPHOSIDAE) TÜRÜNÜN
SİTOGENETİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Eren KAHYAOĞLU

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

Eylül 2022

ÖZET

Bu çalışmada Gnaphosidae familyasında bulunan *Zelotes metellus* türüne ait bir örümceğin, kromozom sayısı, kromozom morfolojisi, karyolojik özellikleri, eşey kromozom sistemi ve mayoz bölünme süresince ortaya çıkan kromozom davranışları ilk defa araştırılmıştır. Çalışmada ergin erkek örümcekler kullanılmıştır. Yapılan hipotonik uygulama, fiksasyon, yayma ve boyama gibi sıralı işlemlerle mitotik ve mayotik kromozomlar ortaya çıkarılmıştır. Türe ait karyotip özellikleri $2n♂=22$, X_1X_20 şeklinde bulunmuştur. Kromozomların morfolojisi telosentrik tiptedir. Ayrıca kromozom uzunlukları kademeli bir biçimde azalış göstermektedir. Bivalent yapılar diploten evresinin başlangıcında oluşmaya başlamıştır. 10 otozomal bivalent ve 2 eşey kromozomu gözlenmiştir. Bu evrede bivalentler genellikle tek kiyazma oluşumu göstermiştir. Eşey kromozomları mayoz I evresinde pozitif heteropiknotik özellik göstererek çekirdeğin yüzeyine doğru hareket etmiş ve vezikül halini almıştır. Mayoz II evresinde ise eşey kromozomları izopiknotik karakter gösterdikleri için otozomal kromozomlardan ayırt edilememiştir. Karyotip ve mayoz bölünme özellikleri Gnaphosidae familyasının karakteristik özellikleri ile uyumlu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: sitogenetik, kromozom, karyotip, örümcek

Tez Danışman: Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK

Sayfa Adeti: 43

INVESTIGATION OF CYTOGENETIC PROPERTIES OF THE *Zelotes metellus* (ROEWER, 1928) (ARANEAE: GNAPHOSIDAE)

(M. Sc. Thesis)

Eren KAHYAOĞLU

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

September 2022

ABSTRACT

In this study, *Zelotes metellus* belonging to the spider family Gnaphosidae were investigated by chromosome number, chromosome morphology, karyologic characteristics, chromosome behaviour during meiosis and sex chromosome system for the first time. Adult male spiders were used in the study. Mitotic and meiotic chromosomes were revealed by sequential processes such as hypotonic application, fixation and staining. The karyotype characteristics of the species were found as $2n♂=22, X_1X_20$. The morphology of chromosomes is of the telocentric type. In addition, chromosome lengths show a gradual decrease. Bivalent structures began to form at the beginning of the diplotene stage. 10 autosomal bivalent and 2 sex chromosomes have been observed. At this stage, bivalents usually showed the formation of a single chiasm. The sex chromosomes showed positive heteropicnotic properties in the meiosis I stage and moved to the surface of the nucleus and became vesicles. In the meiosis II stage, the sex chromosomes could not be distinguished from the autosomal chromosomes because they show isopicnotic character. The karyotype and meiosis characteristics were found to be compatible with the characteristic features of the Gnaphosidae family.

Keywords: cytogenetic, chromosome, karyotype, spider

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK

Page Number: 43

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİM SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TABLOLAR LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
RESİMLER LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2	
GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Sitogenetik ile İlgili Bilgiler.....	3
2.1.1. Kromozomlar	3
2.1.2. Kromozom morfolojisi.....	6
2.1.3. Karyotip.....	7
2.2. Hücre Bölünmesi.....	8
2.2.1. Hücre döngüsü.....	8
2.2.2. Mitoz bölünme	9
2.2.2.1. Profaz	9
2.2.2.2. Prometafaz ve Metafaz.....	10
2.2.2.3. Anafaz	10
2.2.2.4. Telofaz.....	10

2.2.2.5.	Sitokinez.....	10
2.2.3.	Mayoz bölünme.....	11
2.2.3.1.	Mayoz I.....	11
2.2.3.1.1.	Profaz I.....	12
2.2.3.1.2.	Prometafaz I ve Metafaz I.....	13
2.2.3.1.3.	Anafaz I.....	13
2.2.3.1.4.	Telofaz I ve Sitokinez.....	13
2.2.3.2.	Mayoz II.....	14
2.3.	Örümceklerin Genel Özellikleri.....	15
2.3.1.	Gnaphosidae familyasının genel özellikleri.....	19
BÖLÜM 3		
KAYNAK ÖZETLERİ.....		21
BÖLÜM 4		
MATERYAL VE METOT.....		23
4.1.	Materyal Bölümü.....	23
4.1.1.	Örümceklerin elde edilmesi.....	23
4.1.2.	Ön çalışma safhası.....	24
4.1.2.1.	Lamların hazırlanması.....	24
4.1.2.2.	Çözeltilerin hazırlanması.....	24
4.2.	Metot... ..	25
4.3.	Preparatların İncelenmesi.....	25
BÖLÜM 5		
BULGULAR.....		27
5.1.	Eşey Kromozom Sistemi ve Karyotip.....	27
5.2.	Bazı Mitotik ve Mayotik Evrelerin İncelenmesi.....	28

BÖLÜM 6

TARTIŞMA VE SONUÇ.....35

KAYNAKÇA..... 38



TABLULAR LİSTESİ

- Tablo 4. 1. *Zelotes metellus* (Roewer, 1928) örnek sayısı ve lokalite bilgileri..... 23
- Tablo 5. 1. *Zelotes metellus* türünün erkek bireylerinin kromozom uzunluğu ve morfolojisi (p-kısa kol,q-kısa kol,q/p kol oranı) 28



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1.	DNA'dan kromozomun oluşum aşamaları	3
Şekil 2. 2.	Nükleozom yapısı	4
Şekil 2. 3.	Solenoidin yapısı.....	5
Şekil 2. 4.	Ökromatin ve heterokromatin bölgeleri.....	6
Şekil 2. 5.	Sentromerin kromozomda bulunduğu bölgeye göre kromozomların sınıflandırılması	7
Şekil 2. 6.	Hücre döngüsü	9
Şekil 2. 7.	Mitoz bölünmenin aşamaları.....	11
Şekil 2. 8.	Mayoz I ve Mayoz II evrelerinin aşamaları.....	15
Şekil 2. 9.	Araneomorf bir örümceğin dorsal açıdan görünümü.....	19
Şekil 2. 10.	<i>Zelotes metellus</i> Roewer, 1928 (A:Erkek B:Dişi bireyi temsil etmektedir)	20
Şekil 5. 1.	<i>Zelotes metellus</i> 'a ait karyogramda 10 çift otozomal kromozom ve X ₁ X ₂ şeklindeki eşey kromozomları (Ölçüm=10 µm).....	27

RESİMLER LİSTESİ

Resim 5. 1. Mitotik metafaz $2n♂=22$	28
Resim 5. 2. Profaz I- leptoten evresi (Ok, eşey vezikülünü göstermektedir).....	29
Resim 5. 3. Profaz I- zigoten evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir).....	30
Resim 5. 4. Profaz I- pakiten (Ok, eşey vezikülünü göstermektedir)	30
Resim 5. 5. Profaz I- erken diploten evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)	31
Resim 5. 6. Profaz I- diploten evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)	31
Resim 5. 7. Mayoz bölünmenin metafaz I evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)	32
Resim 5. 8. Mayoz bölünmenin anafaz I evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)	33
Resim 5. 9. Mayoz bölünmenin anafaz II evresi.....	34

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

p	Kromozomda kısa kolu
q	Kromozomda uzun kolu
X	Eşey kromozomu
Y	Eşey kromozomu
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
♂	Erkek birey
♀	Dişi birey
n	Haploid kromozom sayısı
2n	Diploid kromozom sayısı
dk	Dakika
C°	Santigrat derece
g	Gram
%	Yüzdalık birim
mm	Milimetre
O	Oksijen
CO₂	Karbondioksit
H₂O	Su
N	Azot
SAT	Satellit
NaHCO₃	Sodyum bikarbonat
CaCl₂.2H₂O	Kalsiyum klorid dihidrat

KH₂PO₄ Potasyum dihidrojen fosfat

NaCl Sodyum klorür

KCl Potasyum klorür

Na₂HPO₄ Disodyum hidrojen fosfat

DNA Deoksiribonükleik asit

RNA Ribonükleik asit

M Fazı Mitotik evre

pH Çözeltideki bazlık veya asitlik derecesi

mL Mililitre

G₁ Hücre büyümesi evresi (1. büyüme)

G₂ Bölünmeye hazırlık evresi (2. büyüme)

G₀ Dinlenme evresi

S Sentez evresi

H1 Bağlayıcı histon

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yeryüzünde yaşayan çeşitli hayvanların birçoğunu örümceklerin de içinde bulunduğu Eklembacaklılar (Arthropoda) şubesi oluşturmaktadır. Örümcekler; doğada 132 familyada bulunmakta ve 4261 cins içinde toplam 50374 tür barındırmaktadır [1]. Örümcekler, opistosoma ve prosomanın pedisel ile birbirine bağlı bulunması, ağ bezi çıkıntılarının opistosoma bölgesinde yer alması ve erkeklerde üreme organının pedipalp adı verilen iki yapı üzerinde bulunması gibi bazı özellikleri ile diğer örümceğimsilerden kolaylıkla ayırt edilirler [2]. Aynı zamanda ekosistemde hem avcı hem de diğer canlılar için besin kaynağı olmalarından dolayı biyoçeşitliliğin tamamlayıcı bir unsuru olarak görülmektedirler. Tarımda birçok hayvan için önemli bitki türlerine zarar veren canlıların doğal avcılarından biri olup oldukça önemli bir ekolojik role sahiptirler. Uzun süre biyokimyasal (örümcek zehri ve ağ), davranışsal (ağ oluşturma ve kur yapma davranışları) ve ekolojik (yiycek arama, av-avcı ilişkileri, bağlı zararlı yönetimi) alanda önemli bir model organizma olarak kullanılmaktadır [3].

Örümcekler, karada en çok bulunan predatörlerden biridir ve avlarını yakalayabilmek için çeşitli zehirler üretilir, tuzaklar oluşturabilen ve çok iyi kamufle olabilen canlılardır. Böylece predatör olan örümceklerin savunması ve popülasyonlarının doğal olarak bulunduğu ortamda devamlılığının sağlanması pozitif yönde bir gelişim olarak görülmektedir [4]. Ayrıca örümcekler, çöl bölgeleri ve Kuzey Kutup Adaları da dâhil olmak üzere dünyanın birçok farklı bölgesinde görülmektedir [5]. Bitki ekosistemi açısından verimli bölgelerde daha fazla bulunan örümcekler; dağ tepeleri, gelgit alanları ve kum tepecikleri gibi bitki ekosisteminin az verimli olduğu ekstrem ortamlarda da hayatta kalabilmektedir [5,6].

Örümcekler: Araneomorf, Mesothelae ve Mygalomorf olmak üzere üç ana monofiletik kökene dallanmaktadır. Karyolojik araştırmalar tür miktarının çok fazla olması nedeniyle, entelejin ve haplojin şeklinde iki alt sınıfta incelenen Araneomorf örümcekler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu örümceklerde diploid kromozom sayısı $2n♂=5$

(*Afrilobus* sp.) -152 (*Caponia natalensis* (O. Pickard-Cambridge, 1874) arasında değişkenlik gösterir. Örümcek türlerinden oluşturulan karyotiplerle, eşey kromozom sisteminin çoklu olması baskınlığı gösterir. Ayrıca örümceklerle yapılan sitogenetik araştırmaların büyük bir kısmında $X_1X_2♂/ X_1X_1X_2X_2♀$ şeklinde eşey kromozom sistemi gözlenir. Bu sistem örümceklerde de çoğunlukla entelejin grubunda görülmektedir. Örümceklerin eşey kromozomlarında X_0 'dan başlayıp $X_1X_2X_3...X_{13}$ 'e (*Macrothele gigas* Shimojana & Haupt, 1998) kadar değişebilen oldukça geniş çeşitlilikte eşey sistemi görülmektedir [7,8].

Sınıflandırma çalışmalarında morfolojik karakterlerin yanı sıra karyolojik karakterler de önem taşımaktadır. Bitki örtüsü, yükseklik, toprak ve iklim yapısındaki değişkenlikler, örümceklerin morfolojilerinde de değişikliklere neden olabilmektedir. Fakat bu değişikliklerden genetik yapı oldukça az bir olasılıkla etkilendiğinden sınıflandırma içinde karyolojik karakterler, sistematiklerinin belirlenmesinde önemli bilgiler ortaya koymaktadır [8].

Sitogenetik alanındaki çalışmalar, bir türün kromozomlarının belirlenmesinde diğer türler arasındaki benzerliklerinin ya da tür içinde kromozom farklılıklarının incelenmesinde kullanılabilir. Yapılan araştırmalarda sitolojik olarak kullanılan özelliklerden ilki; kromozom sayısı, kromozom uzunluğu, kromozom morfolojisi, sentromerin kromozomdaki konumu, kromozom kollarının birbirine oranı, ikincil boğumlarının konumu ve oluşan satellitlerin bulunduğu konum gibi bilgilerden oluşmaktadır [9].

Bu çalışmada Gnaphosidae familyasının bir üyesi olan entelejin örümceklerden *Zelotes metellus* 'un (Roewer, 1928) kromozomal özelliklerinin araştırılması hedeflenmiştir. Kromozomal özellikler arasında türe ait diploid sayı, eşey kromozom sistemi, mayoz bölünme özellikleri ve kromozom davranışları değerlendirilmiştir. Böylece elde edilen verilerin sitogenetik veri tabanına katkı sağlaması amaçlanmıştır.

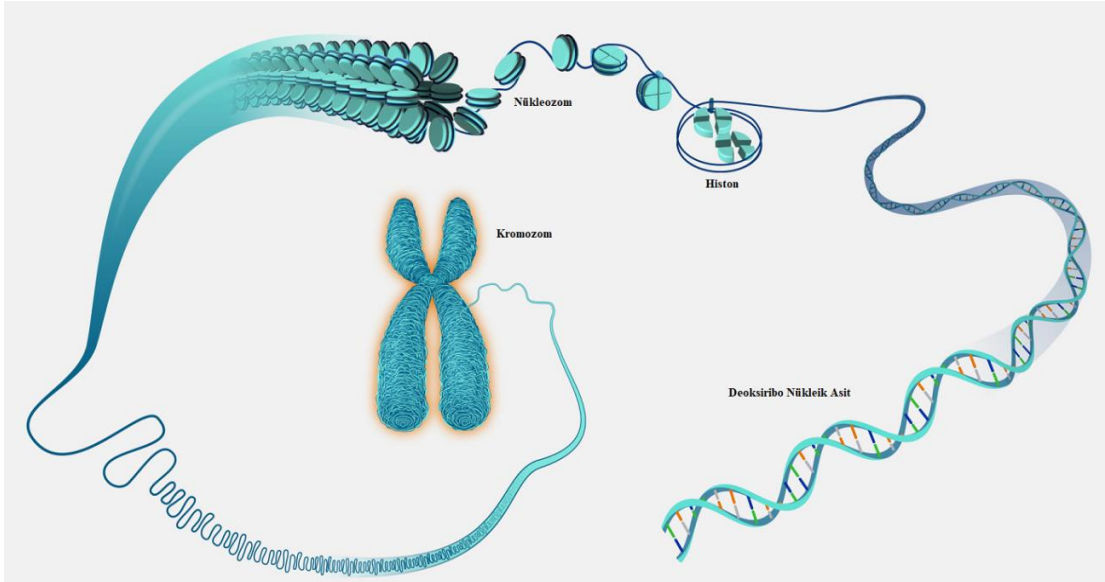
BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. Sitogenetik ile İlgili Bilgiler

2.1.1. Kromozomlar

Her canlı organizma genetik materyal olarak adlandırılan bir maddeye sahiptir ve bir organizmanın nasıl geliştiğini belirleyen bu genetik materyal Deoksiribonükleik Asit (DNA) 'ten oluşmuştur. DNA gen adı verilen, özel bölgeler bulunduran sarmal bir yapıya sahiptir. Genlerin ifadesi sonucu oluşan ürünler, hücrelerin metabolik olaylarını yönetir [10]. Bir canlının DNA'sı, gen dizilimleriyle birlikte kromozom olarak adlandırılan yapılar şeklinde paketlenmiştir. Ayrıca kromozom hücre içerisinde oluşan ve hücrenin genetik materyalini içeren bir yapıdır. Kromozom terimi ilk olarak 1888 yılında Waldeyer tarafından ortaya atılmış ve 19. Yüzyılda Alman Botanikçi Wilhelm Hofmeister, *Tradescantia Ruppis* ex. L. cinsi bir bitkinin polenlerinde keşfedilmiştir (Şekil 2.1.) [11].

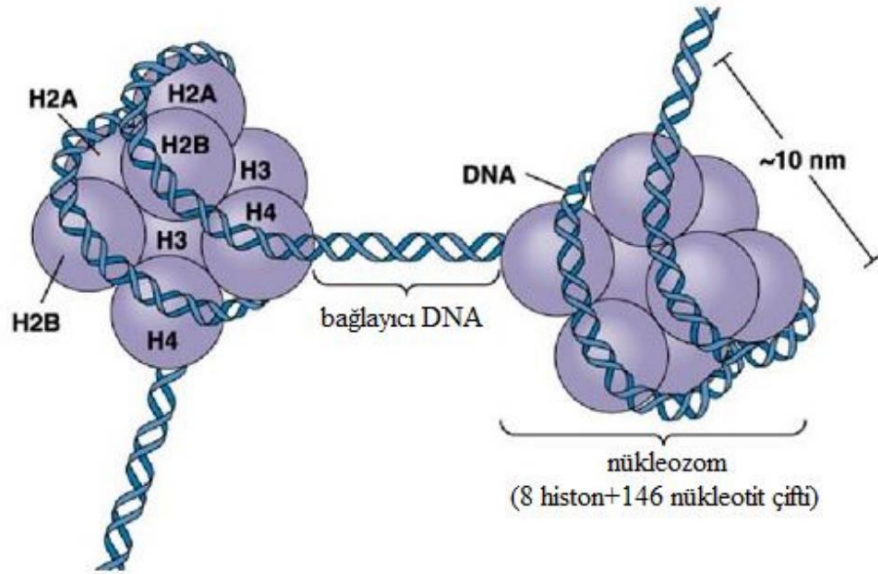


Şekil 2. 1. DNA'dan kromozomun oluşum aşamaları [12]

Kromozomlar, genetik bilgilerin aktarılmasında bir araç olarak kullanılır. Hücrelerin bir neslinden diğer nesle ve organizmalardan ileri kuşaklara olan kromozom aktarımı, doğrulukla sağlanmalıdır. Kromozomlarda olan herhangi bir değişim organizma üzerinden devam edecek olan yeni soya aktarılabilir [10].

Ökaryotik kromozomlar uzun doğrusal bir yapıya sahip olan DNA molekülü bulundurduğu için ökaryotik çekirdek içerisine paketlenmek zorundadır. Kromatin terimi ökaryotik kromozom yapısını oluşturan yüksek seviye düzene sahip DNA-Protein kompleksine denir. Kromatin yapısı DNA paketlenmesine yardım ederek düzenli bir şekilde katlanmasını sağlar [13].

Kromozomun yapıtaşı olan nükleozomlar, DNA iplikçiklerinin histonlara sarılarak oluşturduğu makromolekül kompleksidir. Kromatin üzerinde bulunan nükleozomlar düzenli bir sırada bulunur. Nükleozomları oluşturan 5 temel histon proteini vardır. Bunlar: H1, H2A, H2B, H3 ve H4 olarak adlandırılır. Bu histonlar küçük bazik aminoasitlerce zengin olup, DNA'daki negatif yüklü fosfat gruplarıyla etkileşime girmektedir (Şekil 2.2.) [14,15].

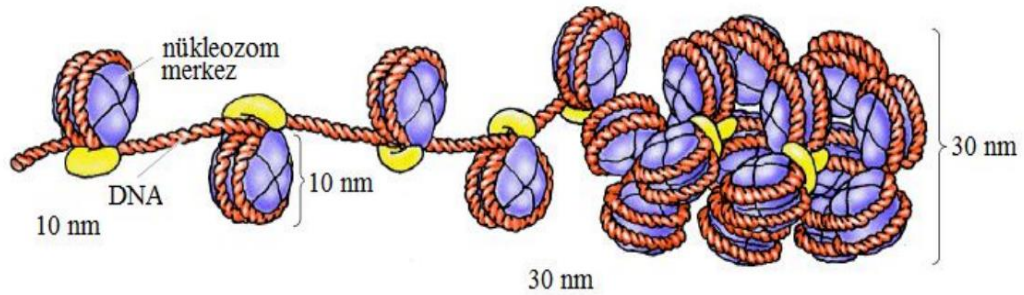


Şekil 2. 2. Nükleozom yapısı [16]

Nükleozomlar arasındaki bağlayıcı olan DNA'nın uzunluğu türler arasında farklılık göstermekle birlikte insanlardaki bu uzunluk nükleozomdaki uzunluk başına toplamda yaklaşık 200 baz çifti DNA kadardır. Kromatinin içerisindeki DNA'nın paketlenmesi temel aşamayı oluşturmaktadır. H1 histon proteini bu paketleme aşamasında büyük rol oynamaktadır [17].

Kromatin organizasyonunun temel yapısını oluşturan solenoid, nükleozom dizilerinin helikal kompakt bir yapıya dönüşmesiyle sekonder kromatin yapısını oluşturmaktadır. Her bir solenoidin dönüşümü 6 nükleozomdan oluşur. Ayrıca solenoidler domainler şeklinde ve looplar halinde 10-100 kb'lık nonhiston proteinleri olan matrikse tutunurlar. Bu loopların ayrıca gen transkripsiyonu ve DNA replikasyonunda önemli fonksiyonel görevleri olduğu düşünülmektedir. Bu loopların daha da kalınlaşmış hali olan ve mikroskopta erken profaz evresinde görülebilen kromomer yapısına dönüşür. (Şekil 2.3.) [18].

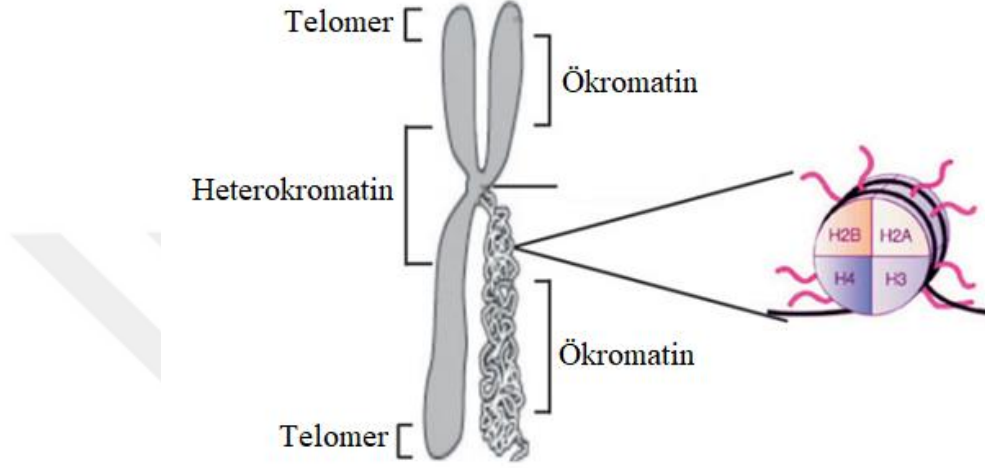
Bir hücrede kromozomlar kromomerlerden oluşan, belirgin olmayan kromatin iplikçik şeklindedir. Profaz evresinden başlayarak zamanla katlanıp yoğunlaşan kromatin ağ son halinde ait olduğu canlıya özgü bir şekle ve sayıya ulaşır [34].



Şekil 2. 3. Solenoidin yapısı [19]

Hücresinin yaşam döngüsü sürecinde kromatin yoğunlaşmasının seviyesi değişkenlik gösterir ve gen ifadesinde doğrudan rol oynar. İnterfaz evresindeki bölünmeyen hücrelerde kromatin genelde az yoğun durumda çekirdek içinde dağılarak konumlanmıştır. Bu kromatine ökromatin denir. Ökromatin bölgelerde hücre

döngüsünün interfaz evresinde gen ekspresyonu ve DNA replikasyonu gerçekleşir. Aktif olarak ekspresyonu yapılan genler, DNA'yı transkripsiyon mekanizmalarına daha açık ve kolay hale getiren az yoğunlaşmış bölgelerdir. Ökromatinin tersi olarak heterokromatin, interfaz kromatininin %10'a yakın kısmı mitoz giren hücrelerin kromatiniyle benzerlik göstererek yoğunlaşmış bir durumdadır (Şekil 2.4.) [20].



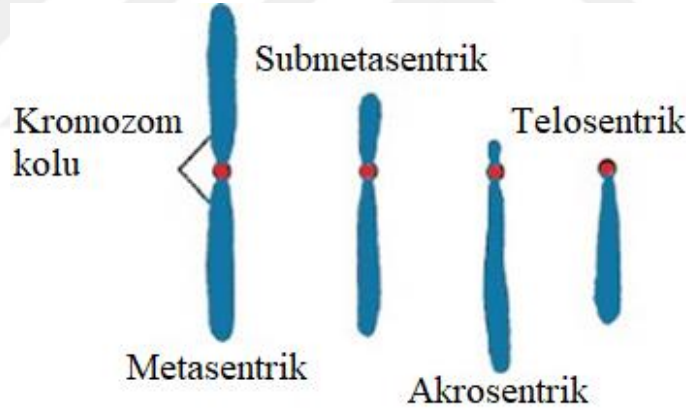
Şekil 2. 4. Ökromatin ve heterokromatin bölgeleri [21]

2.1.2. Kromozom morfolojisi

Hücreler mitoz bölünme gerçekleştirirken kromozomları oldukça yoğun bir hal alır ve böylece yavru hücrelere aktarılabilirler. Hücre bölünmesi sırasında kromozomlar kromatin ipliklerinin düzenli bir şekilde yoğunlaşmasıyla birlikte en iyi metafaz ve anafaz evresinde görülebilmektedir. Sentromer, eşlenmiş kromozomların mitoz bölünme sırasında yavru hücrelere eşit miktarda dağılımında önemli rolü olan özelleşmiş bir kromozom bölgesidir. Sentromerler kardeş kromatitlerin bir araya gelmesi ve iğ ipliklerinin bağlanma bölgesi olarak görev yaparlar. Sentromer bölgesi ile ilgili proteinler kinetokor denilen özelleşmiş yapılar oluşturmaktadır. İğ ipliklerinin kinetokor bölgelere bağlanması ve kromozomların iğ ipliklerine bağlanmasına yardımcı olurlar. Kinetokorlarla ilgili proteinler daha sonra kromozomların iğ iplikçikleri boyunca hareketini ve kromozomların eşit nükleuslara bölünmesini sağlayan “moleküler motorlar” olarak görev yapmaktadırlar. Kardeş kromatitler sentromerler aracılığıyla birbirine tutunurlar. Bu sebeple kromozomların hem uzun

hem de kısa kolu vardır. Kısa kol (p), uzun kol (q) sembolü ile gösterilir. Sentromerin kromozom üzerindeki yeri, kromozomdan kromozoma değişmekle beraber ona diğer kromozomlardan farklı bir görünüm sağlamaktadır. Sentromerin kromozom üzerinde bulunduğu bölgeye kromozomlar 4 alt sınıfa ayrılırlar:

- Metasentrik kromozomlar: Sentromerin pozisyonu kromozomun merkezine yakındır, p ve q kolu uzunluğunun oranı 1'e yakındır.
- Submetasentrik kromozomlar: Sentromer kromozomun merkezinden uzak bir konumdadır, p ve q kolu uzunluğunun oranı değişkenlik gösterir.
- Akrosentrik kromozomlar: Sentromerin konumu kromozomun ucuna yakındır, p ve q kolu uzunluğunun oranı değişkenlik gösterir.
- Telosentrik kromozomlar: Sentromer kromozomun en ucunda bulunur. Kromozomun tek kolu bulunur. (p veya q) Bu şekildeki kromozomlar insanlar hariç diğer canlılarda yaygın olarak bulunur (Şekil 2.5.) [20,22,23].



Şekil 2. 5. Sentromerin kromozomda bulunduğu bölgeye göre kromozomların sınıflandırılması [24]

2.1.3. Karyotip

Hücrede bulunan kromozomların homolog çiftler halinde eşlendikten sonra belli bir düzene göre sıralanmasına karyotip denir. Her canlının kromozom şekli, sayısı ve büyüklüğü onun karyotipini gösterir. Karyotipten yararlanılarak farklı türlerin kromozom haritaları oluşturulabilmektedir [52].

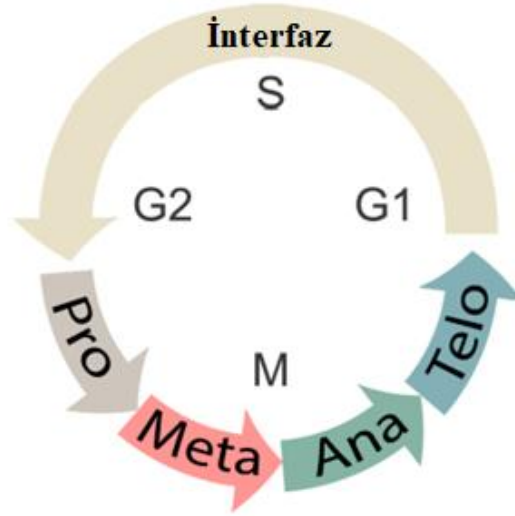
Mitozun metafaz evresinde iki kromatitli kromozomlar mikroskopta incelenerek karyotip oluşturulur. Metafaz evresine giren kromozomlar Giemsa ile boyandıktan sonra mikroskop altında fotoğraflanır. Homolog kromozom çiftleri kromozom uzunluğu, sentromerin konumu ve bant durumuna göre tespit edilir. Hücredeki otozom ve gonozom kromozomların haritası çıkarılır. Giemsa boyası ile boyanan karyotipte kromozomda parça kopması, parça ilavesi veya kromozomlardaki değişimler net bir şekilde tespit edilir [25].

2.2. Hücre Bölünmesi

Ökaryot hücreli canlılarda temel olarak iki farklı hücre bölünmesi gerçekleşir. Bunlardan ilki mitoz, ikincisi mayoz bölünmedir. Çok hücreli canlı hücrelerin büyüüp gelişmesi, kendi yapı taşı oluşturulan hücrelerin bölünmesi ve büyümesine bağlıdır. Eşeyli üreme sırasında iki eşey hücrenin birleşmesi ile oluşan zigot art arda bölünme gerçekleştirerek yeni bir organizmayı oluşturur. Mitoz bölünme geçiren hücreler (prokaryot hücreler hariç) somatik hücrelerdir. Mayoz bölünme geçiren hücreler ise eşeyli üreyen canlılardaki eşey hücreleridir [26].

2.2.1. Hücre döngüsü

Prokaryotların aksine ökaryotik hücrelerde DNA sentezi sürekli gerçekleşmez. Hücre bölünmesi başlamadan sentez işlemi tamamlanır. Bütün hücreler yaşamlarının büyük bir kısmını interfazda geçirirler. İnterfaz, hücre döngüsünde birçok işlem bulunduran önemli bir evredir. G1, S, G2 ve M fazlarından oluşur. M fazı, çoğunlukla sitokinez ile devam eden mitozdur. Bu evreyi, mitoz ile DNA sentezinin başlaması arasındaki süreyi oluşturan G1 fazı takip eder. Hücre G1 fazı boyunca metabolik aktiflik gösterir ve DNA sentezi olmadan sürekli büyür. G1 fazını ise DNA sentezinin yer aldığı S fazı takip eder. G2 fazında ise DNA sentezi tamamlanır, hücre büyümesi devam eder ve mitoz hazırlık için proteinler sentezlenir (Şekil 2.6.) [20].



Şekil 2. 6. Hücre döngüsü [28]

2.2.2. Mitoz bölünme

Mitoz bölünmede kendilerini eşlemiş olan kromozomlar yavru hücelere eşit miktarda dağıtılır. Mitoz kesintisiz olarak devam eden bir işlemdir. Bu bölünme: Profaz, prometafaz, metafaz, anafaz, telofaz ve sitokinez evrelerinden oluşur (Şekil 2.7.) [14].

2.2.2.1. Profaz

Profaz evresi kendi içerisinde birden fazla işlemi olan bir evredir. Profazın sonuna doğru kardeş kromatitler kromozom şeklinde görülmeye başlar. Önceden eşlenmiş olan ve çift halinde bulunan sentrioller çekirdekten zıt kutuplara doğru hareket etmeye başlarlar. İğ iplikçiklerinin oluşumu tamamlanır. Profaz evresinin sonuna doğru çekirdek zarı ve çekirdekçik erir. Oluşan iğ iplikleri çekirdeğe doğru uzanır. Kromozomların sentromer bölgesinin iki tarafında bulunan kinetokor yapısı oluşur [29].

2.2.2.2. Prometafaz ve Metafaz

Çekirdek zarının erimesi prometafazın başladığını gösterir. İğ mikrotübülleri sentromerdeki kinetokorlara bağlanır ve kromatitleri zıt kutuba doğru çekerler. İğ mikrotübülleri uygun bir şekilde kinetokorlara bağlandıktan sonra kohezini proteini, separaz adı verilen bir enzim tarafından yıkıma uğrar. Kardeş kromatit kolları, sentromer bölgesi dışında birbirinden ayrılır. Shugoshin olarak adlandırılan bir protein ailesi kohezini sentromer bölgede koruyarak yıkımını engeller. Kromatitlerin hücrenin ekvator düzleminde dizilmesiyle ise metafaz evresinin başladığı görülür. Dizilmiş kromatitler metafaz plağını oluşturur. Kromozomların karyotipinin oluşturulabilmesi için hücrelerin metafaz evresinde olması gerekir [10,27].

2.2.2.3. Anafaz

Anafaz evresi her bir kromozomun kardeş kromatitleri ayrıldığında başlar. Kromatitlerin her biri artık kromozom olarak adlandırılır. İğ iplikleri kısaldıkça kromozomlar hücrenin zıt kutuplarına doğru hareket etmeye başlarlar. Bununla birlikte kromozomlara bağlanmamış iğ iplikleri kutuplara doğru uzayarak kutupları uzaklaştırır. Bu durum hücrenin uzamasına sağlar [30].

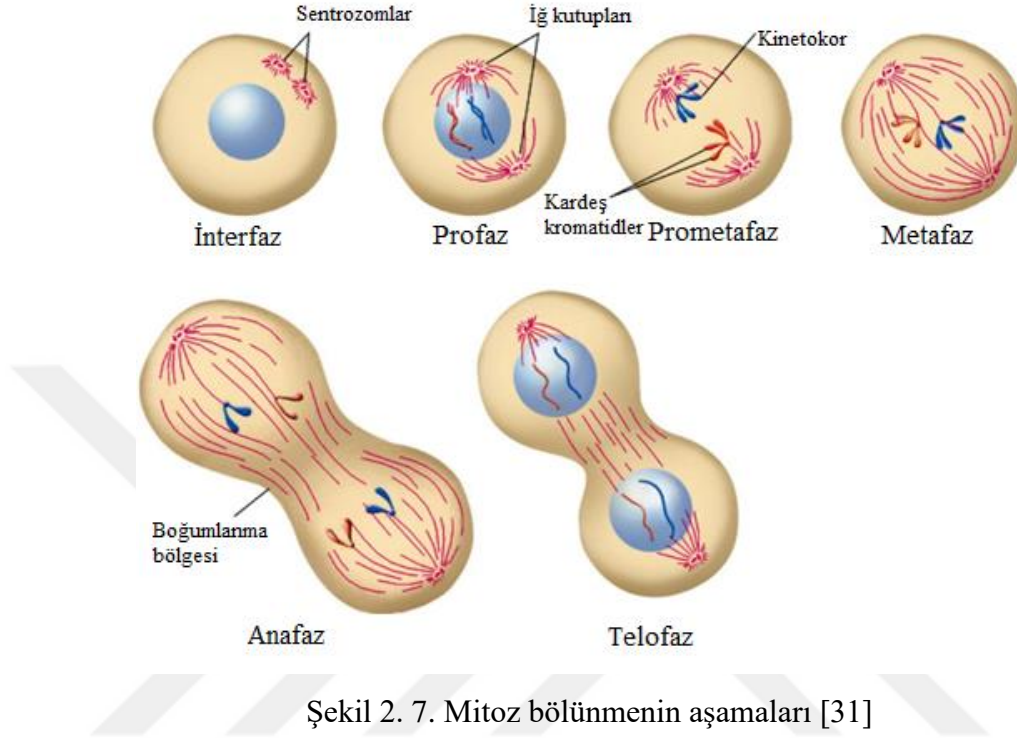
2.2.2.4. Telofaz

Telofaz evresinde gerçekleşen olaylar profazdaki olayların tersidir. Kromozomların spiralleri çözülür, boyları uzar ve kalınlıkları azalır. Kutuplarda kromozomun etrafında nükleus zarı, nükleolus yapıcı bölgelerden ise nükleolus oluşur. Nükleusun oluşması ile mitozun karyokinez bölünmesi tamamlanmış olur [26].

2.2.2.5. Sitokinez

Sitoplazma bölünmesi hayvan hücrelerinde boğumlanma ile gerçekleşir. Bu olay genelde anafaz sonlarına doğru başlar. Hücrenin ekvator bölgesine paralel biçimde konumlanan hücre zarı, aktin ve miyozin filamentlerden oluşan kontraktıl halka

yapılarının etkisiyle ayrışma oluğu oluşturur. Ayrışma oluğu zamanla iyice daralıp birleşerek iki yeni hücrenin oluşmasını sağlar [22].



2.2.3. Mayoz bۆlünme

Mayoz bۆlünme, kromozom sayısını yarıya indirerek haploid yavru hücrelerin oluşmasını sağlayan özelleşmiş bir hücre bۆlünmesidir. Çok hücreli canlılarda mayoz bۆlünme eşeyli üremenin gerçekteşmesi için üreme hücrelerinde meydana gelir. Somatik hücreler mitoz bۆlünme ile üreme hücreleri mayoz bۆlünme ile oluşur. Yeni yavru dۆllerin oluşumu mayoz bۆlünme sonucu oluşan haploid hücrelerin birleşmesiyle ortaya çıkar (Şekil 2.8.) [20].

2.2.3.1. Mayoz I

Mayoz bۆlünmenin ilk aşaması olan mayoz I; profaz I, prometafaz I, metafaz I, anafaz I, ve telofaz I evrelerinden oluşur. Bu evreler mitozdaki evreleri içermektedir. Fakat

mayoz I'in başlarında kromozomların davranışları mitoz bölünmeden oldukça farklıdır [17].

2.2.3.1.1. Profaz I

Profaz I sırasında, homolog kromozomlar kısalıp kalınlaşır ve crossing over yaparak genetik çeşitliliği sağlarlar. Her bir kromozom iki kromatitli yapıya sahip olmasından dolayı oluşan homolog kromozom yapıya dörtlü yapı (tetrat) adı verilir. Bu evre leptoten, zigoten, pakiten, diploten ve diakinez olarak adlandırılan alt evrelere ayrılır [25,32].

Leptoten: Kromatin materyali interfazda yoğunlaşmaya başlar. Kromozomlar, çekirdekte yayılmış halde bulunmalarına rağmen görünür hale gelirler. Her bir kromozom boyunca yer alan kromomerler, bir ip üzerinde dizilmiş sıralı boncuk yapılarına benzeyen yoğunlaşmış bölgelerdir [10].

Zigoten: Homolog kromozomlar bu fazın başlangıcında bir araya gelmeye başlar. Homolog kromozomlar, kromomerler birbirleri ile çakışacak şekilde eşleşirler ve sinaptonemal kompleks oluşur. Bir kromozomun homologuyla eşleşmesi sonucu meydana gelen kromozom çiftine bivalent kromozom denir [26].

Pakiten: Homolog kromozomlar kısalıp kalınlaşmaya devam ederler. 4 kromatite sahip homolog kromozom tetrat adını alır. Kromozomlar arasında kiyazma adı verilen yapı oluşur. Bu alt evrede crossing over olayı başlar [22].

Diploten: Bu alt faz sırasında her bir tetratin iki çift kromatitten oluştuğu rahatlıkla seçilebilir. Her tetratta bulunan kardeş kromatit çiftleri ayrılmaya başlar. Sinaptonemal kompleks artık görülmez. Kardeş olmayan kromatitler arasında birbirine temas eden kiyazma bölgeleri arasında crossing over olayı gerçekleşir. Dişi bireylerde diploten evresi uzun sürdüğünden crossing over olayı diakinez evresine kadar sürebilir [10,22,26].

Diyakinez: Bu evrede kromozomlar daha da kısalıp kalınlaşır. Kardeş olmayan kromatitler kiyazmalardan gevşek olarak birbirine bağlı kalır. Kromozomların birbirinden ayrılması ilerledikçe kiyazmalar tetratin uç kısımlarına doğru hareket eder. Bivalentler nükleus zarının altına doğru hareket ederek nükleus zarının altına çekilirler. Nükleolus kaybolur ve sitoplazmada iğ iplikçikleri oluşur. Bu son alt evre ile birlikte profaz I tamamlanmış olur [22,26].

2.2.3.1.2. Prometafaz I ve Metafaz I

Prometafaz I de kromozomların spiralleşmesi en üst seviyeye çıktığından kromozomların kısalıp kalınlaşması son halini almış olur. Bivalent kromozomlar hücrenin ekvatorial bölgesine doğru hareket ederler. Metafaz I de ise ekvator bölgesinde konumlanırlar. Zıt kutuplardan gelen iğ iplikçikleri kendilerine dönük olan kromozomun sentromerine bağlanır. Kromozomların kinetokorlarına kinetokor fibrilleri tutunmuş olur [22,25,26].

2.2.3.1.3. Anafaz I

Bu evrede her çift homolog kromozom arasındaki bağlantı kopar ve kromozomlar hücrenin kutuplarına doğru hareket ederler. Kardeş kromatitler çift halindedir. Mitoz bölünmenin aksine birbirinden ayrılan kardeş kromatitler değil homolog kromozomlardır [30].

2.2.3.1.4. Telofaz I ve Sitokinez

Telofaz I de kromozomlar hücrenin kutuplarına varmış olur. Ayrılmış olan kromozomların etrafında iki adet nükleus oluşur ve kromozom yoğunlaşması görülür. Mayoz I de asıl hücrenin kromozom sayısının yarısını bulduran iki nükleus oluşur. Kromozom sayısı haploid (n) sayıya düşürülmüştür. Her kutupta haploid kromozom bulunur. Telofaz I esnasında genellikle sitokinez gerçekleşir ve iki tane haploid hücre oluşur [17,30].

2.2.3.2. Mayoz II

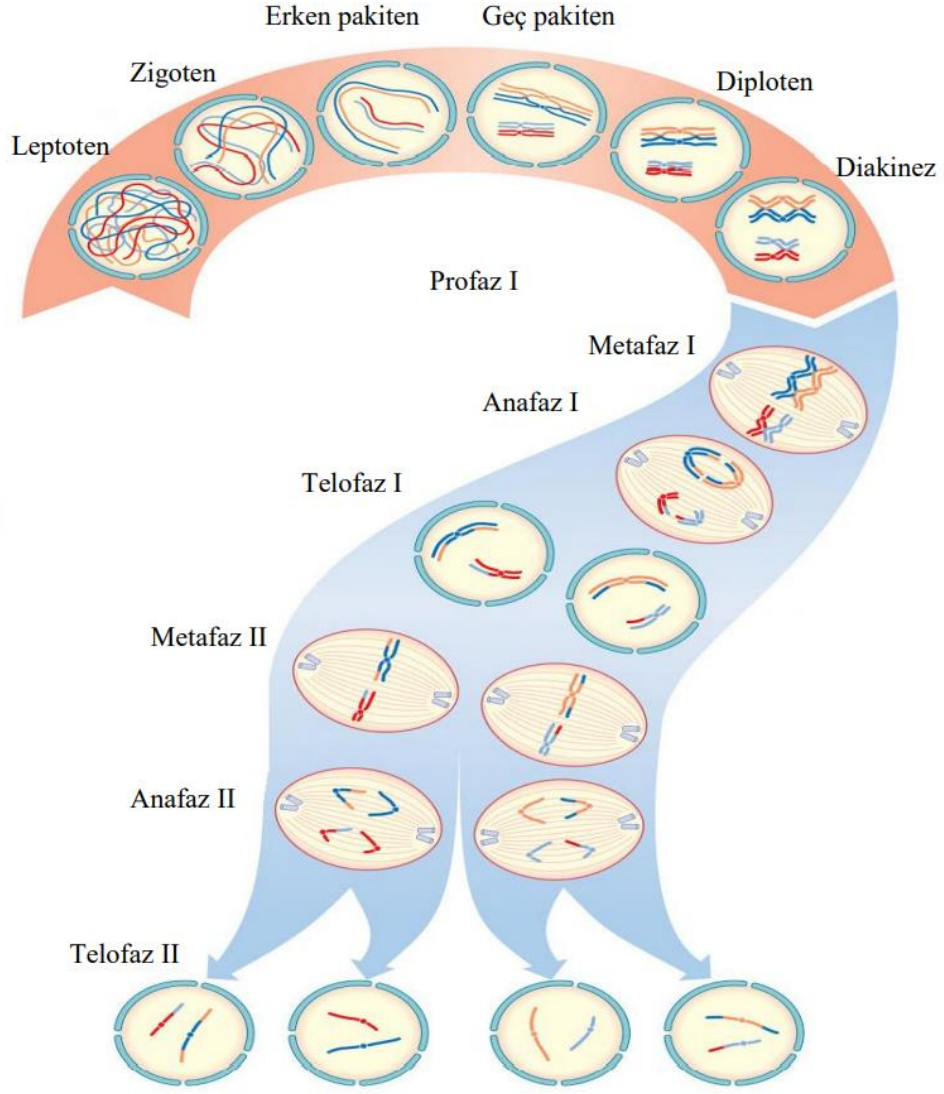
Mayoz II mitoz bölünmenin aynısı gibi gerçekleşir. Mayoz I'den daha kısa sürer. Mayoz I ve mayoz II arasında interfaz evresi gerçekleşmediğinden DNA'lar bir daha eşlenmez. Yalnızca sentrozom eşlenmesi meydana gelir. Başlangıçta diploid (2n) kromozumlu olan hücre mayoz II sonunda monoploid (n) kromozumlu 4 yavru hücre oluşturur. Bu hücreler hem birbirlerinden hem de ana hücreden kromozom yapısı ve sayısı yönüyle farklılık gösterir [33].

Profaz II: İki çift kromatitten oluşmuş her bir kromozom sentrioller arasında oluşan iğ iplikleri ile ekvator tablasına hareket eder. Mitoz bölünmedeki olayların tamamı aynı olarak gerçekleşir.

Metafaz II: Haploid (n) kromozomlar ekvator tablasında toplanırlar. Evrenin son aşamasında sentromer kaybolur.

Anafaz II: I. Mayozda crossing over gerçekleştirmiş olan haploid (n) kromozomlarda her bir kromatit çifti bir kutba doğru hareket eder.

Telofaz II: Kutuplara ulaşmış haploid (n) kromozomlar çözülerek boyları uzar ve iğ iplikleri kaybolur. Çekirdek ve çekirdek zarı teşekkül eder. Sonuç olarak başlangıçta diploid (2n) kromozumlu bir ana hücreden haploid (n) kromozumlu dört yavru hücre oluşur [34,35].



Şekil 2. 8. Mayoz I ve mayoz II evrelerinin aşamaları [36]

2.3. Örümceklerin Genel Özellikleri

Arthropoda şubesinin Arachnida sınıfında bulunan örümcekler, 400 milyon yıldır yeryüzünde yaşamlarını devam ettirmekte [37] ve günümüzde neredeyse tüm dünyada dağılım göstererek bütün karasal bölgelerde bulunmaktadır [5]. Günümüzde dünyada 50374 örümcek türünün bulunduğu tespit edilmiştir [1].

Örümceklerin üç alt sınıfını oluşturan Mesothelae, Mygalomorphae ve Araneomorphae'den Mesothelae, filogenetik sınıflandırmada en ilkel ve eski bireylere sahip grup olarak tanımlanmaktadır. Mygalomorphae alt sınıfında bulunan örümcekler, birbirine paralel biçimde uzayan keliser yapıları ve zamanla azalış

gösteren iplikçikleri ile ayırt edilmektedir. Araneomorphae alt sınıfı, tanımlanmış olan bütün örümceklerin %90'ından fazlasını barındırır. Bu alt sınıfın altındaki zengin örümcek türü çeşitliliğinin bir etkisi olarak Araneomorphae taksonomisi oldukça kararsızdır [5].

Genel olarak bir örümcekte iki ana vücut bölümü görülür: İlki prosoma ve ikincisi opistosomadır. Vücudun bu iki bölümü pedisel olarak adlandırılan bir yapı ile birbirine bağlantılıdır. Örümceklerde prosoma kısmı ile opistosoma kısmı orantılandığında prosoma kısmı oldukça küçüktür. Baş ve göğüs bölgesi birbirine kaynaşmış bir yapıda olup sefalotoraks olarak adlandırılır. Prosoma kısmının karın tarafı sternum plakası ile sırt bölgesi ise oldukça sert bir karapaksla kaplıdır (Şekil 2.9.) [38].

Keliserler ve gözler prosoma bölgesinin ön yüzünde bulunur. Genelde örümceklerde sekiz adet göz bulunmaktadır. Fakat Oonopidae ve Dysderidae cinsinde sınıflandırılan türlerde altı adet göz bulunur. Bazı mağarada yaşayan örümcek türlerinde ise göz tamamen yoktur [5]. Gözlerin bulunduğu konum ve diziliş sırası örümcek familyalarında değişkenlik göstermektedir. Bu durum birçok familyanın teşhisini rahatlıkla yapılmasını sağlamaktadır. Bazı örümceklerde medyan (orta) gözler diğer gözlere göre koyu renkte görünür. Bu gözlere “gece gözleri” denir. Bazı türlerde ise açık renklidir. Bu gözlere de “gündüz gözleri” denir [39].

Örümceklerin prosoma bölgesinde bulunan keliserler büyük bir taban parçası ile sivri uçlu çengel biçiminde bir parçadan oluşmaktadır. Çengel şeklindeki parça, dinlenme durumunda kaide parçasının alt tarafında bulunan oluğun içine geçer. Taban parçasının en altında zehir bezleri bulunur. Bu bezlerden salgılanan zehir, ince bir kanaldan geçerek uç kısımdan dışarı atılır [38].

Keliser yapısı örümceklerin gelişiminde en önemli yönlendirici faktörlerden biri konumundadır. Avlanma, savunma ve birkaç familyada çiftleşme sırasında çok önemli görevleri bulunmaktadır. Karasal yaşama geçiş yapan örümcekler yere bağımlı olarak yaşamlarını sürdürmüştür. Bu nedenle yerde tüp biçiminde yuvalar yapıp yine kendileri gibi karasal yaşama bağımlı böcekler ve diğer omurgasızlarla beslenirler. Bunun sonucunda keliserler en başta, en ilkel örümcek gruplarından olan

Mygalomorphae ve Liphistiidae familyalarında bugün de gözlemlendiği gibi, birbirlerine paralel uzanıp yukarı-aşağı yönde açılıp kapanır. Bu özellik yerde keliserin daha verimli bir işlevle kullanımıyla açıklanabilir; çünkü yukarı-aşağı hareket eden bir keliseri yerde hareket halindeki bir ava saptamak daha az enerji tüketir ve daha etkili olur. Ayrıca atmosferde bulunan oksijenin sürekli olarak yükselmesi ve karasal bitkilerin ilerlemesi ile beraber böceklerde kanat yapısının oluşup yaygınlaşması hız kazanmıştır. Bu sebeple gelişime ek olarak örümcekler bitkiler arasında ağlar oluşturup ve uçabilen kanatlı böcekleri de avlamaya başlamıştır. Örümcek ağ üzerinde bulunurken, aşağı-yukarı yönde hareket eden keliserler çok bir avantaj sağlayamaz; çünkü keliseri ava saptama işlemi yerden yukarıda gerçekleşmektedir. Bu strateji yerine sağa ve sola doğru hareket eden bir keliser hem ava saptanmada hem de avı ağ üzerinde taşımada daha çok avantaj sağlar [40].

Yürüyen bacak sistemi her türde dört çift şeklinde bulunur ve prosomaya bağlıdır. Bacakların birçok eklemi, dikenler ve yoğunlaşmış tüylerle kaplanmıştır. Üstelik örümceklerin bacakları uzun olup çok sayıda hassasiyete sahip duyu tüyleri ile kaplanmıştır. Bu tüylerin yerleşimi, ölçüleri ve sayısı örümcek cinslerinin sınıflandırılmasında son derece önemlidir [41].

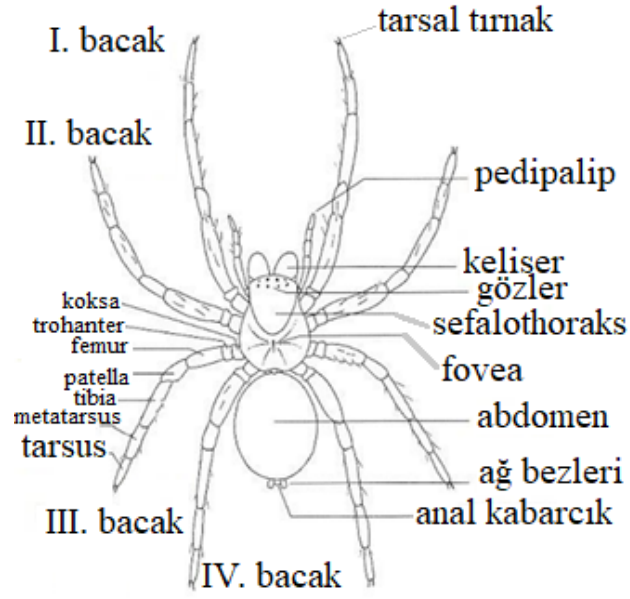
Opistosoma genelde oval yapıda veya çok az silindirik yapıda bulunur. Opistosomanın karın tarafında ağ bezleri, genital açıklık, solunum organları ve anüs bulunur. Opistosoma boyutu ve yapısı, bir familyanın içinde bulunan türler arasında veya türler arasındaki beslenme biçimi ve yumurta gelişimine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Opistosoma bazı örümcek sınıflarının tür seviyesine kadar tanımlanmasında kullanılır [42].

Erkek örümceklerde çift olarak bulunan testisler, vücudun her iki yanında bulunur. Sperm kanalları uzun ve kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Bu kanallar epigastrik çöküntünün orta noktasından tek bir delikle dışa doğru açılır. Sperm olgunlaşması tamamlandıktan sonra erkek örümcekler spermleri açıklıktan dışarı salarak şişeye benzeyen yapıdaki pedipalpusların içlerine enjektör biçiminde toplamaktadır. Pedipalpuslarda helezonik birer kanal (embolus) vardır. Embolüslerin altında olan

haznelerde (kondüktör) depo edilmiş olan spermilerin çiftleşme sırasında dişi örümceğe basınçla aktarılması sağlanır [43].

Birçok dişi örümceğin cinsiyet açıklığına yakın bir kısımda birbirinden bağımsız olarak, erkek bireyin spermini bıraktığı bir çift delik bulunur. Çiftleşme döneminde spermeler erkeğin embolusundan dışının sperm kanallarına veya sperm alıcılarına bırakılır. Spermeler bu kanallarda geniş bir zaman aralığında korunabilir. Örümceklerde bu delikler epigastral yarıklar üzerinde bulunan “epijin” bölgesinde konumlanmıştır. Epijinin morfolojik özellikleri erkek bireyin karmaşık biçimdeki çiftleşme organına kolay ve zamanında uyum sağlama imkânı tanır [44].

Örümceklerde bulunan ağ bezleri embriyonik dönemde belirginleşen üyelerin değişmesiyle ortaya çıkar. Bunlar konik kabartılar veya silindirik biçimde opistosomanın alt arka bölgesinde bulunur [38]. Örümcekler çok geniş birtakım olarak yayılış göstermesine rağmen örmüş oldukları ağlar ve bu ağların yapı taşı oluşturulan yapısal proteinler birbirilerine çok benzerdir [45]. Örümcek ağları fazla miktarda protein yapıdan oluşur. Protein molekülü dışında az miktarda yağ (lipid) ve şeker gibi organik moleküller ve çevresel etkenlere bağlı olarak belirli oranlarda su bulundurlar [46]. Örü salgısı skleroprotein yapıdan oluşur [44]. Kullanımda olan ağ bezine göre değişkenlik göstererek, oluşan ağ değişik özelliklere sahip olabilir. Bazı ağlar örümceklerin avlarını tuzaga düşürmesi için yapışkan bir yapıya sahiptir. Yapışkan olmayan ağlar ise yumurta keselerini korumak ve su geçirmez sakin alanları oluşturmak için kullanılır [47].



Şekil 2. 9. Araneomorf bir örümceğin dorsal açıdan görünümü [48]

2.3.1. Gnaphosidae familyasının genel özellikleri

Gnaphosidae (Banks, 1892) düz karınlı yer örümcekleri olarak da bilinen boyu 2 mm-17 mm arasında değişen bir örümcek familyasıdır. Kutup ve tundra bölgeleri dışında dünyanın çeşitli yerlerinde bolca bulunur. Bacaklarında çift tırnak vardır. Çoğunlukla vücutlarında desenleme görülmez. Ağ bezi tıkaçları, büyük ampulla bez tıkaçlarından daha geniş ve daha uzundur. Birbirine eşit olan bir ila sekiz arası ağ bezi tıkaçı vardır. Morfolojilerinde tek tiptirler. Ayrıca, Gnaphosidlerin posterior medyan gözleri (PME) düzleştirilmiş ve ovaldir. Sıralı toplam sekiz adet gözü bulunur. Gözlerin konumları ve büyüklükleri, ağız kısımlarının ve ağ bezi kabartılarının şekli Gnaphosidae familyasında önemli karakterlerdir [2,49].



Şekil 2. 10. *Zelotes metellus* Roewer, 1928 (A:Erkek B:Dişi bireyi temsil etmektedir)
[50]

BÖLÜM 3

KAYNAK ÖZETLERİ

Örümcekler üzerinde ilk defa karyolojik özelliklerin ve eşey kromozomu sisteminin belirlenmesine yönelik çalışmalar Wallace (1900, 1905) ve Berry (1906) tarafından gerçekleştirilmiştir [55]. İlerleyen yıllarda yapılan çalışmalarla günümüzde 80 familya içerisinde ve 370 cinse ait 1117 türün sitogenetik özellikleri belirlenmiştir [54]. Gnaphosidae familyasından ise 64 örümcek türünün karyolojik özellikleri araştırılmıştır.

Taşdemir ve arkadaşları, 2012'de *Zelotes aeneus* (Simon, 1878) ile yaptıkları çalışmada diploid kromozom sayısı ve eşey kromozom sistemini $2n^{\sigma}=20$ (X_1X_2) olarak tespit etmişlerdir. *Zelotes petrensis* (C.L. Koch, 1839) ile yaptıkları çalışmada ise diploid kromozom sayısı ve eşey sistemini $2n^{\sigma}=23$ (X) olarak tespit etmişlerdir. Çalışılan kromozomların uzunlukları 2 μ m den küçük olarak bulunmuştur [56].

Šťáhlavský ve arkadaşları, 2020'de *Zelotes fuligineus* (Purcell, 1907) türü ile yaptıkları çalışmada diploid kromozom sayısı ve eşey sistemini $2n^{\sigma}=22$ (X_1X_2) olarak bulmuşlardır. *Zelotes sclateri* (Tucker, 1923) türü ile yaptıkları çalışmalarda ise diploid kromozom sayısı ve eşey sistemini $2n^{\sigma}=20$ (X_1X_2) olarak bulmuşlardır. *Zelotes sclateri* türünün kromozomlarının akrosentrik morfolojiye sahip kromozomlar olduklarını bulmuşlardır. Örneklerinde 18S rDNA kümelerinin beş lokusunu belirlemiş olup incelenen taksonlar arasında üç farklı cinsiyet kromozom sistemi (X_0 , X_1X_20 ve $X_1X_2X_30$) tespit etmişlerdir [57].

Kumbıçak ve arkadaşları, 2009'da *Zelotes strandi* (Nosek, 1905) türü ile yaptıkları çalışmada diploid kromozom sayısı ve eşey sistemini $2n^{\sigma}=22$ (X_1X_2) olarak tespit etmişlerdir. Kromozomların morfolojisini akrosentrik olarak bulmuşlardır. Mayotik evrelerde 10 otozomal bivalent ve iki cinsiyet kromozomu tespit etmişlerdir [58].

Hackman ve arkadaşları da 1948'de *Zelotes subterraneus* (C.L. Koch, 1833) türü ile yaptıkları çalışmada diploid kromozom sayısı ve eşey sistemini $2n♂=22 (X_1X_2)$ olarak tespit etmişlerdir. Kromozomların morfolojisini akrosentrik olarak bulmuşlardır [59].

Bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda cinse ait türlerin diploid kromozom sayısı ve eşey kromozomu sisteminin oldukça iyi korunduğu dikkati çekmektedir. Elde edilen verilere göre erkek bireylerde diploid kromozom sayısı $2n=22$ ve eşey kromozom sistemi X_1X_20 şeklinde genelleşmektedir.



BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal Bölümü

4.1.1 Örümceklerin elde edilmesi

Bu çalışmada kullanılan *Zelotes metellus* (Roewer, 1928) türüne ait doğal habitatlarında bulunan örnekler taş altlarından elle ya da aspiratör kullanılarak toplanmıştır. Örneklerin toplandığı konum bilgisi Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4. 1. *Zelotes metellus* (Roewer, 1928) örnek sayısı ve lokalite bilgileri

Lokalite bilgisi	Örnek sayısı	Toplama tarihi
Adana, Pozantı 37°25.16' K, 34°54.02' D	5♂♂	02/04/2019
Kayseri, Pınarbaşı 38°43.11 K, 36°23.57' D	7♂♂	18/05/2019

Toplanan örnekler plastik tüplerde muhafaza edilmiş olup tüplerin üzerine etiketleme (tarih, koordinat bilgisi vs.) işlemi yapılmıştır. Örnekler laboratuvara canlı bir şekilde getirilmiştir. Çalışma yapılıncaya kadar örümceklere herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Ergin altı olan erkek örümcekler ergin hale gelene kadar laboratuvar şartlarında haftada iki defa *Drosophila melanogaster* (meyve sineği) ile beslenmiştir. Örümcekler Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Genetik Laboratuvarı’nda diseksiyon yapılana kadar uygun şartlarda (nem, sıcaklık, besin) muhafaza edilmiştir.

4.1.2. Ön çalışma safhası

Örümceklere ait sitogenetik çalışmalarda mayotik kromozomların elde edilmesi amacıyla ergin erkek gonadları kullanmıştır. Erkek gonadlar, dişilerin ovaryumuna göre daha fazla bölünmekte olan hücre içerdiğinden dolayı tercih edilmiştir [44].

4.1.2.1. Lamların hazırlanması

Kromozom preparatlarının elde edilmesindeki ilk basamak lamların %70'lik etil alkol ile temizlenerek kullanılmasıdır. Bu aşamada lamlar beher içerisine 90°'lik dik bir açıyla konularak üzerine %70'lik etil alkol eklenir. Yaklaşık 1 saat süreye yakın bekletildikten sonra lamlar hazır hale getirilir.

4.1.2.2. Çözeltilerin hazırlanması

Fizyolojik tuz çözeltisi: 9 g NaCl, 0.4 g KCl, 0.2 g NaHCO₃ ve 0.33 g CaCl₂.2H₂O tartılarak ve 1000 mL distile suda çözdürülmüştür. Bu çözelti +4° C 'de saklanmıştır.

Hipotonik çözelti: 2.8 g KCl tartılarak 500 mL distile suda çözdürülmüştür. Çalışmada kullanılacak bütün çözeltiler taze olarak hazırlanmıştır.

Fiksatif çözelti: Etanol ve asetik asit'in sırasıyla 3:1 oranında karıştırılması ile elde edilmiştir.

%60'lık Asetik asit çözeltisi: 12 mL asetik asit, 8 mL distile su ile karıştırılarak hazırlanmıştır.

Fosfat tamponu: 4.53 g KH₂PO₄ ve 4.37 g Na₂HPO₄ tartılarak 1000 mL distile suda çözülmüştür. Bu çözeltinin pH'ı 6.8'e ayarlanmıştır.

5 mL Giemsa boyası + 95 mL fosfat tamponu ile karıştırılarak 100 mL'ye tamamlanıp preparatların boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

4.2. Metot

Kromozom preparatlarının hazırlanması Pekár ve Král [51] metodunda bazı değişiklikler yapılarak uygulanmıştır. Bu deney aşamaları aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Ergin erkek örümcek stereo mikroskop altında prosoma bölgesinden sıkılarak öldürülmüştür.
- Daha sonra fizyolojik tuz çözeltisi içerisinde diseksiyon işlemi yapılarak gonadlar çıkarılmıştır.
- Gonadların saf su içerisinde hipotonik uygulama için 20 dk. bekletilip su alarak şişmesi sağlanmıştır.
- Daha sonra 3:1 etil alkol: asetik asit çözeltisinde 10 ve 20 dk. olmak üzere iki defa fikse edilmiştir.
- %70'lik etil alkol içerisinde yaklaşık 60 dk. bekletilerek temizlenen lam üzerine birkaç damla %60'lık asetik asit damlatılarak gonadların asetik asit içerisinde eritilmesi sağlanmıştır.
- Hazırlanan bu karışım 42°C'lik ısıtıcı tabla üzerinde iğne yardımıyla yaklaşık 20- 25 dk. boyunca yayılmıştır.
- Preparatlar faz kontrast mikroskopunda analiz edilerek iyi kalitede olan preparatlar seçilmiştir.
- Daha sonra preparatlar fosfat tampon içeren Giemsa boyası ile (pH=6.8) 50 dk. boyunca boyanmıştır.
- Kurumaya bırakılan preparatlar inceleme yapılıncaya kadar +4° C'de saklanmıştır.

4.3. Preparatların İncelenmesi

İyi kalitede seçilmiş olan preparatların incelenmesi Olympus CX21 mikroskopunda 10X büyütme ile gerçekleştirilmiştir. İncelenen preparatlarda mitotik metafaz ve mayoz bölünme evreleri belirlenip BX53 (Olympus) ışık mikroskobu 100X büyütmede CellSens (Olympus) programı ile fotoğraflanmıştır. Her bir tür için 10 adet

mitotik metafaz kromozomlarının relatif uzunlukları CellSens (Olympus) programı ile ölçülmüştür. Adobe Photoshop CS3 programı kullanılarak karyotip hazırlanmıştır.

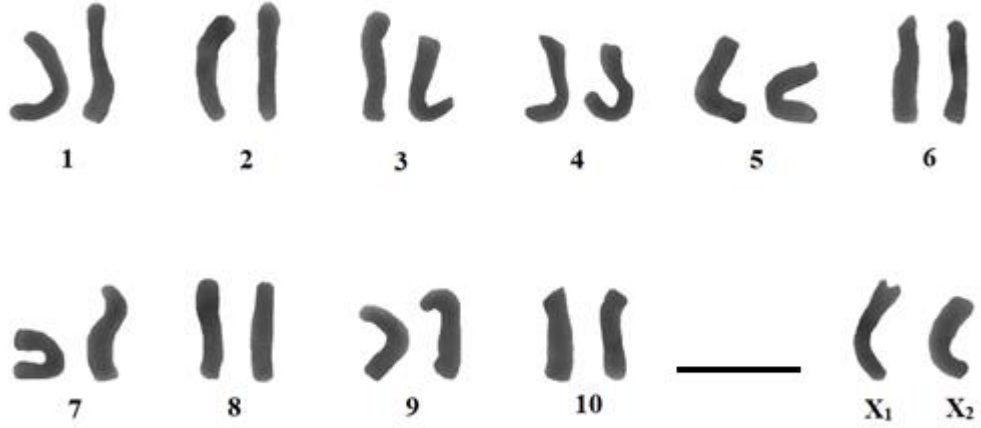


BÖLÜM 5

BULGULAR

5.1. Eşey Kromozom Sistemi ve Karyotip

Zelotes metellus (Roewer, 1928) türüne ait erkek bireylerin mitotik metafaz evresindeki diploid kromozom sayısı $2n♂=22$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.1.). Türün eşey kromozom sistemi ise X_1X_20 şeklinde, kromozom morfolojisi telosentrik tiptedir. Ototomal kromozom çiftlerinin relatif uzunlukları %9,64 ile %7,09 arasında kademeli olarak bir azalış gösterir. Eşey kromozomlarının relatif uzunlukları ise X_1 için %8,54 ve X_2 için %7,72 olarak belirlenmiştir. X_1 karyotipte 4. kromozomdan sonra X_2 ise 8. kromozomdan sonra sıralanmıştır (Tablo 5.1.).



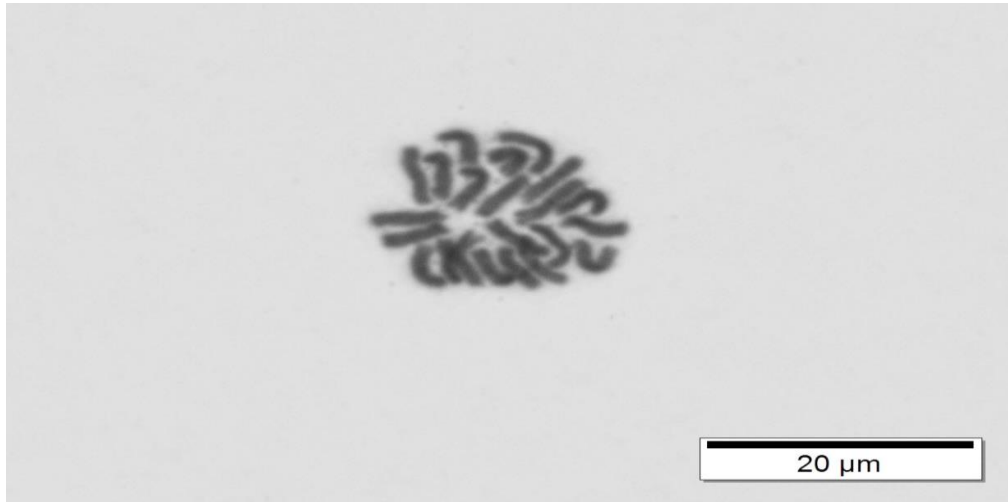
Şekil 5. 1. *Zelotes metellus*'a ait karyogramda 10 çift otosomal kromozom ve X_1X_2 şeklindeki eşey kromozomları (Ölçüm=10 μ m)

Tablo 5. 1. *Zelotes metellus* türünün erkek bireylerinin kromozom uzunluğu ve morfolojisi (p-kısa kol,q-kısa kol,q/p kol oranı)

Kromozom No:	p (μm)	q (μm)	q/p	Oransal boy (%)	Kromozom morfolojisi
1	0	13,31	∞	9,64	Telosentrik
2	0	12,61	∞	9,13	Telosentrik
3	0	12,28	∞	8,89	Telosentrik
4	0	11,94	∞	8,64	Telosentrik
5	0	11,69	∞	8,46	Telosentrik
6	0	11,42	∞	8,27	Telosentrik
7	0	11,18	∞	8,09	Telosentrik
8	0	10,95	∞	7,93	Telosentrik
9	0	10,37	∞	7,51	Telosentrik
10	0	9,80	∞	7,09	Telosentrik
X ₁	0	11,79	∞	8,54	Telosentrik
X ₂	0	10,66	∞	7,72	Telosentrik

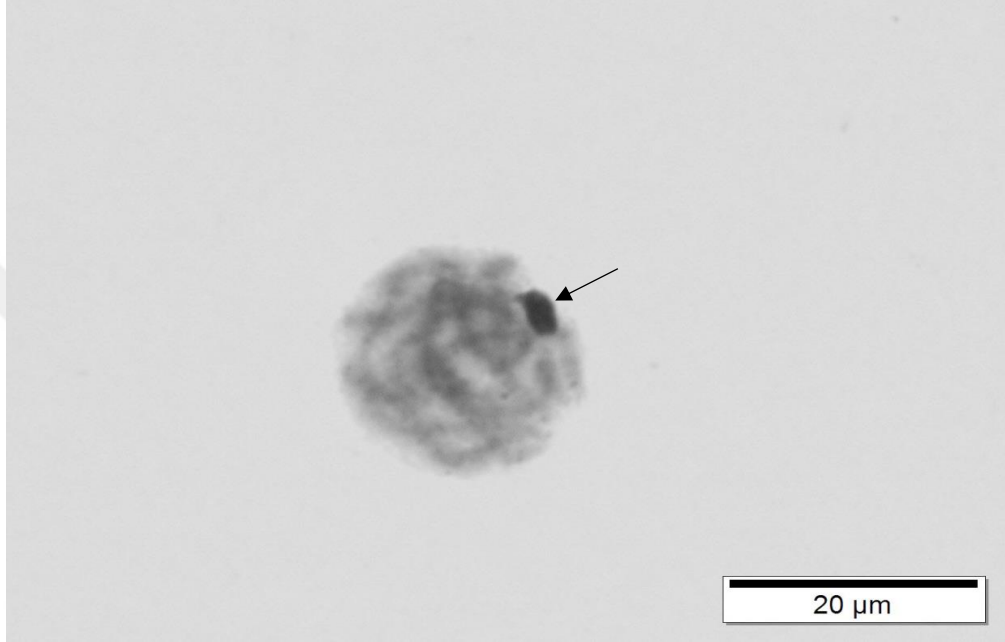
5.2. Bazı Mitotik ve Mayotik Evrelerin İncelenmesi

Kromozomlar mitotik metafaz evresinde yoğunlaşarak sayılabilir duruma gelmiştir. ($2n^{\text{♂}}=22$) (Resim 5.1.).



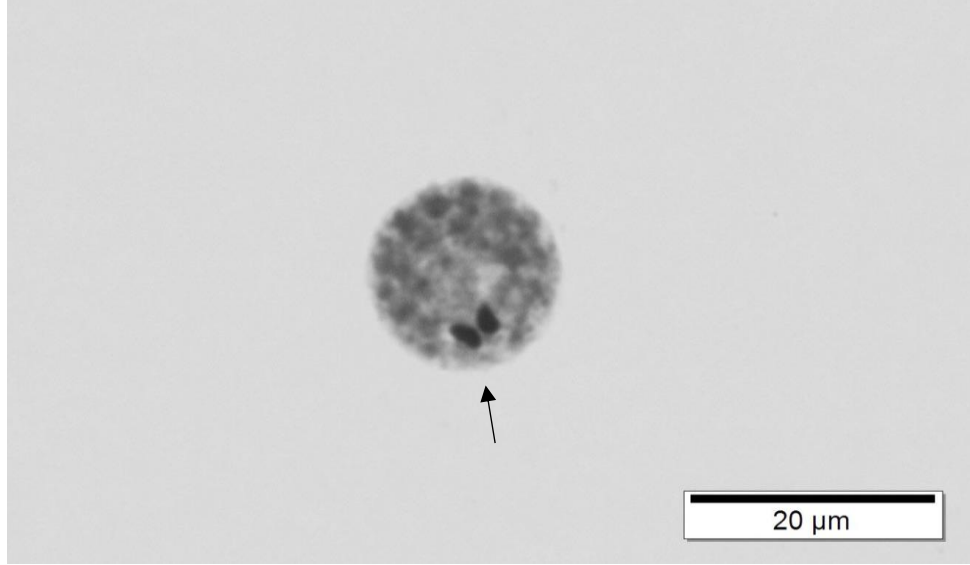
Resim 5. 1. Mitotik metafaz $2n^{\text{♂}}=22$

Mayotik profaz I'in alt evresi olan leptoten evresinde kromatin ipliği kısıalıp kalınlaşmaya başlamıştır. Ancak otozomlar henüz sayılabilir durumda değildir. Eşey kromozomları pozitif heteropiknotik özellikte olup çekirdeğin yüzeyine doğru hareket ederek vezikül halini almıştır. Bu evrede eşey kromozomları da sayılabilir özellikte değildir (Resim 5.2.).



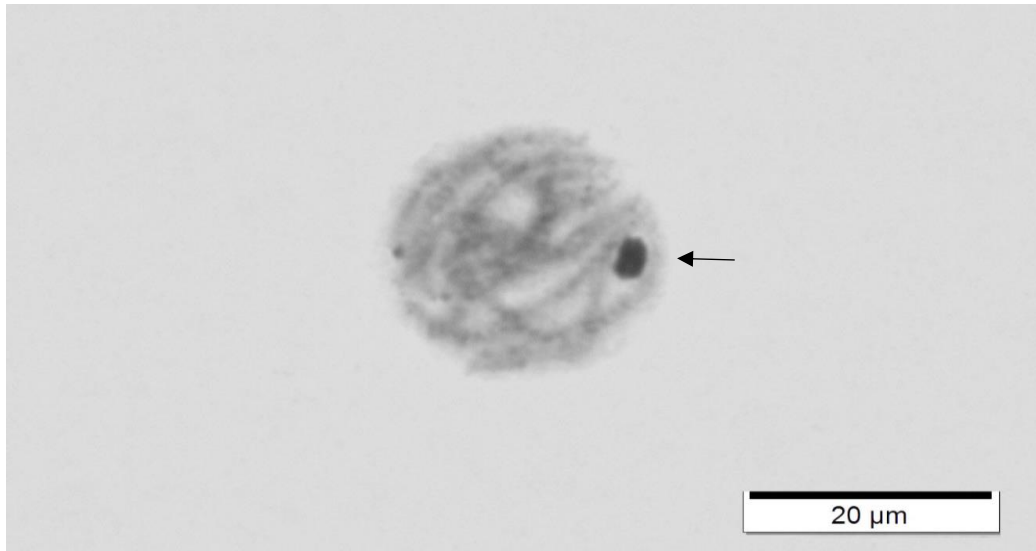
Resim 5. 2. Profaz I- leptoten evresi (Ok, eşey vezikülünü göstermektedir)

Zigoten evresinde homolog kromozomlar yan yana gelmeye başlamıştır. Homolog kromozomlar arasında sineptonemal kompleks birliği kurulmaya başlamıştır. Aynı zamanda kromatin ipliğinin kısıalıp kalınlaşması devam etmiştir. Eşey kromozomları bu evrede daha hızlı kısıalıp kalınlaşma göstererek ayırt edilebilir hale gelmiştir. Eşey kromozomları birlikte hareket ederek çekirdek yüzeyine doğru konumlanmıştır (Resim 5.3.).



Resim 5. 3. Profaz I- zigoten evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)

Pakiten evresinde sinaptonemal kompleks aracılığı ile bir araya gelen homolog kromozomlar arasında tetrad oluşumu ve crossing over olayı gerçekleşmiştir. Bu evrede otozomlar eşey kromozomlarına göre daha hızlı kısalıp kalınlaşma gösterdiği için eşey kromozomları vezikül yapısına tekrar dönmüştür. Otozomların birbirinden ayırt edilebilir seviyeleri artmıştır. Eşey vezikülü leptoten ve zigoten evrelerinde olduğu gibi pozitif heteropiknotik özellikte olup çekirdek yüzeyine doğru hareket etmiştir. (Resim 5.4.).

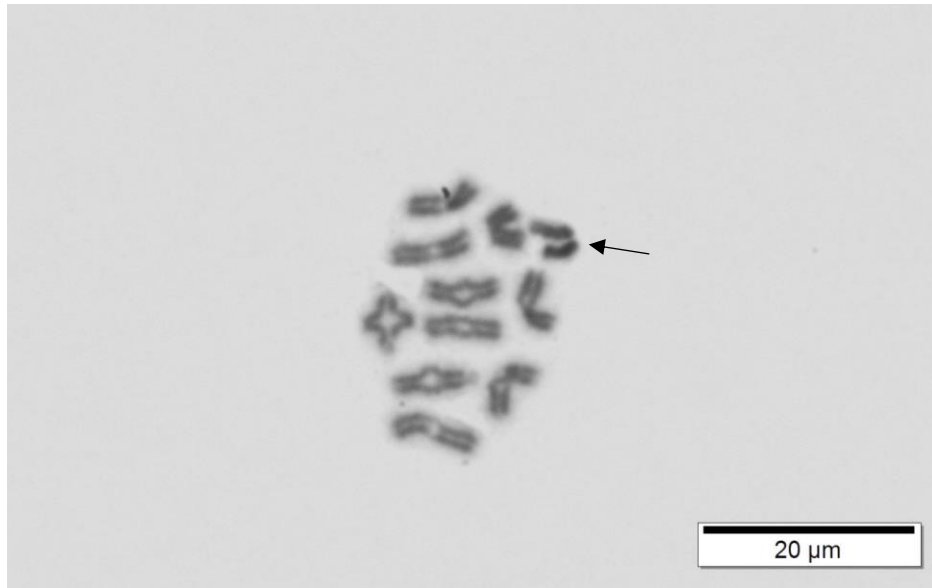


Resim 5. 4. Profaz I- pakiten (Ok, eşey vezikülünü göstermektedir)

Diploten evresinin başlangıcında bivalent yapılar oluşmaya başlamıştır. 10 otozomal bivalent ve iki eşey kromozomu görülmüştür. Eşey kromozomları pozitif heteropiknotik özellikte olup birlikte hareket etmiştir. Bu evrede bivalentler genellikle tek kiyazma oluşumu göstermiştir. Kiyazma tipleri çoğunlukla terminal ve nadiren proksimal tipte görülmüştür (Resim 5.5.). Diploten ortalarına gelindiğinde ise yine 10 otozomal bivalent ve iki eşey kromozomunun olduğu görülmüştür. Bivalentlerin kısalıp kalınlaşmaları devam etmiştir. Bivalentler terminal, proksimal ve interstitial tipte tek kiyazma örneği göstermiştir (Resim 5.6.).



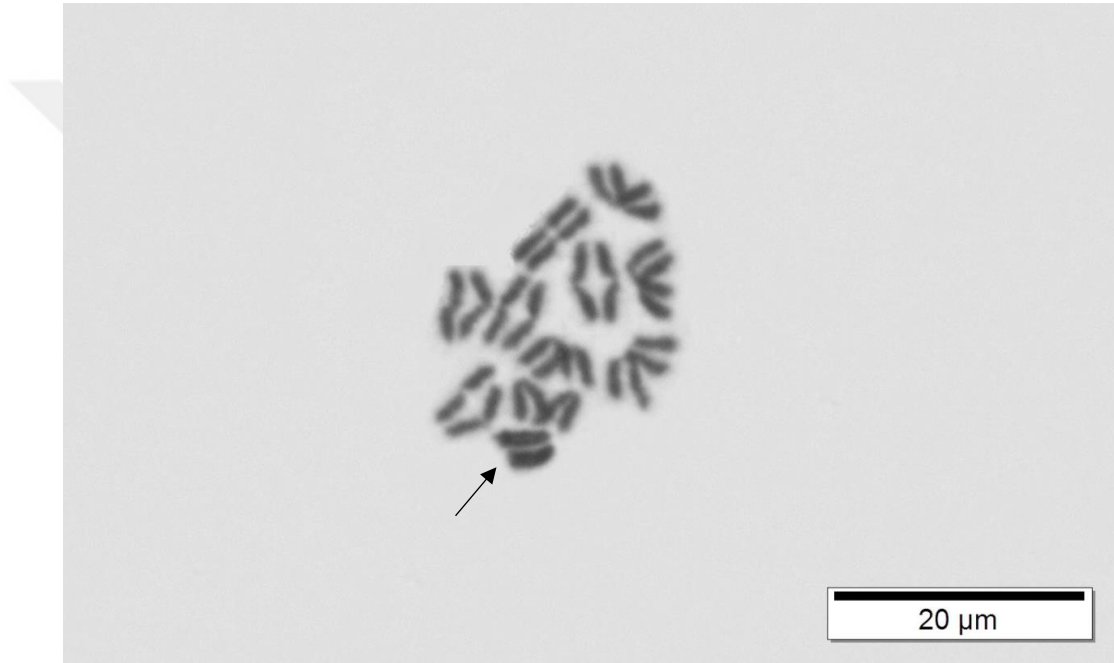
Resim 5. 5. Profaz I- erken diploten evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)



Resim 5. 6. Profaz I- diploten evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)

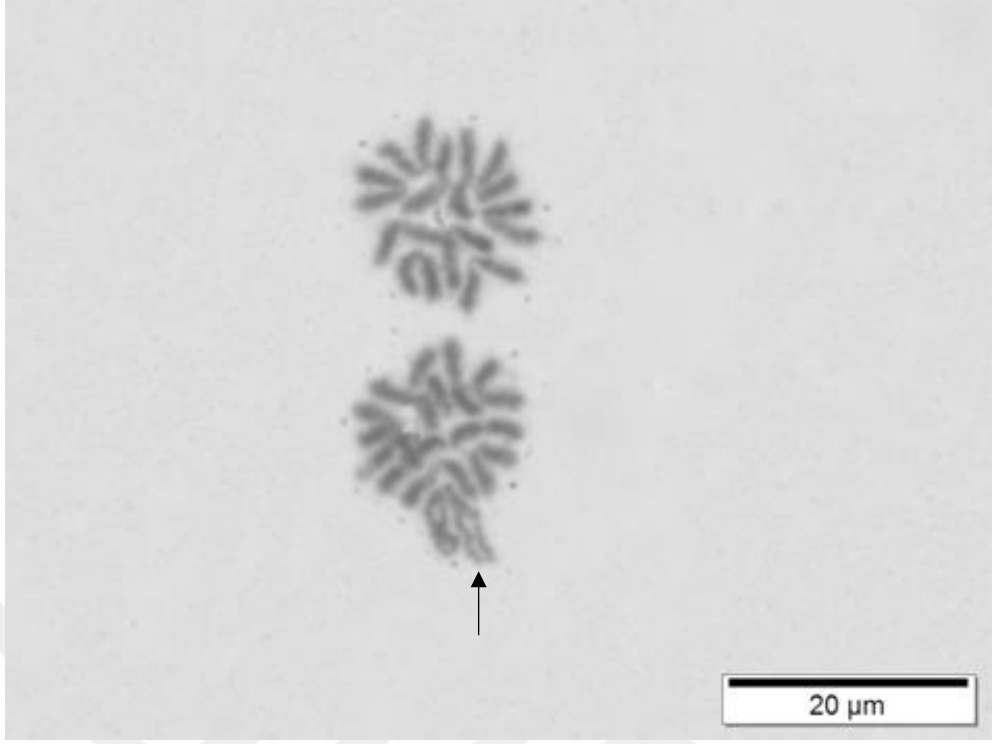
Diyakinez evresinde diploten evresinde olduğu gibi 10 otozomal bivalent ve 2 eşey kromozomu görülmüştür. Yine eşey kromozomları pozitif heteropiknotik özellikte olup çekirdek yüzüne doğru konumlanma göstermiştir.

Metafaz 1 evresinde bivalentlerin kısalıp kalınlaşmaları maksimum düzeye ulaşmıştır. Bu evrenin sonlarına doğru bivalentleri oluşturan homolog kromozomlar yavaş yavaş birbirinden ayrılmaya başlar. Eşey kromozomları birlikte hareket ederek univalent yapısını korumuştur (Resim 5.7.).



Resim 5. 7. Mayoz bölünmenin metafaz I evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)

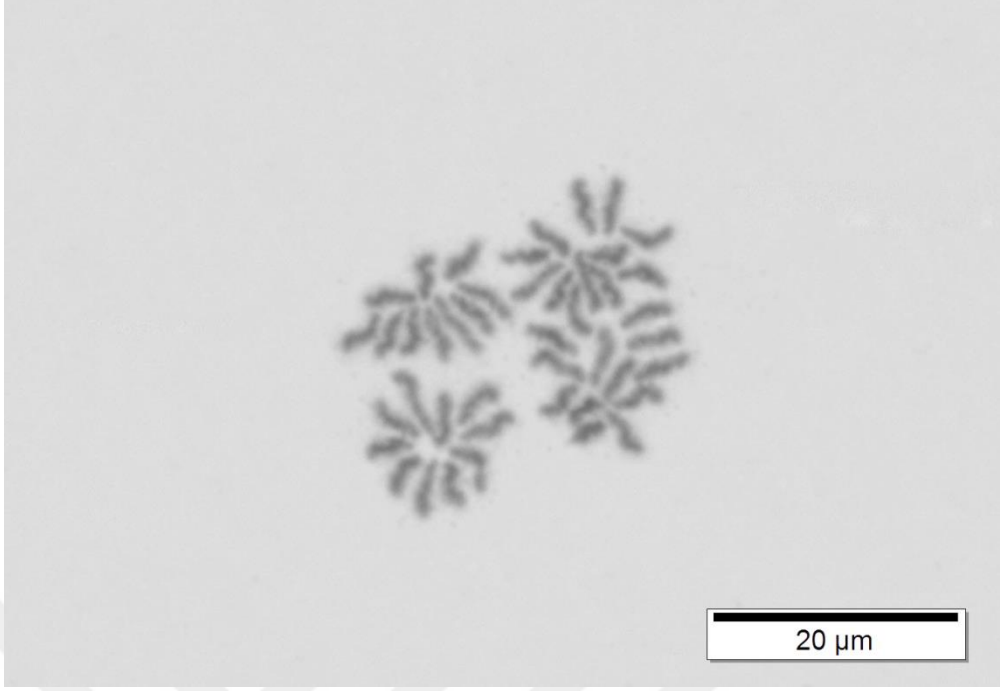
Anafaz 1 evresinde homolog kromozomlar birbirinden ayrılmıştır. Otozomlar telosentrik tipte olmaları nedeniyle “V” şeklinde görülmüştür. Eşey kromozomları otozomlarla aynı boyanma ölçüsüne sahip olsa da morfolojik yapısından dolayı çekirdek içerisindeki konumu belirlenebilmiştir. Eşey kromozomları bu evrede de birlikte hareket etmiştir (Resim 5.8.)



Resim 5. 8. Mayoz bölünmenin anafaz I evresi (Ok, eşey kromozomlarını göstermektedir)

Mayoz bölünmenin profaz II evresinde $n=10$ ve $n=12$ kromozom taşıyan iki yeni çekirdek meydana gelmiştir. Bu evrede kromozomlar süperspiral yapılarına geri dönmüştür. Eşey kromozomları ise izopiknotik özelliklerini korumuştur.

Son olarak anafaz II evresinde dört yeni çekirdek meydana gelmiştir. Bunlardan iki tanesi eşey kromozomlarına sahip olmayıp 10 otozom taşırken, diğer iki çekirdek eşey kromozomlarına sahip olduğu için toplamda 12 kromozom taşır. Eşey kromozomları izopiknotik olup hem renk hem de morfolojik açıdan otozomlardan ayırt edilememiştir (Resim 5.9.).



Resim 5. 9. Mayoz bölünmenin anafaz II evresi

BÖLÜM 6

TARTIŞMA VE SONUÇ

Örümceklerle ilgili günümüze kadar yapılmış olan sitogenetik çalışmalar; uygulanan farklı metotların başarısızlığı, incelenmesi istenilen kromozomların küçük boyutlarda olması ve mayoz bölünmenin elde edilememesinden dolayı yeterli düzeye ulaşamamıştır. Çalışmalarda yaşanan bu olumsuzluklara karşı gonadlar kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle erkek örümceklerde oldukça fazla sayıda bölünen hücre elde edilebilmekte ve böylelikle hem mitoz özellikleri hem de mayoz özellikleri hakkında bilgi edinilebilmektedir.

Günümüzde dünya üzerinde 132 familyaya ait 50374 örümcek türünün yaşadığı bilinmektedir [1]. Örümcekler yeryüzünde birden fazla habitat içerisinde bulunabilmektedir. Bu durum onları eklembecaklıların en zengin gruplarından birini oluşturmalarına neden olmaktadır. Buna rağmen yapılan sitogenetik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Örümcek familyalarından Gnaphosidae, 145 cins ve 2430 tür ile temsil edilmektedir.

Yeryüzünde örümcekler, Mesothelae, Mygalomorphae ve Araneomorphae olarak üç ayrı filogenetik grupta incelenmektedir. Mesothelae ve Mygalomorphae örümcekler Aranemorphae örümceklere göre daha fazla sayıda kromozom bulundururken, Aranemorphae örümcekler Mesothelae ve Mygalomorphae örümceklerden daha az sayıda kromozom bulundurmaktadırlar [53].

Diploid kromozom sayısının örümceklerde $2n♂=7-116$ arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. İlkel örümcek türlerinde kromozom sayısının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu türlerde kromozom morfolojisi heterojen bir yapıya sahip olup sentromerin konumuna göre metasentrik, submetasentrik, akrosentrik ve telosentrik olarak dört farklı çeşittir. Araneomorf ve entelejin örümceklerde bulunan kromozomlar daha az sayıda olup homojen bir yapı gösterir. Kromozom morfolojik olarak telosentrik ya da akrosentrik olmak üzere iki çeşittir. Entelejin örümcek türlerinde kromozom miktarının azalmasının tersi olarak kromozomlarda hacim artışı olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda diploid kromozom sayısı $2n♂=20-30$ olarak tespit

edilmiştir [54]. Yapmış olduğumuz çalışmada *Zelotes metellus* 'a ait karyolojik özelliklerin $2n♂=22$, X_1X_20 şeklinde bulunması, bulgularımızın yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Gnaphosidae familyasının *Zelotes* cinsine ait *Zelotes metellus* türünün sitogenetik özellikleri ilk kez araştırılmıştır.

Örümceklerde multipli eşey sistemi bulunmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalarda $X0$, X_1X_20 , $X_1X_2X_30$, XY , X_1X_2Y , $X_1X_2X_3Y$ gibi farklı eşey sistemleri bulunmuştur. Mevcut örümceklerin %77'sinden fazlasında X_1X_20 eşey sisteminin varlığı ve bu sistemin ilkel örümceklerde görülmesi X_1X_20 eşey sisteminin ilkel bir özellik olduğunu ortaya koymaktadır. X_1X_20 sisteminin ortaya çıkışı ile ilgili olarak $X0$ sistemindeki X kromozomunun sentrik füzyon sonucunda birbirine homolog olmayan iki X kromozomu oluşturması ya da $X0$ sistemindeki X kromozomunun duplikasyona uğraması sonucunda X kromozomlarının olduğu yönünde görüşler mevcuttur [55].

Mayoz bölünmenin evreleri kromozom davranışları, taksonların sitogenetik yapıları hakkında bilgiler vermektedir. Mitotik evrelerde eşey kromozomları, otozomlarla benzer görünüme sahip olup seçilemezken mayozun bazı evrelerinde pozitif heteropiknotik özellik bazı evrelerinde ise negatif heteropiknotik özellik göstermeleri nedeniyle tespit edilebilmektedirler. Araştırmalarda eşey kromozomlarının mayoz I'de pozitif heteropiknotik özellikte davranış gösterirken mayoz II'de izopiknotik davranış gösterdiği gözlenmiştir. Eşey kromozomları leptoten evresinin bitiminde vezikül şeklinde oluşmaya başlayıp ileri evrelerde kısalıp kalınlaşma durumuna bağlı olarak sayılabilmektedir. Gnaphosidae familyasındaki örümceklerde karakteristik olarak bivalent yapılarda genellikle tek kiyazma bulunur. Ayrıca anafaz I ve anafaz II evrelerinde eşey kromozomları aynı kutba doğru birlikte hareket ederler [47,55].

Zelotes metellus'un dişi ve erkek bireylerde diploid ($2n$) eşey kromozom sistemi ve kromozom sayısı sırasıyla $2n♂=22$ (X_1X_20) ve $2n♀=22$ ($X_1X_1X_2X_2$) olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular *Zelotes* cinsine ait $22♂/24♀$ kromozoma sahip olan birçok örümcek türünün karyotip sonuçları ile uyumlu bulunmuştur.

Günümüzde *Zelotes* cinsi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların sayısı sınırlıdır. Bu nedenle yeni elde edilen her bilgi, ilk olarak cins ve familyanın karakteristik özelliklerini analiz etmekte ve bu alana önemli faydalar sağlamaktadır. Çalışmamız

sonucunda *Zelotes metellus* türünün sitogenetik özelliklerinin ilk kez araştırılmasıyla ülkemiz örümceklerine ait bir veri daha uluslararası platformda oluşturulan sitogenetik veri tabanına eklenmiş olacaktır.



KAYNAKÇA

1. İnternet: Platnick, N. I. “World Spider Catalog”. Version 23.5. Natural History Museum Bern, <http://wsc.nmbe.ch>, 2022.
2. Seyyar, O., “Doğu Akdeniz Bölgesi’nin yer örümcekleri (Araneae, Gnaphosidae) faunası”, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s. 1-2, Kayseri, 2009.
3. Matthew, M., Sudhikumar, A., Joseph, J., “Spiders of India”, *Natural History and Bioecology*, Universities Press (India) Private Limited, Hyderabad, s. 40-63, 2009.
4. Bayram, A., “Tarımsal ekosistemlerde örümceklerin habitat tercihleri üzerine”, *Centr. Ent. Stud. Misc.*, 58: 1-7, 1999.
5. Foelix, R.F., “Biology of Spiders”. Oxford University Press, New York, s. 287-326, 1983.
6. Lamoral, B., “On the ecology and habitat adaptations of two intertidal spiders, *Desis formidabilis* (O.P. Cambridge) and *Amaurobioides africanus* Hewitt, at “The Island” (Kommetjie, Cape Peninsula), with notes on the occurrence of two other spiders.” *Annals of the Natal Museum*, 20(1), s. 151-193, 1968.
7. Korinkova, T., Krâl, J. “Karyotypes, sex chromosomes, and meiotic division in spiders”, In: *Spider Ecophysiology*, W. Netwig (Ed.), Springer-Verlag Berlin, s. 159-171, 2013.
8. Poyraz, H. Kumbıçak, Z., “*Drassodes lacertosus* (O. Pickard- Cambridge, 1872) Türünün Sitogenetik Özelliklerinin Araştırılması”, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 655-661, 2020.
9. Uysal E.U., “Büyük Menderes Nehri’nden Yakalanan *Chondrostoma meandrense* (Elvira, 1987) ve *Acanthobrama mirabilis* (Ladiges, 1960) (Cyprinidae)’in Karyotip Analizi”, *Adnan Mendres Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 2, Aydın, 2011.
10. Klug, W. S., Cummings, M. R., Spencer, C. A., Palladino, M. A., “Concepts of genetics international edition”, Sümer, S., Açık, L., Tuncer, M., s. 16-29, Ankara, 2011.
11. Temizkan, G., “Genetik: I. Temel Genetik”, 2. Baskı, s. 9, İstanbul, 1994.

12. İnternet: National Human Genome Research Institute “Chromosome”
<https://www.genome.gov/genetics-glossary/>
13. Konuk, M. “Instant Notes: Moleküler Biyoloji”, 1. Baskı, s. 51, Ankara, 2004.
14. Geçkil, H., Özmen, M., Yeşilada, Ö. “Moleküler Hücre Biyolojisi”, 6. Baskı, s. 248-782, Ankara, 2011.
15. Akay, T., “Sitoloji”, 5. Baskı, s. 101, Ankara, 2010.
16. Kim, Y. Z., “Altered histone modifications in gliomas”, *Brain Tumor Research and Treatment*, 2(1), s. 7-21, 2014
17. Acar, H., “Bios Instant Notes: Genetik”, 4. Baskı, s. 78-118, Ankara, 2015.
18. Karaoğuz, M., “İnsanda Genetik Hastalıklar”, *Meslek İçi Sürekli Eğitim Dergisi*, Ankara, 19(20), s. 6, 2007.
19. Doğan, A., "Göreme Milli Parkında Yayılış Gösteren Lycosidae (Araneae) Familyasına Ait Bazı Örümcek Türleri Üzerine Sitogenetik Araştırmalar", *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 7, Nevşehir, 2014.
20. Atabey, N., Kalay, E., Sakızlı, M., “Hücre Moleküler Yaklaşım”, 7. Baskı, s. 207, İzmir, 2016.
21. Muhonen, P., Holthofer, H., “Epigenetic and microRNA-mediated regulation in diabetes”, *BioAnalytical Sciences*, Dublin City University, Glasnevin, Dublin 9, Ireland, s. 1089, 2009.
22. Güneş, H.V., “Moleküler Hücre Biyolojisi”, 5. Baskı, s. 70, İstanbul, 2013.
23. Karol, S., Ayvalı, C., Suludere, Z., “Hücre Biyolojisi”, 4. Baskı, s. 332, Ankara, 2000.
24. Redei, G.P., “Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics and Informatics” 3. Baskı, s. 355, Netherlands, 2008.
25. Dilsiz, N., “Modern Moleküler Biyoloji”, 1. Baskı, s. 35-41, Ankara, 2017.
26. Topaktaş, M., Rencüzoğulları, E., “Sitogenetik”, 2. Baskı, s. 22, Ankara, 2010.
27. Yanık, B., “Hücre ve Moleküler Biyoloji”, 1. Baskı, s. 189, İstanbul, 2011.
28. Uhl, E., Wolff, F., Mangal, S., Dube, H., Zanin, E., “Light Controlled Cell-Cycle Arrest and Apoptosis”, *Angewandte Chemie International Edition*, s. 10, 2020.
29. Karakaya, H., “Genetik”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, s. 9, Samsun, 2022.

30. Gündüz, E., Türkan, İ., “Campbell Temel Biyoloji Fizyoloji İlaveli”, 5. Baskı, s. 127, Ankara, 2016.
31. Oliveira, R., “Condensins and mitotic chromosome structure : functional and dynamic analysis in *Drosophila melanogaster*”, Universidade de Coimbra, Estudo Geral Repositório científico da UC, Coimbra, s. 5, 2007.
32. Hong, S., Joo, J. H., Yun, H., Kim, K. “The nature of meiotic chromosome dynamics and recombination in budding yeast”, Department of Life Science, Chung-Ang University, Seoul 06974, Republic of Korea, s. 3, 2018.
33. Topay, N., “Hücre Bölünmesi ve Üreme Konusunda Bilgisayar Destekli ve Proje Tabanlı Öğretim Yöntemlerinin Karşılaştırılarak Öğrenci Başarısı Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, *Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 25, Ankara, 2013.
34. Kuru, M., Ergene, S. “Genetik”, 4. Baskı, s. 41-60, Ankara, 2014.
35. Aktümsek, A., “Genel Zooloji”, 7. Baskı, s. 30, Ankara, 2017.
36. Turnpenny, P., Ellard, S., “Emery’s Elements of Medical Genetics, Section A The Scientific Basis of Human Genetics 15.edition”, Elsevier, s. 11-31, China, 2017.
37. Jocqué, R., Dippenaar-Schoeman, A., “Spider families of the world”, Royal Museum for Central Africa, s. 8, 2006.
38. Salman, S., “Omurgasız Hayvanlar Biyolojisi”, 1. Baskı, s. 260-261, Ankara, 2009.
39. Babaşoğlu, A., “Örümcekgiller” (Arachnida). Kültür Kitabevi, Niğde, 1999.
40. Brunetta, L., Craig, C. L., “Spider silk: evolution and 400 million years of spinning, waiting, snagging, and mating”. Yale University Press, 2010.
41. Obalı, İ. “Nevşehir İli ve Çevresinde Yayılış Gösteren Kurt Örümceklerinin (Araneae: Lycosidae) Sistematigi”, *Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 4, Niğde, 2005.
42. Le Peru, B., “The spiders of Europe, a synthesis of data: Volume 1 Atypidaeto Theridiidae”, *Mémoires de la Société Linnéenne de Lyon*, 2, s. 1-522, 2011.
43. Akan, Z., “Örümceklerde (Arachnida=Araneae) Sitotaksonomik Bir Araştırma”, *Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 5, Gaziantep, 2004.

44. Kumbıçak, Z., “Türkiye’de bazı örümceklerde karyotip ve eşey kromozomları belirlenmesi üzerine araştırmalar”, *Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s. 33, Gaziantep, 2010.
45. Y. Liu, A., Sponner, D., Porter, F., Vollrath, “Biomacromolecules”, 9, s. 116-121 2008.
46. Vollrath, F., Knight, D. P., “Liquid crystallinespinning of spider silk”, *Nature*, 410, s. 541-548 (2001).
47. Sırlıbaş, F.A., “*Lycosa piochardi* (Simon, 1876) (Araneae:Lycosidae)’nin Sitogenetik Özelliklerinin Araştırılması”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 21-41, Nevşehir, 2017.
48. Dippenaar-Schoeman, A., Jocqué, R., “African Spiders An Identification Manual”, Plant Protection Research Institute, Handbook, 9, s. 392, 1997.
49. Booyesen, R., “Revision, molecular phylogeny and biology of the spider genus *Micaria* Westring, 1851 (Araneae: Gnaphosidae) in the Afrotropical Region” Submitted in fulfilment of the requirements for the degree Magister Scientiae in the Department of Zoology & Entomology, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State, s. 10, 2020.
50. Mazzia C., Cornic J., Capowiez Y. Delacour A. “*Zelotes metellus* Roewer, 1928, nouvelle espèce pour la faune de France” *Revue arachnologique*, 2(5), s. 17, 2018.
51. Pekár, S., and Král, J. “A comparative study of the biology and karyotypes of two central European Zodariid spiders (Araneae, Zodariidae)”, *Journal of Arachnology, American Arachnological Society*, 29(3), s. 345–353, 2001.
52. İnternet: Utah University “Making of Karyotype” <https://web.archive.org/web/20070707160328/http://gslc.genetics.utah.edu/units/disorders/karyotype/karyotype.cfm>
53. Kumbıçak, Z., Ekiz, E., Çiçekli, S., “Karyotypes of six spider species belonging to the families Gnaphosidae, Salticidae, Thomisidae, and Zodariidae (Araneae) from Turkey”, *Comp Cytogen*, 8(2), 93–101, 2014.
54. Araujo, D., Schneider, M. C., Neto- Paula, E., Cella, M., “The spider cytogenetic Database”, <http://www.arthropodacytogenetics.bio.br.spiderdatabase/families>, Current version: 5.0 (Jul 19, 2016).

55. Araujo, D., Schneider, M. C., Paula-Neto, E., Cella, D. M., “Sex Chromosomes and Meiosis in Spiders: A Review, Meiosis-Molecular Mechanisms and Cytogenetic Diversity”, Dr. Andrew Swan (Ed.), ISBN: 978-953-51-0118-5, 2012.
56. Taşdemir, B., Varol, İ., Akpınar, A., “Cytotaxonomical studies on six species of spiders (Arachnida: Araneae) from Turkey: Türkiye’den altı örümcek türü üzerinde sitotaksonomik çalışmalar” (Arachnida: Araneae), *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 2 (2): 55-59, 2012.
57. Šťáhlavský, F., Forman, M., Just, P., Denič, F., Haddad, C.R. and Opatova, V., “Cytogenetics of entelegyne spiders (Arachnida, Araneae) from southern Africa.” *Comparative Cytogenetics*, 14(1), s. 107-138, 2020.
58. Kumbıçak Z., Ergene, S., Saygıdeğer, S., “Chromosomal data on six araneomorph spiders belonging to the families Lycosidae and Gnaphosidae”, (Araneae: Araneomorphae). *Zoology in the Middle East*, 48, s. 89-96, 2009.
59. Hackman, W., “Chromosomenstudien an Araneen mit besonderer berücksichtigung der geschlechtschromosomen.”, *Acta Zoologica Fennica*, 54, s. 1-101, 1948.